



УЧЕБНИКИ И УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ



# ТЕХНОЛОГИИ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Под общей редакцией доктора технических  
наук, профессора А. П. НЕЧАЕВА

Допущено Министерством образования Российской Федерации в качестве учебника для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям «Машины и аппараты пищевых производств» и «Пищевая инженерия малых предприятий» направления подготовки дипломированных специалистов «Пищевая инженерия»



МОСКВА «КолосС» 2005

УДК 664(075.8)  
ББК 36.81я73  
Т38

**Авторы:** А. П. Нечаев, И. С. Шуб, О. М. Аношина, В. И. Горбатюк, А. А. Кочеткова, Г. М. Мелькина, Н. Н. Шебершинева, В. С. Шикина, В. Г. Щербаков

Редактор *Н. В. Куркина*

Рецензенты: доктор техн. наук, профессор *Т. Б. Цыганова* (МГУТУ), доктор техн. наук *Л. Н. Шатнюк* (ГУ НИИ питания РАМН)

**Технологии пищевых производств/ А. П. Нечаев, И. С. Шуб, Т38 О. М. Аношина и др.; Под ред. А. П. Нечаева.** — М.: КолосС, 2005. — 768 с.: ил. — (Учебники и учеб. пособия для студентов высших учебных заведений).  
ISBN 5—10—003813—6

Показаны роль питания, отдельных пищевых веществ и микроингредиентов в жизнедеятельности организма, приведены научные основы технологических, биотехнологических, физико-химических и механических процессов получения продуктов питания, значение пищевых и биологически активных добавок. Особое внимание уделено новым и перспективным технологиям всех отраслей пищевой промышленности, комплексной переработке сырья, способам сокращения производственных потерь, выпуску продукции на предприятиях малой мощности.

Для студентов вузов, обучающихся по специальностям 170600 «Машины и аппараты пищевых производств» и 271300 «Пищевая инженерия малых предприятий» по направлению подготовки дипломированных специалистов 655800 «Пищевая инженерия».

УДК 664(075.8)  
ББК 36.81я73

ISBN 5—10—003813—6

© Издательство «КолосС», 2005

---

# Раздел I

## ПИЩЕВАЯ ЦЕННОСТЬ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ



### Глава I

#### ПИТАНИЕ И ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

Пища — важнейшая физиологическая потребность человека. Именно пища является источником пластических и энергетических ресурсов для обновления клеток и тканей, образования ферментов, гормонов и других регуляторов обмена веществ. От качества и количества потребляемой пищи зависит здоровье конкретного человека и нации в целом.

Исследования, проводимые учеными многих стран мира, в том числе и России, убедительно показали, что с пищей в организм должно поступать более 600 различных веществ (нутриентов), полностью обеспечивая человека не только энергией, основными пищевыми веществами, макро- и микронутриентами, но и рядом непищевых компонентов, значение которых в настоящее время изучено недостаточно. Следовательно, питание человека должно быть организовано с учетом его индивидуальных особенностей, пола, возраста, количества затрачиваемой энергии и климатических условий проживания. Жизнь современного человека тесно связана с техническим прогрессом, снижением доли физического труда и возрастанием интенсивности психических напряжений, что влечет за собой снижение уровня энергозатрат и, как следствие, снижение количества потребляемой пищи. Однако потребность человека в жизненно важных микронутриентах — витаминах, минеральных и биологически активных веществах — остается на прежнем уровне и меньшим количеством потребляемой пищи уже не обеспечивается. Следовательно, количество и качество потребляемой пищи, ее состав и пищевая ценность играют первостепенную роль.

Как недостаточное, так и избыточное питание нарушает обмен веществ в организме, ведет к возникновению различных заболеваний, преждевременному старению, сокращению продолжительности жизни.

Недостаточное питание значительной части населения земного шара обусловлено экономическими кризисами и низкой покупательской способностью. Избыточное питание связано с чрезмерным потреблением соли, сахара, животных жиров и насыщенных жирных кислот, алкоголя и других продуктов — носителей «пустых» калорий. Такое положение наблюдается во всех экономически развитых странах.

## 1.1. КОНЦЕПЦИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОЛИТИКИ В ОБЛАСТИ ЗДОРОВОГО ПИТАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ РФ

В связи с этим в последние два десятилетия в Америке и странах Европы разрабатываются и реализуются программы в области здорового питания населения. По заданию Правительства Российской Федерации в 1996 г. рядом министерств, ведомств, научно-исследовательских институтов, в том числе Институтом питания РАМН, была разработана Концепция государственной политики РФ в области здорового питания на период до 2005 г. Концепция учитывает все ранее принятые важные рекомендации и решения различных международных организаций, занимающихся данной проблемой. Это решения конференции ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992 г.), декларация Международной конференции по питанию (Рим, 1992 г.), рекомендации Всемирной организации здравоохранения (Женева, 1996 г.), резолюции Всемирной конференции по политике здорового питания населения России (Москва, 1997 г.) и др. Принятая концепция исходит из того, что государственная политика в области здорового питания направлена на сохранение и укрепление здоровья населения, профилактику заболеваний, которые обусловлены отклонениями от правильного питания, на создание условий, обеспечивающих удовлетворение потребностей различных категорий населения в рациональном, здоровом питании с учетом традиций, привычек и экономического положения.

Здоровье подрастающего поколения, здоровье нации в целом, а также безопасность страны требуют принятия безотлагательных мер по улучшению структуры питания населения страны. Только здоровое питание способно обеспечить рост, нормальное развитие и жизнедеятельность человека, способствовать профилактике заболеваний.

Необходимым условием реализации государственной политики в области здорового питания является объединение усилий различных министерств, ведомств, научно-исследовательских и других учреждений по созданию экономической, правовой (законодательной) и материальной базы, обеспечивающей: производство продовольственного сырья и пищевых продуктов, в том числе продуктов функционального питания и лечебно-профилактического назначения в необходимых объемах; доступность пищевых продуктов для всех слоев населения; высокое качество и безопасность пищевых продуктов; обучение населения принципам здорового питания путем создания и внедрения обучающих программ как для специалистов в области медицины, образования, общественного питания, производства и переработки пищевых продуктов, так и для населения в целом; постоянное наблюдение (мониторинг) за состоянием здоровья населения, а также качеством и безопасностью продовольственного сырья и пищевых продуктов.



## 1.2. ОСНОВНЫЕ ПРИОРИТЕТЫ В ОБЛАСТИ УЛУЧШЕНИЯ ПИТАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ РОССИИ

Основными приоритетами в области улучшения питания населения являются: ликвидация дефицита полноценного белка и микронутриентов (витаминов, железа, кальция, йода, фтора, селена и др.); создание условий для оптимального физического и умственного развития детей; обеспечение безопасности отечественных и импортных пищевых продуктов; повышение уровня знаний населения в вопросах здорового питания.

Рациональное питание предусматривает увеличение потребления белковых продуктов за счет увеличения продуктов животноводства — мяса, птицы, молока, яиц и др. Целесообразно шире развивать рыбоводство и рыболовство, так как белки рыбных продуктов содержат все незаменимые аминокислоты в оптимальных соотношениях и быстро и наиболее полно усваиваются организмом человека. Важным направлением развития сырьевой базы является использование в пищу белков семян масличных и бобовых культур, более широкое применение концентратов и изолятов соевых белков и создание на их основе специализированных продуктов для обогащения белком повседневных продуктов питания. С целью рационального использования белкового фонда весьма перспективно увеличение производства концентратов молочных белков, белков обезжиренного молока и продуктов моря (белки водорослей, кальмары, криль и др.), обладающих высокой биологической ценностью, а также применение биотехнологических методов с целью получения кормового и пищевого белка. Кроме этого необходимо сокращать потери белка при хранении, внедряя эффективные способы хранения и переработки пищевого сырья. Одним из способов увеличения белковых ресурсов страны является также выведение новых сортов пшеницы с повышенным содержанием белка в зерне, а также сортов, отличающихся более высоким содержанием незаменимой аминокислоты лизина, что улучшит усвояемость белка пшеницы и даст ощутимый экономический эффект, выражающийся в скрытой экономии значительного количества белка. Для улучшения питания населения большое значение играет повышение пищевой ценности пищевых продуктов за счет правильной технологической обработки пищевого сырья, комбинирования отдельных продуктов питания, обогащения их недостающими незаменимыми аминокислотами, витаминами, минеральными веществами. Улучшение структуры питания предусматривается за счет увеличения доли продуктов массового потребления с высокой пищевой и биологической ценностью, в том числе на 20...30 % — продуктов, обогащенных витаминами и минеральными веществами, на 30...40 % — свежих овощей и фруктов. Наука о питании рас-

смачивает овощи и плоды в качестве жизненно необходимых продуктов питания, так как они являются для организма человека источниками витаминов, минеральных веществ, органических кислот и др., улучшают работу пищеварительного аппарата, способствуют лучшему усвоению пищи. Для оптимального удовлетворения потребностей населения страны в плодах и овощах необходимо не только увеличить их производство, но и усовершенствовать технологию консервирования, расширить ассортимент и улучшить качество консервированных продуктов путем внедрения прогрессивных методов консервирования (активного вентилирования, холода и др.).

Для профилактики полигиповитаминозных состояний, вызываемых сочетанной недостаточностью витаминов С, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, РР и каротина, и комплексного лечения алиментарных заболеваний необходимо увеличивать и расширять производство продуктов питания (молока и молочных продуктов, хлебобулочных и мучных кондитерских изделий, безалкогольных напитков, мясных продуктов, пищевых концентратов, детских кондитерских изделий и т. д.), обогащенных витаминами. Для ликвидации дефицита минеральных веществ (кальция, магния, железа, йода, селена и т. д.) необходимо использовать в питании различные препараты микронутриентов, натуральные продукты, в том числе генетически модифицированные источники пищи, богатые микронутриентами, а также обеспечить разработку и применение биологически активных добавок (БАД) к пище с высоким содержанием микронутриентов. Как показывает мировой опыт, целесообразно дополнительно обогащать микронутриентами продукты массового потребления и продукты специального назначения.

Концепция государственной политики в области здорового питания населения России рассматривает решение этих вопросов как первоочередную меру по улучшению питания и здоровья детей и взрослых. В настоящее время в Российской Федерации создана система контроля за состоянием питания населения при сотрудничестве РАМН, Минздрава России, Госкомстата России, Министерства сельского хозяйства РФ, а также международных организаций: Всемирной организации здравоохранения, Представительства Детского фонда ООН в РФ (ЮНИСЕФ), Университета Северной Каролины (США) и др.

#### *Контрольные вопросы*

1. Что понимают под здоровым питанием?
2. Какие документы лежат в основе формирования деятельности государства по реализации политики в области здорового питания?
3. Какие приоритеты в области улучшения питания населения России вы знаете?

## Глава 2

# ОСНОВНЫЕ СОСТАВНЫЕ ВЕЩЕСТВА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ И ИХ РОЛЬ В ПИТАНИИ ЧЕЛОВЕКА

В разные века на протяжении всего существования человечества выдающиеся мыслители — Гиппократ, Авиценна, Дарвин, И. Н. Мечников, И. М. Сеченов, Н. И. Пирогов, И. П. Павлов и др. — отводили важную роль вопросам питания. «Наука о питании, — по словам А. А. Покровского, — это наука о превращении пищи в организме человека в энергию и структуры человеческого тела, наука об основных законах жизнедеятельности организма». В своих трудах академик А. А. Покровский не раз подчеркивал: «Для того чтобы пища приносила максимальную пользу, чтобы дети росли здоровыми и сильными, чтобы люди могли долго оставаться работоспособными, нужно, чтобы каждый понимал законы рационального питания, поэтому необходимо науку о питании сделать доступной и понятной для всех».

### 2.1. ОБЩЕЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ОБ ОБМЕНЕ ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ В ОРГАНИЗМЕ

Важнейшим условием существования живых организмов является постоянный обмен веществ. Распадаясь в организме до простых составляющих, пища служит источником пластических и энергетических ресурсов, которые в процессе анаболизма (ассимиляции) расходуются организмом на восстановление и синтез собственных клеточных структур, процессы размножения клеток, различные процессы жизнедеятельности. В живом организме непрерывно идет процесс окислительного разрушения клеток и выведения продуктов распада из организма — катаболизм (от греч. «katabole» — сбрасывание, разрушение), диссимиляция. У взрослого человека эти процессы находятся в состоянии динамического равновесия, у молодого, растущего организма процессы ассимиляции преобладают над процессами диссимиляции. Длительное нарушение равновесия между поступлением, синтезом, распадом и выделением веществ из организма приводит к серьезным нарушениям обмена веществ и вызывает ряд заболеваний, таких, как ожирение, атеросклероз, отложение солей и др. Пищеварение, т. е. расщепление сложных органических веществ пищи под действием биологически активных веществ (желудочного сока, сока поджелудочной железы, желчи, желчных кислот и др.), — первый этап обмена веществ. Основными продуктами расщепления белков в процессе пищеварения являются аминокислоты, продуктами переваривания липидов — глицерин, фосфорная кислота, холин, жирные кислоты, холестерин, жирорастворимые витамины и др. Углеводы расщепляются в организме главным об-

разом до глюкозы и в таком виде поступают в кровь. Процесс всасывания простых составляющих пищи и поступление их в кровь непосредственно или через лимфу — второй этап обмена веществ. Третьим этапом обмена веществ является процесс тканевого дыхания или окисление кислородом воздуха углеводов, жиров и частично белков, входящих в состав собственных клеточных структур. При окислении в живом организме 1 г углеводов или 1 г белков высвобождается 16,72 кДж (4 ккал) энергии, при окислении 1 г жира — 37,62 кДж (9 ккал). Часть энергии расходуется организмом на различные жизненно важные функции, другая часть может запасаться им в виде богатых энергией фосфорных соединений — АТФ и расходоваться по мере необходимости.

**Потребность организма в энергии.** Суточные энергозатраты организма складываются из расхода энергии на основной обмен; выполнение физической работы; прием пищи и ее переваривание; поддержание постоянной температуры тела. Энергия основного обмена — это часть суточной энергии, которая необходима организму для выполнения жизненно важных функций — дыхания, кровообращения, поддержания мышечного тонуса и т. д. Ее определяют натощак, в положении лежа при минимальных теплопотерях организма (т. е. при комфортной температуре окружающего воздуха 18...20 °С). В среднем расход энергии на основной обмен составляет 4,18 кДж (1 ккал/ч) на 1 кг массы тела. Расход энергии также зависит от пола и возраста человека. Так, для юношей 14...17 лет он составляет 7,1 кДж (1,7 ккал/ч), а для девушек того же возраста — 5,0 кДж (1,2 ккал/ч) на 1 кг массы тела. Для людей в возрасте 30...39 лет расход энергозатрат снижается на 4...5 %, в более позднем возрасте — на 10 % по сравнению с величиной энергозатрат 18...29-летних. Кроме того, для поддержания постоянной температуры тела (36,6...36,8 °С) организм также затрачивает энергию. При значительном понижении температуры окружающей среды эти энергозатраты существенно возрастают из-за более интенсивного обмена веществ. Прием и переваривание пищи также требуют затрат энергии. Это явление обозначают как специфическое динамическое действие пищевых веществ. Жиры и углеводы, входящие в рацион питания, увеличивают энергозатраты организма на 7 %, потребление белков при отсутствии в рационе питания углеводов и жиров повышает энергозатраты на 30...40 %. При смешанной пище энергозатраты организма повышаются на 10 %.

Определяющим фактором при установлении энергозатрат человека является расход энергии, связанный с его мышечной деятельностью и профессиональными особенностями труда. В зависимости от интенсивности физического труда и характера трудовой деятельности все взрослое трудоспособное население делится на пять групп.

**Г р у п п а** — лица преимущественно умственного труда: руководители предприятий и организаций, инженерно-технические

работники, педагоги, служащие, работающие сидя, медицинские работники (кроме врачей-хирургов, медсестер, санитарок), работники науки и т. д., а также люди, чья работа связана со значительным нервным напряжением, — работники пультов управления, диспетчеры и т. д.

**II группа** — люди, занятые легким физическим трудом: инженерно-технические работники, труд которых связан с некоторыми физическими усилиями, работники, обслуживающие автоматизированные линии, занятые в радиоэлектронной промышленности, швейники, агрономы, зоотехники, медсестры и санитары, продавцы магазинов и т. д.

**III группа** — работники среднего по тяжести труда: станочники, слесари, наладчики, настройщики, врачи-хирурги, химики, текстильщики, обувщики, водители различных видов транспорта, работники пищевой промышленности, коммунально-бытового обслуживания, общественного питания и т. д.

**IV группа** — работники тяжелого физического труда: строители и сельскохозяйственные рабочие, механизаторы, горнорабочие, занятые на поверхностных работах, работники нефтяной и газовой промышленности, металлурги и литейщики (кроме лиц, отнесенных к V группе), работники целлюлозно-бумажной промышленности и т. д.

**V группа** — люди, труд которых связан с особо тяжелым физическим напряжением: горнорабочие, занятые непосредственно на подземных работах, сталевары, рубщики и вальщики леса, каменщики, бетонщики и т. д.

Внутри каждой группы для мужчин и женщин выделяются возрастные категории: 18...29, 30...39 и 40...59 лет, так как энерготраты этих возрастных категорий различаются. В северных районах в условиях холодного климата потребность в энергии возрастает на 10...15 %, причем удельный вес жиров в рационе питания должен составлять 35 % против 25 % в южных районах.

Нормы физиологических потребностей человека в пищевых веществах и энергии по данным Института питания Российской академии медицинских наук (РАМН), приведены в табл. 2.1.

Интервалы приведенных в табл. 2.1 величин (на основе норм физиологических потребностей для различных групп населения) отражают их зависимость от пола, возраста человека и физической нагрузки.

**Структура пищевого рациона.** Цель государственной политики в области здорового питания — сохранение и укрепление здоровья населения, профилактика заболеваний, которые обусловлены отклонениями от правильного питания. Наука о питании учитывает изменения условий жизни современного человека, связанные с техническим прогрессом, понижением доли физического труда и возрастанием интенсивности психических напряжений, ухудшением экологической обстановки в мире и др. Структура рацио-

Таблица 2.1

## Нормы физиологических потребностей в пищевых веществах и энергии

Пищевые вещества	Потребность	Пищевые вещества	Потребность
Белки, г	58...117	соотношение Са : Mg	1 : 0,7
в том числе жи- вотные	32...64	калий	2500...5000
Жиры, г	60...154	натрий	4000...6000
в том числе расти- тельные	18...46	хлор	7000...10000
Усвояемые углеводы, г	257...586	сера	1000
в том числе моно- и дисахариды	50...100	железо	10...18
Пищевые волокна, г	20...25	цинк	15
в том числе клет- чатки и пектина	10...15	йод	0,15
Соотношение жирных кислот в рационе пи- тания, %:		фтор	3
полиненасыщенные	10	Витамины, мг:	
насыщенные	30	тиамин (В <sub>1</sub> )	1,1...2,1
мононенасыщенные	60	рибофлавин (В <sub>2</sub> )	1,3...2,4
Минеральные ве- щества, мг:		пиридоксин (В <sub>6</sub> )	1,8...2,0
кальций	800	пантотеновая кислота (В <sub>3</sub> )	10...15
фосфор	1200	фолацин (В <sub>9</sub> )	200
соотношение Са : Р	1 : 1,5	цианкобаламин (В <sub>12</sub> )*	3
магний	400	ниацин-эквивалент	14...28
		аскорбиновая кис- лота (С)	70...100
		ретинол-эквивалент*	800...1000
		токоферол-эквивалент	8...10
		холекальциферол**	2,5
		Энергетическая цен- ность, ккал	1800...4200

\* Потребности в витаминах В<sub>9</sub>, В<sub>12</sub>, А, D приведены в мкг.

\*\* 10 мкг холекальциферола = 400 МЕ витамина D.

нального питания складывается из нескольких основных элементов — количественной стороны питания, или энергетической ценности пищи, качественной стороны и режима питания.

Энергетическая ценность пищи — это сумма энергетической ценности основных питательных веществ — белков, жиров, углеводов и других составляющих пищевого рациона, выраженная в кДж. Энергетическая ценность определяется по специальным таблицам химического состава и питательной ценности пищевых продуктов, издаваемым Институтом питания РАМН. Так как ни один продукт не усваивается в организме на 100 %, то при подсчете фактической энергетической ценности учитывают коэффициент усвояемости, который зависит от химического состава продукта, степени его кулинарной обработки, внешнего вида, вкуса, аромата, консистенции, а также от физического состояния самого человека: его самочувствия, возраста, специфических особенностей организма. Пища должна быть доброкачественной, т. е. не содержать вредных для организма человека веществ — токсичных со-

единений, солей тяжелых металлов, продуктов разложения органических веществ и т. д. В смешанном пищевом рационе коэффициенты усвояемости принимают равным 0,9.

Под качественной стороной питания понимают наличие или отсутствие в пищевом рационе эссенциальных факторов питания, т. е. незаменимых питательных веществ (витаминов, минеральных веществ, полиненасыщенных жирных кислот, незаменимых аминокислот и др.), которые либо не синтезируются нашим организмом, либо синтезируются в количествах, не покрывающих его потребности. Пища должна поступать в организм человека 3...4 раза в день. Нарушение режима питания способствует развитию ряда заболеваний пищеварительной системы, возникновению атеросклероза, появлению избыточной массы тела и т. д. Оптимальная длительность перерывов в приеме пищи составляет 4—5 ч, а ночью — 8...10 ч. При четырехкратном приеме пищи первый завтрак должен составлять 20...25 % суточной потребности в пищевых веществах, второй завтрак — 10...15, обед — 40...45 и ужин — 20...25 %. При трехразовом питании завтрак — 25...30 % суточного рациона, обед — 45...50, ужин — 20...25 %. Энергия, необходимая организму человека для его жизнедеятельности, обеспечивается в основном за счет потребления углеводов и жиров. Белки покрывают всего около 14 % расходуемой энергии, углеводы — примерно 56, жиры — 30 %.

В основе современного представления о питании лежит концепция оптимального питания, в основе которой лежит обеспечение организма энергией, эссенциальными макро- и микронутриентами и рядом непищевых биологически активных компонентов пищи — биофлавоноидами, фитостеролами и др., т. е. всего комплекса пищевых веществ. Благодаря такому питанию организм человека получает резервные возможности для адаптации организма к неблагоприятным факторам окружающей среды физической, химической и биологической природы.

## **2.2. ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ ПИЩИ**

### **2.2.1. БЕЛКИ**

Белки — важнейшие, жизненно необходимые компоненты живого организма. Они составляют до 20 % массы человеческого тела и примерно 50 % сухой массы клеток. Главным условием существования любого живого организма является процесс самообновления белковых структур. Скорость этого процесса различна для различных живых организмов. Установлено, что белки человеческого организма в течение жизни обновляются около 200 раз. Для обновления 50 % всего имеющегося белка взрослому человеку тре-

буется 80 дней, 50 % белка печени и крови — 10 дней. Этот же процесс в мышцах и коже протекает за 158 дней. Источником материала для построения собственных клеточных структур организма служат белки пищи.

**Функции, выполняемые в организме.** Структурной единицей белков являются аминокислоты, которые в определенных комбинациях образуют до ста тысяч разновидностей белков, выполняющих в организме самые разнообразные функции. Одни белки входят в состав ядра, протоплазмы и клеточных мембран, выполняя пластические функции построения тканей живого организма, другие — в состав костей и хрящей, выполняя опорные функции. Белки входят в состав нуклеопротеидов, участвуя в процессах воспроизводства живой материи. Особая группа белков управляет химическими реакциями, протекающими в организме, обуславливая распад и синтез веществ, ускоряя или замедляя реакции. Каталитические функции присущи белкам-ферментам. Такие белки, как актин и миозин, обеспечивают сократительную функцию мышц. Белки выполняют также транспортную функцию, обеспечивая перенос к тканям и органам питательных веществ, кислорода воздуха, продуктов обмена веществ. Примером такого белка может служить гемоглобин крови. С белками связаны защитные функции нашего организма, белки иммунных тел предохраняют его от вторжения чужеродных белков.

**Пищевая ценность.** Пищевая ценность белков определяется двумя факторами: аминокислотным составом и усвояемостью организмом человека. Аминокислотный состав белков играет очень важную роль. Для создания собственных белков организм нуждается в полном наборе аминокислот и в таком сочетании и количестве, которое требуется для этого процесса. Всего в синтезе белков участвует 20 аминокислот, но 8 из них являются незаменимыми (эссенциальными), так как они не синтезируются в нашем организме и должны поступать с пищей. К ним относятся: метионин, лизин, триптофан, фенилаланин, лейцин, изолейцин, треонин и валин. К незаменимым аминокислотам причисляют еще гистидин и аргинин, которые не синтезируются детским организмом. По аминокислотному составу белки пищи можно разделить на три группы. В первую группу входят белки высокой биологической ценности. Они содержат все незаменимые аминокислоты, причем в пропорциях, выгодных для организма человека. Это белки животного происхождения — яйца, коровье молоко, сыр, мясо, рыба. Во вторую группу — белки невысокой биологической ценности, которые также содержат все незаменимые аминокислоты, но в пропорциях, невыгодных для организма человека. К ним относятся белки злаковых культур. В третью группу — белки, в которых отсутствует хотя бы одна аминокислота, так называемые неполноценные белки. Для определения биологической ценности белков ФАО/ВОЗ (Всемирная организация здравоохранения)



предложила стандартную аминокислотную шкалу для сопоставления состава любого исследуемого белка. С этой целью химическими методами определяют содержание всех аминокислот в исследуемом продукте. Затем вычисляют процентное содержание каждой из аминокислот по отношению к ее содержанию в стандартном «идеальном» белке. Эту величину называют *аминокислотным скором*. Лимитирующей биологическую ценность белка является та аминокислота, скор (%) которой имеет наименьшее значение. Обычно рассчитывают скор для наиболее дефицитных аминокислот: лизина, триптофана и суммы серосодержащих аминокислот. В природе не существует белка, идеального по содержанию всех незаменимых аминокислот, хотя белки куриного яйца и женского молока имеют скор для всех незаменимых аминокислот, близкий к 100%. В рационах питания населения наблюдается дефицит в основном трех незаменимых аминокислот: триптофана, лизина и метионина. Этими аминокислотами бедны белки злаковых. Так, белок пшеницы дефицитен по содержанию лизина, в белках кукурузы наблюдается дефицит триптофана. Белки сои и других бобовых по своему аминокислотному составу близки к животным белкам, но значительно хуже усваиваются организмом человека. Незаменимые аминокислоты не только участвуют в синтезе тканевых белков, но и выполняют другие очень важные функции в организме человека. Например, лизин, триптофан и аргинин играют важную роль в пластических процессах роста. Аргинин необходим для нормального функционирования половых желез, фенилаланин нормализует функцию щитовидной железы. Лизин способствует синтезу гемоглобина в крови и при его недостатке снижает содержание эритроцитов в крови. Отсутствие метионина вызывает нарушение обмена жиров и фосфатидов в печени. Метионин оказывает благотворное влияние при лучевом облучении организма и при отравлении некоторыми промышленными ядами. Для удовлетворения потребностей организма в полноценных белках необходимо сочетать белки животного и растительного происхождения. Основные источники незаменимых аминокислот находятся в молочных продуктах, сыре, рыбе (особенно в треске), яйцах, мясе и др. Организм человека должен получать в достаточном количестве и все заменимые аминокислоты, так как при их недостатке возрастает потребность в незаменимых аминокислотах, которые будут расходоваться на синтез недостающей аминокислоты.

**Усвояемость.** Интенсивность процесса расщепления белков в пищеварительном тракте человека зависит от активности протеолитических ферментов и податливости белков пищи действию этих ферментов. Расщепление белков начинается в желудке. Хлороводородная кислота желудочного сока активизирует пепсиноген, превращая его в пепсин, оказывает денатурирующее действие на белки пищи и вызывает их набухание, облегчая процесс рас-

щепления. Пища находится в желудке в течение нескольких часов, претерпевая значительные изменения. Под действием пепсина при pH 1,5...2,5 происходит дезагрегация белков и их частичное расщепление до пептидов различной молекулярной массы. Дальнейшее расщепление белков происходит в тонком кишечнике. Сок поджелудочной железы, имеющий щелочную реакцию (pH 7,5...8,5), содержит протеолитические ферменты трипсин, химо-трипсин и другие протеазы, а также коллагеназу, под действием которых завершается процесс превращения полипептидов и белков в отдельные аминокислоты, которые всасываются через стенки кишечника в кровь и лимфу. Белки пищи усваиваются в среднем на 92 %, при этом усвояемость белков животного происхождения составляет 97 %, а растительного — 83...85 %. На процесс усвояемости белков оказывает влияние не только их аминокислотный состав, но и другие составные вещества пищи — витамины, минеральные вещества (соли кальция) и др. В состав некоторых продуктов, например картофеля, семян злаковых, бобовых, входят ингибиторы протеолитических ферментов, которые снижают скорость расщепления белков в пищеварительном тракте и за счет этого снижают их усвояемость. Излишнее введение клетчатки в пищевые рационы также снижает усвояемость белков пищи. Клетчатка, усиливая перистальтику кишечника, способствует более быстрому прохождению пищи по пищеварительному тракту, в результате часть белков не успевает гидролизироваться, кроме того, она адсорбирует протеиназы и связывает часть аминокислот, выводя их из организма. Восприимчивость белков к действию протеолитических ферментов зависит также от степени их денатурации. Тепловая обработка, как правило, приводит к повышению атакуемости белка, но слишком глубокие денатурационные изменения снижают его усвояемость.

**Рекомендуемые нормы потребления.** О характере белкового обмена судят по азотистому балансу, сравнивая количество белкового азота, введенное в организм с пищей за сутки, с количеством азота, выведенного из организма с мочой. При нормальном обмене веществ и полноценном питании в организме обеспечивается азотистое равновесие, при котором количество азота белков пищи, поступившее в организм, равно количеству азота, выведенного с мочой. В молодом растущем организме наблюдается положительный азотистый баланс, т. е. азота выделяется меньше, чем поступает, так как преобладают пластические процессы формирования тканей и органов. В пожилом возрасте азотистый баланс может стать отрицательным, что свидетельствует о нарушении обмена веществ. Для поддержания азотистого равновесия необходимо потреблять с пищей не менее 55...60 г белка, биологическая ценность которого равна 70 %. Однако эта норма явно недостаточна для нормального функционирования организма и может при-

вести к отрицательному азотистому балансу. Согласно рекомендациям ФАО/ВОЗ, следует потреблять 85...90 г белка в сутки, или 1,1...1,3 г на 1 кг массы тела (не менее 1 г на 1 кг массы тела). При этом примерно 50 % белка, рекомендованного по нормам, должно приходиться на белок животного происхождения. Для людей, занятых напряженной умственной работой, количество животных белков должно составлять 60 % от общего их потребления. Потребность в белке зависит также от пола, возраста, индивидуальных особенностей организма, характера трудовой деятельности и климатических условий. Оптимальное количество белка должно поддерживать азотистое равновесие и обеспечивать сопротивляемость организма неблагоприятным воздействиям внешней среды. У молодого растущего организма потребность в белке значительно выше. Так, на первом году жизни ребенок должен получать до 4 г белка на 1 кг массы тела. При сочетании недостаточного количества белка с низкой общей калорийностью пищевого рациона (белково-калорийная недостаточность) наблюдается отставание в росте, нарушается устойчивость к инфекционным заболеваниям и т. д. Избыточное введение белка также неблагоприятно отражается на деятельности организма: затрудняется работа пищеварительного аппарата, почек, может нарушаться общий обмен веществ, в связи с чем происходит избыточное отложение жира в печени, снижается возбудимость центральной нервной системы, нарушается деятельность желез внутренней секреции.

## 2.2.2. ЛИПИДЫ

Липиды — это смесь органических соединений, близких по физико-химическим свойствам. Липиды не растворяются в воде и хорошо растворяются в органических растворителях (бензине, бензоле и др.), содержат в молекулах длинноцепочечные углеводородные радикалы и сложноэфирные группировки. Широко распространены в природе, так как являются обязательным компонентом каждой клетки. Важнейшими представителями простых липидов являются ацилглицерины (глицериды) — сложные эфиры глицерина и высокомолекулярных карбоновых (жирных) кислот, которые называют *маслами* и *жирами*. При всем своем многообразии жиры отличаются друг от друга главным образом природой входящих в их состав жирных кислот и их положением. Жирные кислоты подразделяются на предельные (насыщенные) и непредельные (ненасыщенные). Из насыщенных жирных кислот наиболее часто встречаются пальмитиновая и стеариновая, которые придают жирам твердую консистенцию. Другие насыщенные кислоты (масляная, капроновая, мристиновая) встречаются реже. Непредельные жирные кислоты широко распространены в растительных маслах, жире морских животных и рыб, имеют жидкую консистенцию при комнатной темпе-

ратуре, легко окисляются и обладают высокой биологической активностью. В состав жиров входят чаще всего три ненасыщенные жирные кислоты: олеиновая, линолевая и линоленовая с одной, двумя и тремя двойными связями соответственно. Наибольшее значение имеет арахидоновая кислота, имеющая четыре двойных связи. В жирах морских животных и рыб встречается клупанодоновая кислота с пятью двойными связями. Все жиры имеют ряд общих свойств: они нерастворимы в воде, но растворимы в ряде органических растворителей (бензин, бензол, хлороформ и др.). Это свойство используют при извлечении жиров из животных и растительных тканей; жиры — хорошие растворители ароматических летучих веществ, а в присутствии поверхностно-активных веществ образуют с водой стойкие эмульсии. Это свойство жиров широко используется при приготовлении пищевых эмульсий — маргарин, майонезов и др. Плотность жиров меньше единицы, при 15 °С она колеблется от 0,87 до 0,98 г/см<sup>3</sup>; жиры обладают способностью преломлять свет. Чем больше молекулярная масса входящих в состав жира жирных кислот и выше степень ненасыщенности, тем больше значение коэффициента преломления. Таким образом, природу жира можно определить по способности преломлять свет; при нагревании (250...300 °С) жиры разлагаются с образованием летучих веществ, в состав которых входит акролеин, обладающий неприятным вкусом и запахом. При хранении в неблагоприятных условиях (при повышенной температуре, на свету и т. д.) жиры прогоркают, в них появляются свободные одноосновные кислоты — масляная, муравьиная, уксусная и др., перекиси, альдегиды и кетоны. Такие жиры непригодны к употреблению. Различают химическое и биохимическое прогоркание жиров. Химическое прогоркание возникает при контакте жира с кислородом воздуха, на свету, при повышенной температуре и высокой относительной влажности воздуха. Оно ускоряется при контакте жиров с металлами (железо, медь и др.). Биохимическое прогоркание происходит под действием ферментов липазы и липоксигеназы. Почти во всех жирах содержатся вещества (антиоксиданты), способные предотвращать окисление жира. Сильные антиоксиданты содержатся в какао-масле, жире овса, сои. К природным антиоксидантам относятся токоферолы (витамин Е), содержащиеся в растительных маслах. Антиоксиданты локализируются в красящих веществах масла (липохромах), при рафинировании масел их удаляют и масло становится менее стойким при хранении. Наиболее важными характеристиками жира являются число омыления, йодное число, кислотное число, температура плавления и затвердевания, показатель преломления и др.

**Функции, выполняемые в организме.** Жир входит в состав организма в двух формах: в виде запасного, или резервного, жира и в виде структурного, или протоплазматического. Запасной жир сосредоточен в подкожном слое и в сальниках. Он используется

организмом для обновления структурного жира, как источник энергии, служит смазочным материалом, делая кожу эластичной и предотвращая ее высыхание. Располагаясь между внутренними органами, запасной жир предохраняет их от ударов и смещений. Подкожный жир предохраняет организм от переохлаждения. Структурный жир входит в состав протоплазмы клеток в виде сложных комплексов с белками (липопротеиновые комплексы), а в форме фосфолипидов (фосфатидов) — в состав клеточных и внеклеточных мембран всех тканей. Жиры растворяют витамины А, D, Е, К и способствуют их усвоению. Жиры, входящие в состав нервных клеток, обеспечивают передачу нервных импульсов, участвуют в образовании ряда гормонов. Структурный жир регулирует процессы обмена веществ в клетках. Его количество в организме постоянно и не зависит от упитанности организма, сохраняясь даже при длительном голодании. Особую роль в организме человека играют сложные липиды — фосфатиды, стерины и жирорастворимые витамины. Фосфатиды по своему строению близки к жирам, являясь глицеридами. В отличие от жиров они содержат остаток фосфорной кислоты и связанное с ней азотистое основание — холин у лецитинов и холамин у кефалинов. В комплексе с белками фосфатиды входят в состав нервных и мозговых тканей, печени, сердечной мышцы, половых желез. Они принимают участие в процессе свертывания крови, входят в состав клеточных мембран, регулируя проницаемость последних для жирорастворимых веществ. Лецитин способствует выведению из организма избыточных количеств холестерина, предотвращая тем самым заболевание атеросклерозом. Фосфатиды легко синтезируются самим организмом при наличии всех необходимых элементов для этого синтеза. Синтез может быть нарушен только при недостаточном поступлении в организм белков, жиров и углеводов. Фосфатиды содержатся в растительных нерафинированных маслах, яичном желтке, мозге, печени животных и других продуктах. В группе стеринов важную физиологическую роль играет холестерин. Он является структурным компонентом клеток, участвует в образовании некоторых гормонов, необходим для синтеза желчных кислот. Холестерин содержится во всех тканях организма — мышцах, печени, крови, нервной и мозговой тканях. Холестерин поступает в организм человека с пищевыми продуктами и синтезируется в нем. Уровень холестерина в крови должен быть постоянным. При нарушении холестеринового обмена он откладывается на стенках кровеносных сосудов, в желчных путях, нарушая их функции, способствуя развитию атеросклероза и образованию желчных камней.

Важные физиологические функции выполняют полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) — арахидоновая, линолевая и линоленовая. Они являются незаменимыми факторами питания, комплекс полиненасыщенных жирных кислот рассматривают как

фактор F, биологическое значение которого приравнивается к витаминам (его часто называют витамином F). Арахидоновая кислота синтезируется в организме из линолевой кислоты при достаточном поступлении в организм витамина B<sub>6</sub>. ПНЖК влияют на обмен холестерина, стимулируя его выведение из организма; оказывают нормализующее действие на стенки кровеносных сосудов, повышая их эластичность; участвуют в обмене некоторых витаминов (тиамина и пиридоксина); повышают устойчивость организма к инфекционным заболеваниям и действию радиации и др. ПНЖК необходимы для образования клеточных гормонов — простагландинов. При их недостатке нарушается структура оболочек клеток, наблюдается воспаление кожных покровов.

**Пищевая ценность.** Определяется составом и усвояемостью жиров. Важную роль играет наличие в жире полиненасыщенных жирных кислот, фосфолипидов, стеринов и жирорастворимых витаминов, выполняющих в организме разнообразные функции. По биологической активности и содержанию ПНЖК жиры делят на три группы. К первой группе относят растительные масла с высоким содержанием ПНЖК (50...80 %): подсолнечное, соевое, кукурузное, хлопковое и др. Ко второй группе — жиры средней биологической активности, ПНЖК (15...22 %): масло оливковое, сало свиное, жир куриный и др. К третьей группе — жиры с содержанием ПНЖК 5...6 %: бараний, говяжий, молочный и др. Потребность организма в ПНЖК для взрослых людей составляет 5...10 г/сут, что соответствует потреблению 20...30 г растительных масел.

**Усвояемость.** Важным показателем пищевой ценности жиров является их усвояемость. Попадая в организм человека, жиры подвергаются гидролитическому расщеплению на глицерин и жирные кислоты. Процесс расщепления жира достаточно сложен, в нем участвует не только фермент липаза, но также желчь и желчные кислоты. Переваривание жиров идет в тонком кишечнике. В двенадцатиперстную кишку поступают две физиологически важные жидкости: сок поджелудочной железы и желчь. Липаза, содержащаяся в соке поджелудочной железы, под влиянием желчных кислот переходит в активное состояние, соли желчных кислот переводят жир в эмульгированное состояние, в результате чего жир гидролизует. Образовавшийся глицерин хорошо растворяется в воде и быстро всасывается стенками кишечника. Всасывание нерастворимых в воде жирных кислот идет при участии желчных кислот, которые образуют с ними растворимые в воде комплексные соединения. Усвояемость жира зависит от температуры его плавления. Если температура плавления ниже 36 °С, то жир усваивается на 97...98 %, если температура плавления жира выше 37 °С, усвояемость его лежит в пределах 90 %. Тугоплавкие жиры (говяжий, бараний жир), у которых температура плавления выше 45...50 °С, усваиваются организмом плохо.

**Рекомендуемые нормы потребления.** Потребность организма в

жирах определяется полом, возрастом, характером трудовой деятельности, индивидуальными особенностями организма (интенсивностью процессов обновления жиров в тканях и др.), пищевой ценностью потребляемых жиров и т. д. Для покрытия энергетических затрат организма и построения его клеточных структур взрослому человеку необходимо 80...100 г жира в сутки. Сюда входит не только жир в чистом виде (сливочное и растительное масло), но и жир, входящий в потребляемые мясо, рыбу, сыр, молоко и другие продукты питания. За счет жира в пищевом рационе должно обеспечиваться 33 % суточной энергетической потребности. В районах Крайнего Севера доля жиров в пищевом рационе повышается, а в южных районах — снижается. При тяжелой физической работе потребность организма в жирах возрастает. Недостаточное потребление жира может привести к нарушению функций центральной нервной системы, половых желез, ослабляются иммунитет и устойчивость организма к воздействию неблагоприятных факторов, ухудшается усвояемость витаминов и провитаминов, содержащихся в растительной пище. Избыточное потребление жиров приводит к чрезмерному отложению жира в организме, возникновению атеросклероза, нарушениям функции печени. Избыточное количество жира создает излишнюю нагрузку на пищеварительный аппарат, ухудшает усвояемость кальция, магния и других веществ, в процессе всасывания которых участвуют желчь и желчные кислоты.

### 2.2.3. УГЛЕВОДЫ

В состав пищевых продуктов входят три группы углеводов: моносахариды (глюкоза, галактоза и фруктоза), олигосахариды (дисахариды, трисахариды), полисахариды (крахмал, гликоген, клетчатка, пектиновые вещества).

*Моносахариды* присутствуют в пищевых продуктах в свободном виде или в связанной форме, являясь основой строения сложных углеводов. Они обладают восстанавливающей способностью, в щелочной среде разлагаются, обладают сладким вкусом. *Глюкоза* — самый распространенный сахар, содержится в меде, плодах, овощах, зеленых частях растений, входит в состав сахарозы, крахмала и клетчатки. В промышленности ее получают путем гидролиза крахмала. *Галактоза* в свободном виде в пищевых продуктах не встречается, она входит в состав молочного сахара — лактозы и галактозидов, принимающих участие в высшей нервной деятельности. *Фруктоза*, как и глюкоза, присутствует в меде, плодах, ягодах, повышая их сладость. Она гигроскопична, неустойчива в щелочной среде, входит в состав сахарозы, раффинозы, полисахарида инулина, из которого ее получают. Если принять сладость сахарозы за 100 усл. ед., то сладость глюкозы равна 74, фруктозы — 173, галактозы — 32,1, лактозы — 16.

Из *олигосахаридов* с пищевой точки зрения интерес представляют только *дисахариды* — сахароза, лактоза и мальтоза. Самым употребляемым сахаром является *сахароза*. Источником сахарозы являются *сахарная свекла, мед, фрукты и ягоды*. В промышленных масштабах сахарозу получают из сахарных свеклы и тростника (см. главы 17, 22). *Лактоза* состоит из остатков глюкозы и галактозы, встречается только в молоке и молочных продуктах, является самым несладким сахаром, относительно трудно растворяется в воде и даже в больших концентрациях не вызывает раздражения слизистых оболочек, однако служит хорошей средой для развития молочнокислых бактерий. *Мальтоза* состоит из двух остатков глюкозы. В свободном состоянии встречается в небольших количествах в семенах злаковых культур, образуется при действии на крахмал  $\beta$ -амилазы, поэтому ее называют солодовым сахаром. В отличие от других дисахаридов, мальтоза обладает восстанавливающей способностью, может замедлять процесс его черствения. Мальтоза сбраживается дрожжами и молочнокислыми бактериями. *Крахмал* — запасной углевод, который в больших количествах содержится в зерновых и картофеле (см. главы 17, 23). *Гликоген* содержится в различных тканях и органах человека: примерно 38 % от общего количества сосредоточено в печени, до 44 % — в мышцах и около 9 % — в костях. Строение молекул крахмала и гликогена сходно, но молекула гликогена более компактна. По свойствам он ближе к амилопектину, чем к амилозе, как и крахмал, дает цветную реакцию с йодом. При полном гидролизе гликогена образуется *D*-глюкоза. Гликоген сравнительно хорошо растворяется в горячей воде.

*Целлюлоза (клетчатка)* содержится в растениях, входят в состав опорных тканей и клеточных стенок. В основе ее строения лежит молекула глюкозы. В организме человека отсутствуют ферменты для расщепления целлюлозы. Клетчатка поступает в наш организм с продуктами растительного происхождения — фруктами, овощами, крупами, хлебом из муки грубого помола.

*Пектиновые вещества* по химической природе представляют собой смесь веществ типа полисахаридов, в основе строения которых находится полигалактуроновое ядро, состоящее из остатков галактуроновой кислоты, этерифицированных метанолом и соединенных между собой глюкозидными связями. Пектиновые вещества содержатся в продуктах растительного происхождения — плодах (яблоки, груши, цитрусовые), ягодах (красная и черная смородина и др.), клубнях (свекла, морковь и др.), косточковых, корзинках подсолнечника. Сырьем для их получения в промышленности служат яблочные выжимки. В кондитерской промышленности при производстве мармелада, пастилы, джема широко используется свойство пектиновых веществ образовывать студни в присутствии кислоты и сахара. В незрелых плодах и овощах



пектин находится в соединении с клетчаткой — эта нерастворимая в воде форма пектина называется *протопектином*. По мере созревания плодов протопектин переходит в растворимую форму — гидратопектин. Процесс гидролиза пектина идет под действием фермента протопектиназы, при этом происходит постепенное отщепление метоксильных групп — деметоксилирование, в результате чего желеобразующая способность пектина снижается. Пектин, полностью освобожденный от метоксильных групп, желеобразующей способностью не обладает и называется *пектовой кислотой*. Пектиновые вещества предохраняют плоды и овощи от высыхания, удерживая коллоидную влагу, они входят в состав клеточных стенок вместе с клетчаткой, выполняя опорные функции.

**Функции, выполняемые в организме человека.** Углеводы играют очень важную роль в питании человека. Они являются наиболее дешевым и количественно преобладающим источником энергии. Углеводы и их производные входят в состав различных тканей и жидкостей организма, выполняя пластические функции, оказывают тонизирующее действие на центральную нервную систему. Некоторые углеводы и их производные выполняют в организме защитные функции. Так, гепарин предотвращает свертывание крови и образование тромбов, гиалуроновая кислота препятствует проникновению бактерий через оболочку клетки и т. д. С помощью углеводов из организма выводятся некоторые токсические вещества. Например, клетчатка стимулирует работу кишечника, способствует выведению из организма холестерина, солей тяжелых металлов и других вредных веществ, нормализует состав микрофлоры кишечника, препятствует всасыванию ядовитых веществ. Пектиновые вещества способствуют быстрому заживлению ран, выводят вредные вещества из организма, ускоряют процесс свертываемости крови, обезвреживают некоторые болезнетворные микроорганизмы. Высокая сладость фруктозы позволяет использовать ее в рационах питания ограниченной калорийности, а также для больных диабетом, так как ее обмен в организме происходит с участием ферментов, активность которых не зависит от наличия инсулина. Промежуточные продукты окисления углеводов служат исходными веществами для синтеза различных органических соединений. Углеводы также являются составными частями многих соединений, которые активно участвуют в превращениях веществ в организме. Углеводы выполняют разнообразные регуляторные функции: так, они препятствуют накоплению кетоновых тел при окислении жиров. Поэтому при нарушении углеводного обмена, который наблюдается при сахарном диабете, развивается ацидоз.

**Пищевая ценность.** Зависит от качества потребляемых углеводов. Энергетическая ценность 1 г углеводов составляет 16,72 кДж (4 ккал). Углеводы — это основной энергетический материал, их роль особенно возрастает при интенсивной физической нагрузке.

Но при резком снижении доли физического и возрастании доли умственного труда, которое наблюдается во всех странах мира, избыток углеводов вреден, он вызывает нарушение обмена веществ, ожирение, возникновение аллергических реакций, диабета, сердечно-сосудистых заболеваний и т. д. Поэтому людям пожилого возраста и тем людям, у которых физическая нагрузка незначительная, необходимо снижать потребление так называемых «защищенных» (рафинированных) углеводов, т. е. углеводов, которые подвергнуты различной степени очистки и максимально освобождены от сопутствующих составных частей продукта — клетчатки, минеральных веществ, витаминов и др., так как они являются источником «пустых» калорий (сахар, все виды кондитерских изделий, хлеб из муки высшего сорта). Более предпочтительны так называемые «защищенные» углеводы. Они содержатся в продуктах растительного происхождения и представлены в основном крахмалом, которому сопутствует клетчатка в количестве не менее 0,1...0,4 %. Такие углеводы медленнее перевариваются и усваиваются организмом, равномерно снабжая его энергией.

**Усвояемость.** Переваривание углеводов может начинаться в ротовой полости, так как слюна содержит амилазу, расщепляющую крахмал. Но практического значения этот процесс не имеет — пища задерживается здесь недолго. В желудке отсутствуют ферменты для расщепления углеводов, кроме того, рН желудочного сока 1,5...2,5, поэтому амилаза слюны не действует. Процесс расщепления углеводов идет в кишечнике под действием амилаз и других ферментов желудочного сока и сока поджелудочной железы. Углеводы легче других пищевых веществ усваиваются организмом человека. Наиболее быстро всасывается в кишечнике глюкоза, несколько медленнее — фруктоза. Дисахариды (особенно сахароза) легко расщепляются ферментами пищеварительного тракта и быстро усваиваются, что может вызвать подъем уровня глюкозы в крови. Гидролиз лактозы в кишечнике протекает несколько медленнее, что благоприятно сказывается на деятельности микрофлоры из-за ограничения в нем процессов брожения. Часть фруктозы и галактозы задерживается печенью, превращаясь в гликоген, другая часть этих сахаров поступает непосредственно в кровь. Усвоение крахмала происходит постепенно. Он подвергается действию  $\alpha$ -амилазы, образуемая при этом мальтоза расщепляется до глюкозы и через стенки тонкого кишечника поступает в кровь. Так как крахмал защищен клетчаткой от непосредственного действия пищеварительных ферментов, он не вызывает быстрого увеличения содержания глюкозы в крови и поэтому предпочтительнее для организма, чем моно- и дисахариды. Целлюлоза (клетчатка) и пектиновые вещества не усваиваются организмом человека из-за отсутствия в нем соответствующих ферментов. Однако нежная клетчатка картофеля, капусты и других овощей может частично гидролизываться под действием целлюлазы, продуцируемой неко-

торыми бактериями кишечника. На обмен углеводов в организме оказывают влияние некоторые витамины. Так, при недостатке витамина В<sub>1</sub> (тиамина) в тканях накапливаются недоокисленные продукты обмена углеводов, в частности молочная кислота, нарушается метаболизм жиров и белков.

**Рекомендуемые нормы потребления.** Потребность организма в углеводах зависит от пола и возраста человека, но определяется главным образом величиной энергетических затрат человека. Потребление углеводов в рационах питания населения составляет 400...500 г/сут, в том числе крахмала 350...400, моно- и дисахаридов 50...100, пищевых волокон 20...25, в том числе клетчатки и пектиновых веществ 10...15 г/сут. Углеводы являются важными компонентами пищи, но их неумеренное потребление вредно отражается на жизнедеятельности организма человека.

## 2.2.4. ВИТАМИНЫ

Витамины входят в группу органических веществ, разнообразных по строению, с разными физико-химическими свойствами и одинаковых по признаку их абсолютной необходимости для нормальной жизнедеятельности любого организма и выполняющих каталитические функции.

Потребность организма в витаминах по сравнению с другими пищевыми веществами ничтожно мала и выражается либо целыми миллиграммами, либо десятками и сотнями долями миллиграмма. Однако если с пищей не поступает какой-либо витамин или несколько витаминов, возникают нарушения обмена веществ, которые могут привести к очень тяжелым последствиям и даже смерти. Заболевание такого рода носит название *авитаминоз*. По признаку растворимости все витамины делят на две группы: водорастворимые и жирорастворимые. Витамины обозначают прописными буквами латинского алфавита, причем витамины группы В обозначают путем добавления к букве порядкового номера, например: В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub> и т. д. либо путем использования тривиального названия: витамин В<sub>1</sub> — тиамин; В<sub>2</sub> — рибофлавин и т. д.

Одно из важнейших условий нормальной жизнедеятельности организма — это относительное постоянство внутренней среды организма (гомеостаз). Витамины входят в состав всех тканей организма в строго определенных количествах, а излишек введенных витаминов выбрасывается механизмами гомеостаза. Это обеспечивает постоянство химического состава, физико-химических и биологических свойств внутренней среды.

Систематический прием больших доз витаминов приводит к гипервитаминозу. Как авитаминоз, так и гипервитаминоз — это заболевание, которое в тяжелых случаях может привести к летальному исходу.

Ни один витамин не работает в организме в том виде, в каком он поступает с пищей. Каждый витамин должен пройти определенные этапы обмена: первый — это всасывание витамина в кишечнике. Здесь необходимы специальные белки — переносчики, которые регулируют процесс всасывания, защищая организм от излишка этих высокоактивных соединений; второй — это доставка витамина к органам-мишеням с помощью специфических белков; третий — превращение витаминов в свою активную форму. Витамины в качестве коферментов или простетических групп входят в состав важнейших ферментных систем. Любое нарушение в сложной цепи всасывания, переноса и активации витамина приводит к тому, что он оказывается не в состоянии выполнять свои функции. Рекомендуемые нормы среднесуточного потребления витаминов, по данным Института питания РАМН, приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Рекомендуемые нормы среднесуточного потребления витаминов для различных возрастных групп

Витамины	Дети (1...6 лет)	Подростки (7...17 лет)	Взрослые мужчины и женщины	Беременные и кормящие
А, мкг	450...600	700...1000	1000	1200...1400
В <sub>1</sub> , мг	0,8...0,9	1,0...1,5	1,2...2,1	1,5...2
В <sub>2</sub> , мг	0,9...1,0	1,2...1,8	1,5...2,4	1,6...2,3
В <sub>12</sub> , мкг	1,0...1,5	2...3	3	4
С, мг	40...45	60...70	70...100	90...120
D, мкг	10	2,5	2,5	12,5
Е, мг	5...7	10—15	10	10...14
К, мкг	15...20	30...65	65...80	65...80
Ниацин (РР), мг	10...11	13...20	16...28	16...25
Фолиевая кислота, мкг	100...200	200	200	300...400
Пантотеновая кислота, мг	3,4	4...7	4...7	4...7
Биотин, мкг	20...25	30...100	30...100	30...100

**Водорастворимые витамины.** *Витамин В<sub>1</sub> (тиамин)* играет важную роль в процессах превращения углеводов в организме. Биологическая активность данного витамина связана с его превращением в организме в коферментную форму — тиаминпирофосфат (ТПФ), который также называется кокарбоксылазой. Тиамин участвует в окислительном декарбоксылировании промежуточных продуктов распада углеводов — пировиноградной и молочной кислот. При увеличении доли углеводов в пищевом рационе и повышении физической нагрузки потребность в тиамине возрастает.

В организм человека тиамин поступает с пищей в свободном виде, а также в виде комплексов с белками и т. д. При недостатке витамина развивается заболевание, получившее название «бери-бери». Оно характерно для тех районов земного шара, где основой питания населения является полированный рис, лишенный дан-

ного витамина. Заболевание бери-бери проявляется в резком нарушении углеводного обмена, появлении в крови недоокисленных продуктов углеводного обмена — пировиноградной и молочной кислот. Нарушаются белковый обмен, деятельность желудочно-кишечного тракта, возникают сердечно-сосудистые заболевания, поражаются центральная и периферическая нервные системы. В тяжелых случаях болезнь может привести к летальному исходу.

При В<sub>1</sub>-авитаминозе резко снижается аппетит и образование хлороводородной кислоты слизистой желудка. Тиамин и некоторые его производные оказывают положительное действие при переутомлении, бессоннице, невралгиях.

Витамин В<sub>1</sub> распространен весьма широко, встречается в продуктах растительного и животного происхождения. Он содержится в зародышах злаков, оболочке зерна, в орехах, цветной капусте, зеленых частях растений, овсяной и гречневой крупе, хлебе из муки грубого помола; желтке куриного яйца, печени, почках. Очень богаты витамином В<sub>1</sub> дрожжи. Его содержание в продуктах питания зависит от способа получения и технологической обработки и может колебаться в широких пределах. Тиамин хорошо сохраняется в продуктах при низкой влажности (сухие овощи), при выпечке хлеба витамин В<sub>1</sub> практически не разрушается. В кислой среде тиамин устойчив даже при длительном нагревании, а в щелочной среде разрушается.

Суточная потребность в тиамине для взрослого человека составляет в среднем 1,5...2,0 мг, или 0,5...0,6 мг на каждые 1000 ккал потребляемой пищи. Дневная потребность в тиамине может быть удовлетворена потреблением 0,5 л коровьего молока, в котором он содержится в свободном виде. Однако при кипячении молока часть витамина разрушается.

При приготовлении пищи может разрушаться до 30 % тиамин. Повышенные температура и давление, а также большое содержание глюкозы в продукте способствуют разрушению 70...80 % тиамин. Облучение свежего мяса вызывает разрушение 60 % тиамин. Продолжительное хранение мяса в замороженном состоянии приводит к снижению витамина на 20...40 %.

Так как витамин В<sub>1</sub> водорастворимый, то при варке пищи значительная его часть переходит в отвары, поэтому их необходимо использовать. Витамин В<sub>1</sub> в организме человека не накапливается, а то количество, которое поступает вместе с пищей, постоянно выводится из организма вместе с мочой, причем этот процесс зависит от состояния организма, количества витамина, поступающего с пищей, и физической нагрузки.

**Витамин В<sub>2</sub> (рибофлавин)** участвует в окислительно-восстановительных процессах живой клетки. При частичном недостатке рибофлавина у человека наблюдается поражение губ, развиваются стоматит и дерматит на носогубной складке, крыльях носа, веках и ушах. Кроме того, при недостатке рибофлавина развивается

конъюнктивит, а в некоторых случаях — катаракта, светобоязнь, возникают нервные расстройства, депрессии или появляется повышенная возбудимость нервной системы. Рибофлавин играет важную роль в регенерации крови.

$V_2$ -Гипервитаминоз у людей и животных обычно не наблюдается, так как избыточный рибофлавин выводится из организма.

Источником витамина  $V_2$  для человека служат коровье молоко, яйца, печень, сердце, почки, мясо и дрожжи, небольшое количество его содержится в рыбе, очищенном рисе, макаронных изделиях, хлебе из муки I и высшего сортов, а также фруктах. Рибофлавин плохо растворим в воде, практически не разрушается при пастеризации, стерилизации или замораживании пищевых продуктов в закрытой посуде. При кулинарной обработке, если продукты защищены от воздействия света, его потери незначительны. Он хорошо сохраняется в продуктах в кислых водных растворах в темноте при pH 5...6. В щелочных растворах быстро разрушается. Очень чувствителен к действию света.

Потребность организма в рибофлавине зависит от уровня содержания белка в дневном рационе. Так, при суточном потреблении 100 г белка потребность в витамине  $V_2$  составляет 0,8 мг на каждые 1000 ккал пищевого рациона. Минимальная суточная потребность человека в нем составляет в среднем 2 мг. При беременности, вскармливании молоком потребность в рибофлавине у женщин возрастает. Высокое эмоционально-психическое напряжение повышает потребность организма в этом витамине. Престарелые люди также нуждаются в повышенном (на 20...30 %) количестве рибофлавина по сравнению с нормой.

Витамин  $V_3$  (пантотеновая кислота) входит в состав кофермента ацетилирования, который обозначают как кофермент А (КоА). Основная функция этого витамина в организме связана с активацией и переносом кислотных (ацильных) остатков. Коэнзим А играет важную роль в окислении и биосинтезе жирных кислот и взаимопревращениях углеводов и жиров, биосинтезе холестерина и фосфолипидов клеточных мембран, в биосинтезе стероидных гормонов. При недостатке пантотеновой кислоты в организме человека и животных наблюдаются поражения кожи и слизистых оболочек внутренних органов, нарушаются биосинтез гормонов надпочечниками и процесс образования антител.

Одним из симптомов  $V_3$ -авитаминоза у человека является онемение и жгучая боль в пальцах и подошвах ног. Однако признаки пищевой недостаточности пантотеновой кислоты проявляются редко. Витамин  $V_3$  содержится во многих продуктах как животного, так и растительного происхождения: в печени, почках, яичном желтке, мясе, зерновых, картофеле, капусте. Суточная потребность взрослого человека в этом витамине 10...12 мг, при тяжелом физическом труде и у кормящих женщин — до 20 мг. В нейтральных водных растворах пантотеновая кислота относительно ста-

бильна и может выдержать стерилизацию при 100 °С в течение 30 мин. При нагревании в водных растворах кислот и щелочей гидролизуется с отщеплением β-аланина, при кулинарной обработке пищи сохраняется хорошо, но может переходить в воду, в которой варится продукт.

**Витамин РР (ниацин)** выполняет в организме важные физиологические функции: участвует в тканевом дыхании, входит в состав окислительно-восстановительных ферментов — дегидраз, катализирующих отнятие водорода при окислении органических веществ. Витамин РР принимает участие в углеводном обмене, стимулирует действие инсулина, регулирует ритм сокращения сердечной мышцы и поддерживает функции печени.

Некоторое количество никотиновой кислоты синтезируется в организме из аминокислоты триптофана при участии витамина В<sub>6</sub>, поэтому РР-авитаминоз развивается при неполноценном белковом питании и недостатке витамина В<sub>6</sub>. Он выражается в поражении кожных покровов и слизистых оболочек желудочно-кишечного тракта. В результате РР-авитаминоза развивается пеллагра — заболевание, при котором кроме перечисленных возникает расстройство нервной системы, происходит резкое ослабление психики. Заболевание может привести к летальному исходу. До настоящего времени вспышки пеллагры наблюдались в некоторых странах Африки и в Индии, где основным питанием служит кукуруза, бедная триптофаном. Кроме того, кукуруза, рис и другие злаковые содержат никотиновую кислоту в форме пептида, который не разрушается при кулинарной обработке пищи и практически не усваивается организмом.

Источником витамина РР служат печень, почки, рыба, бобы, фрукты, молоко и дрожжи. В продуктах растительного происхождения значительная доля витамина РР содержится в виде никотиновой кислоты, а в продуктах животного происхождения — в виде никотинамида. Суточная потребность взрослого человека в данном витамине составляет 15...25 мг, или 6,5 мг никотиновой кислоты на каждые 1000 ккал пищевого рациона. При тяжелой физической нагрузке потребность в витамине РР возрастает.

**Витамин В<sub>6</sub> (пиридоксин)** входит в состав так называемых «пиридоксальных» ферментов, которые относятся к классам оксидоредуктаз, трансфераз, гидролаз, лиаз, изомераз. Пиридоксальфосфат является биологически активной формой витаминов группы В<sub>6</sub>. Многочисленные пиридоксальфосфаты (зависимые ферменты) участвуют в регулировании азотистого обмена в организме; катализируют взаимопревращения глутамина, играют первостепенную роль в сопряжении белкового и энергетического обмена; регулируют функцию щитовидной железы и физиологическую активность центральной нервной системы; принимают активное участие в биосинтезе никотиновой кислоты и т.д. Витамины группы В<sub>6</sub> необходимы для нормального жирового обмена, так как

они улучшают использование организмом ненасыщенных жирных кислот; влияют на обмен железа и процессы кроветворения, необходимы для нормального обмена кожи.

Витамин  $B_6$  широко распространен в продуктах как животного, так и растительного происхождения. Наиболее богаты этим витамином мясо, рыба, печень, почки, яичные желтки, горох, гречневая, перловая и ячневая крупы, отруби и картофель.

Пиридоксин устойчив как к действию кислорода воздуха, так и к нагреванию, но разрушается на свету. Суточная потребность для взрослого человека составляет 2...3 мг, а при тяжелой физической нагрузке, нервно-психическом напряжении, при работе с радиоактивными веществами и ядохимикатами, а также при лечении антибиотиками и при работе в условиях Крайнего Севера потребность в нем резко возрастает.

*Витамин  $B_{12}$  (кобаламин)* регулирует процессы кроветворения в костном мозге, способствует биосинтезу холина, лецитина, участвует в образовании нуклеиновых кислот, благотворно влияет на центральную и периферическую нервную систему. Дефицит данного витамина может возникнуть либо при исключении из рациона животных белков, либо при понижении секреции желудочного сока, когда витамин перестает усваиваться организмом. При недостатке цианкобаламина развивается злокачественное малокровие, нарушается функция нервной системы.

Витамин  $B_{12}$  содержится исключительно в продуктах животного происхождения, синтезируется микрофлорой кишечника. Наиболее богаты им печень, почки, яичные желтки, кисломолочные продукты. Суточная потребность взрослого человека в витамине  $B_{12}$  составляет 3 мкг, которая возрастает при малокровии, при повышенном потреблении белков животного происхождения. Витамин  $B_{12}$  разрушается при длительном воздействии световых лучей.

*Витамин Н (биотин)* является небелковым компонентом ряда ферментов, регулирующих обмен углеводов и жиров в организме человека и животных. Снижение концентрации биотина в клетке приводит к расстройству механизмов регуляции цикла Кребса и снижает энергетическую эффективность дыхания.

Гиповитаминоз биотина проявляется в шелушении и воспалениях кожи, вялости, сонливости, тошноте, потере аппетита, в виде болей в мышцах, малокровии.

Дефицит биотина в организме может наступить при заболеваниях кишечника, длительном применении антибиотиков и сульфаниламидов, угнетающих деятельность кишечной микрофлоры, синтезирующей данный витамин. К Н-авитаминозу может привести потребление большого количества сырых яичных белков, так как при взаимодействии с авидином (фракция яичного белка) витамин Н не усваивается организмом.

Суточная потребность в биотине для взрослого человека составляет в среднем 30...100 мкг.



Биотин содержится во многих пищевых продуктах: в печени, почках, дрожжах, бобовых, цветной капусте, грибах и орехах. Биотин также синтезируется микрофлорой кишечника.

*Витамин В<sub>9</sub> (фолиевая кислота, фолацин)* выполняет такие важные функции в организме, как обмен соединений, содержащих один углеродный атом в молекуле (формальдегид, муравьиная кислота), и биосинтез некоторых аминокислот (метионин, серин, гистидин). Установлено также ее участие в процессах кроветворения. При недостатке в организме фолиевой кислоты страдают прежде всего ткани, для которых характерны интенсивный биосинтез ДНК и высокая скорость деления клеток (кровотворная ткань и слизистая кишечника). Может развиваться специфическая анемия.

Витамин В<sub>9</sub> содержится в овощах: салате, капусте, петрушке, томатах, моркови, свекле. Этим витамином богаты также печень, почки, яичный желток, сыр. Суточная потребность в фолиевой кислоте составляет 200 мкг. При тяжелой физической нагрузке и малокровии эта потребность возрастает. Фолиевая кислота устойчива к воздействию кислорода воздуха и высокой температуре, но разрушается на свету.

*Витамин С (аскорбиновая кислота)* участвует во многих процессах обмена веществ, в частности в окислительно-восстановительных процессах, протекающих в организме. Этот витамин необходим для гидроксирования пролина. Так как образующийся при этом оксипролин используется для синтеза структуры соединительной ткани, то при С-авитаминозе разрыхляются десны, стенки капилляров становятся хрупкими, появляются кровоизлияния, выпадают зубы, понижается способность к образованию иммунных тел в организме. Недостаток в организме человека витамина С приводит к такому заболеванию, как цинга, которая выражается в виде слабости, мышечно-суставных болях, кровоточивости десен и выпадении зубов и т. д.

Витамин С способствует окислению холестерина и участвует в образовании ряда гормонов.

Аскорбиновая кислота содержится в зеленых частях растений (укроп, петрушка, лук и др.), овощах (перец, капуста и др.), ягодах (черная смородина, облепиха, шиповник, крыжовник и др.), яблоках, цитрусовых и других фруктах, а также в некоторых продуктах животного происхождения — печени, почках, молоке и др.

Витамин С разрушается при контакте с кислородом воздуха, особенно при нагревании, а также при взаимодействии с ферментами — аскорбатоксидазой, полифенолоксидазой и др. Это происходит при нарушении целостности клетки, т. е. при измельчении продуктов, содержащих витамин С. Для уменьшения потерь аскорбиновой кислоты овощи перед шинкованием целесообразно бланшировать, чтобы инактивировать аскорбатоксидазу. Витамин С хорошо сохраняется в кислой среде. Следует помнить, что жир

способствует сохранению витамина С, так как предохраняет его от контакта с кислородом воздуха. Продукты, содержащие витамин С, при варке следует погружать в кипящую воду и готовить под плотно закрытой крышкой. Хранение готовых блюд и их повторный нагрев также способствуют разрушению витамина С.

Суточная потребность в витамине С составляет 70...100 мг.

В окислительно-восстановительных процессах наряду с витамином С участвует *витамин Р (рутин)*. Он укрепляет стенки капилляров, регулирует их проницаемость, способствует нормализации кровяного давления, повышает активность витамина С.

Витамин Р содержится в черной смородине, рябине, сладком перце, цитрусовых и др. Витамин Р достаточно устойчив в процессе переработки плодов, однако при хранении и консервировании его потери могут достигать значительных размеров. Суточная потребность в витамине Р составляет 35...50 мг.

**Жирорастворимые витамины.** *Витамин А (ретинол)* называют витамином роста, так как он необходим для обеспечения пластических процессов роста и формирования тканей организма, нормальной функции слизистых оболочек глаз, дыхательной и пищеварительной систем и мочевыводящих путей. Витамин А обеспечивает ясность видения в темноте, входит в состав зрительного пурпура. При недостатке данного витамина происходит торможение роста организма, наступает общее истощение, нарушается способность зрительного аппарата адаптироваться к различной степени освещенности среды, происходит поражение эпителиальных тканей, в том числе роговицы глаз (развиваются сухость и воспаление, называемое *ксерофтальмией*).

Ретинол встречается только в продуктах животного происхождения — печени, сливочном масле, сырах, икре осетровых рыб. В продуктах растительного происхождения — в овощах, окрашенных в оранжевый цвет, например в моркови, ягодах, фруктах, содержится провитамин А — каротин. Ретинол под действием ультрафиолетовых лучей и кислорода воздуха, а также при наличии в жирах продуктов окисления жирных кислот разрушается. Суточная потребность в ретиноле составляет 1,5...2,5 мг, которая возрастает при работе с химическими веществами или работе, требующей напряжения органов зрения (ювелиры, водители и т. д.).

*Витамин D (кальциферол)* регулирует обмен кальция и фосфора, участвует в формировании скелета. При отсутствии в рационе детей витамина D развивается заболевание — рахит, следствием которого является нарушение нормального отложения фосфата кальция в костной ткани.

У взрослых дефицит кальциферола вызывает потерю аппетита, плохой сон, раздражительность. Развивается кариес зубов, кости становятся хрупкими, возникают частые переломы, трудно заживающие.

Витамин D содержится в основном в продуктах животного про-

исхождения — печени, молочном и рыбьем жире, икре рыб. Суточная потребность в витамине D составляет 2,5 мкг. Причем зимой и при малом солнечном освещении (при работе в шахтах и т. д.) она повышается из-за снижения возможности образования витамина D в коже под действием ультрафиолетовых лучей. Кальциферол устойчив к воздействию высокой температуры и при кулинарной обработке пищи не разрушается.

**Витамин E (токоферол)** — один из самых сильных природных антиоксидантов, участвует в окислительно-восстановительных реакциях, обеспечивая нормальное протекание биохимических процессов в организме.

При E-авитаминозе нарушаются нормальное функционирование и структура многих тканей: развивается мышечная дистрофия, происходят дегенерация спинного мозга и паралич конечностей. Однако E-авитаминозы наблюдаются очень редко, так как этот витамин откладывается в организме во многих тканях (главным образом в жировой). Его запасы могут обеспечивать потребность организма при полном отсутствии его в пище в течение нескольких месяцев.

Источником токоферола для организма человека являются растительные масла, зеленые части растений, яичные желтки. Витамин E устойчив к нагреванию, но разрушается под влиянием ультрафиолетовых лучей и при прогоркании масел. Суточная потребность в токофероле составляет 10 мг, которая при тяжелой физической нагрузке возрастает.

**Витамин K (филлохинон)** способствует синтезу компонентов, участвующих в свертывании крови, положительно влияет на состояние кровеносных сосудов. При его недостатке возникают носовые кровотечения, происходит внутреннее кровоизлияние и т. п.

Источником витамина K являются листовые овощи, цветная и белокочанная капуста, томаты, картофель, печень. Филлохинон синтезируется микрофлорой кишечника. Суточная потребность в витамине K составляет 65...80 мкг. Витамин K устойчив к нагреванию, но разрушается под действием света и в щелочной среде.

## 2.2.5. МИНЕРАЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА

В состав организма человека входит более 60 различных химических элементов. Роль многих из них еще недостаточно изучена. В зависимости от содержания того или другого элемента в клетках и органах их подразделяют на макро-, микро- и ультрамикроэлементы. Макроэлементы присутствуют в организме в количествах, измеряемых целыми процентами или десятками долями процента. К макроэлементам относятся калий, кальций, натрий, фосфор, сера, магний и др. Микроэлементы (железо, медь, цинк, йод, фтор

и др.) входят в состав организма в количествах, измеряемых миллиграмм-процентами. Ультрамикрорезлементы содержатся в организме человека в еще меньших количествах, а некоторые — в виде следов. К ним можно отнести хром, молибден, серебро, золото, ванадий и др.

Минеральные вещества выполняют в живом организме весьма многообразные и очень важные функции: входят в состав протоплазмы клетки, придавая ей свойства живой материи; выполняют пластические функции построения костной и зубной тканей; металлы входят в активные группы ферментов, обеспечивая протекание ряда биохимических процессов в организме; нейтрализуют кислоты, образующиеся в организме в процессе обмена веществ; необходимы для нормальной работы ряда систем организма — нервной, мышечной и др.; обеспечивают работу желез внутренней секреции — щитовидной, поджелудочной, половых и др.; участвуют в передаче нервных импульсов; обеспечивают процесс свертывания крови и др. Поэтому длительное нарушение обмена минеральных веществ вследствие их недостаточного поступления с пищей приводит к тяжелым заболеваниям организма, таким, как железодефицитная анемия, эндемический зоб, кариес зубов и др.

### 2.2.5.1. Вода

Вода — самый удивительный из всех известных минералов. Жизнь человека без воды невозможна. Если без пищи человек может обходиться достаточно долго (месяц и более при лечебном голодании), то без воды он погибает на 4...5-е сутки. В среднем в состав организма человека входит около 65 % воды. Но с годами ее содержание снижается. Так, в теле новорожденного содержится 70 %, а теле пожилого человека — не более 60 %.

**Функции, выполняемые в организме человека.** Воду называют основой жизни, так как все жизненные процессы в живых организмах на земле протекают при обязательном ее участии. Человек очень остро реагирует на нарушение водного баланса в своем организме; потеря 6...8 % воды вызывает полуобморочное состояние; потеря 10 % чревата нарушением глотательного рефлекса, затем начинаются галлюцинации; потеря 20 % воды приводит к смерти — сердце не в состоянии протолкнуть сгустившуюся кровь по сосудам.

Вода входит в состав всех органов и тканей. Так, протоплазма клеток на 80 % состоит из воды, головной мозг — на 85 %, мышцы — примерно на 76 %, даже в костях и зубах ее содержится около 20 %.

Вода — не только важнейшая составная часть человеческого организма, среда, где протекают важнейшие биохимические реакции, но также один из главнейших конечных продуктов обмена

веществ в организме. Вода необходима для всех жизненно важных процессов: пищеварения, всасывания, удаления отходов и кровообращения. Она растворяет вещества и помогает протеканию всех химических реакций в организме, служит смазочным материалом в суставах и местах соприкосновения различных органов; равномерно распределяет теплоту, предохраняя организм от перегревов и охлаждений; участвует в реакциях гидролиза сложных органических веществ в организме и т. д.

**Рекомендуемые нормы потребления.** Человеку в среднем требуется 1750...2200 см<sup>3</sup> воды в сутки: 800...1000 см<sup>3</sup> поступает в организм в виде различных напитков; 250...500 см<sup>3</sup> — в виде первых блюд; примерно 700 см<sup>3</sup> — в составе различных продуктов и 300...350 см<sup>3</sup> образуется в организме за счет окисления жиров, углеводов и белков (это так называемая эндогенная вода). Примерно такое же количество воды ежедневно выводится из организма: около 1500 см<sup>3</sup> выделяется почками; примерно 150 см<sup>3</sup> — пищеварительным трактом; около 600 см<sup>3</sup> — в виде испарений через кожу и около 350 см<sup>3</sup> — в процессе дыхания.

### 2.2.5.2. Макроэлементы

**Кальций.** По распространенности в природе кальций занимает пятое место среди всех элементов и третье — среди металлов. В организме человека содержится около 1 кг кальция. Основная его масса входит в состав костей и зубов. Костная ткань, как и все другие органы и ткани, постоянно обновляется, она чутко реагирует на изменение водно-солевого состава крови и поддерживает постоянное равновесие внутренней среды организма. При необходимости организм мобилизует ионы кальция из костной ткани в количестве, значительно превышающем их содержание в межклеточной жидкости. Определенный уровень ионов кальция поддерживается особыми гормонами, вырабатываемыми щитовидной и околощитовидной железами.

Среди биологически активных веществ, регулирующих обмен кальция в организме, особая роль принадлежит витамину D. При его недостатке замедляется поступление кальция в костную ткань и возникает болезнь — рахит, которая чаще всего встречается у детей в период формирования и роста опорных тканей. При нарушениях кальциевого обмена у людей пожилого возраста соли кальция оседают на стенках кровеносных сосудов, в результате чего они становятся хрупкими и ломкими. Кальций играет чрезвычайно важную роль в механизме мышечных сокращений. Так, ион кальция присоединяется к мышечному белку актину, который соединяется с другим мышечным белком — миозином. В результате такого взаимодействия образуется актомиозин, обладающий каталитической активностью. Происходит расщепление АТФ, кото-

рое приводит к высвобождению энергии для мышечного сокращения. Работа сердечной мышцы, как и всех других мышц, зависит от нормального поступления ионов кальция. Ионы кальция взаимодействуют с особым белком клетки — калмодулином, образуя комплекс, который и является активатором ряда ферментов. Кальций вместе с калием обеспечивают нормальную свертываемость крови, повышают сопротивляемость организма влиянию неблагоприятных факторов, снижают аллергические реакции в организме, участвуют в процессе регулирования проницаемости клеточных мембран. При недостатке кальция в результате деминерализации костей развивается опасное заболевание — остеопороз, которое приводит к их хрупкости.

Кальций относится к трудноусвояемым элементам. Он содержится в пищевых продуктах в виде различных солей, которые труднорастворимы в воде (исключение составляет хлорид кальция). Соли желчных кислот переводят их в растворимое состояние и обеспечивают процесс всасывания кальция. Если в рационе питания присутствует значительное количество жира, усвояемость кальция резко падает, так как в усвоении жиров также участвуют желчь и желчные кислоты. Усвояемость кальция зависит также от содержания в пище солей фосфора и магния. Так, соотношение кальция и фосфора должно быть 1 : 1,5, а рекомендуемое соотношение кальция и магния 1 : 0,7. Особенно эффективно усваивается кальций в присутствии витамина D. Усвоение кальция снижают фитин и шавелевая кислота, так как они образуют нерастворимые соли кальция, которые выводятся из организма.

Потребность взрослого человека в кальции составляет 0,8...1,0 г/сут. Лучше всего кальций усваивается при молочной диете. Источниками кальция для человека служат молоко и различные молочные продукты, особенно сыры и творог, а также питьевая вода, зеленый лук, петрушка, фасоль и др.

**Фосфор.** Так же, как и кальций, фосфор входит в состав костей и зубов, выполняя пластические функции. При длительном дефиците фосфора в питании нарушается структура костей, снижается умственная и физическая работоспособность, нарушается аппетит. Фосфор входит в состав нервных и мозговых тканей, клеточного ядра, нуклеиновых кислот и ряда ферментов, участвует в обмене углеводов, белков и жиров, необходим для образования АТФ.

Фосфор усваивается организмом сравнительно легко, кроме его соединения в форме фитина. Из продуктов растительного происхождения (овсяная и перловая крупы, бобовые и др.) фосфор усваивается хуже, чем из продуктов животного происхождения, таких, как печень, мясо, рыба, яичный желток и др.

Потребность взрослого человека в фосфоре составляет в среднем 1,2 г/сут. При интенсивной физической и умственной нагрузке и некоторых заболеваниях она может возрастать до 2 г/сут.

**Калий.** Практически весь калий, содержащийся в организме, сосредоточен внутри клеток. Калий необходим для поддержания осмотического давления внутри клетки, передачи нервных импульсов, поддержания кислотно-щелочного равновесия в организме, а также для нормальной работы сердечной мышцы и ряда ферментов. Он способствует также выведению из организма воды.

Калий хорошо всасывается в кишечнике и усваивается организмом. Потребность взрослого человека в калии составляет 2,5...5 г/сут. Источниками калия являются продукты растительного происхождения: картофель, капуста, орехи, курага, чернослив, изюм, морская капуста, фасоль и др.

**Натрий.** В отличие от калия натрий содержится во внеклеточной жидкости.

Натрий так же, как и калий, необходим для поддержания осмотического давления в клетках, передачи нервных импульсов и регулирования кислотно-щелочного равновесия. Кроме того, натрий повышает активность пищеварительных ферментов и способствует удержанию влаги в организме. Суточная потребность в натрии удовлетворяется 7...8 г поваренной соли. Избыточное потребление соли вызывает повышение кровяного давления, приводит к отечности, излишнему весу, увеличивается нагрузка на почки, которые стремятся вывести лишнюю воду из организма, и сердечно-сосудистую систему. В настоящее время промышленность выпускает профилактическую йодированную пищевую соль, в которой наряду с указанным количеством йода 30 % хлорида натрия заменено на 25 % солями калия и на 5 % солями магния. Такая замена весьма полезна для организма, так как позволяет снизить поступление натрия до физиологической нормы, ликвидировать дефицит йода и одновременно обеспечивает организм калием и магнием.

**Магний.** Этот элемент играет важную роль в минеральном обмене, особенно в обмене кальция. Он необходим для построения скелета человека. Ион магния является активатором ряда ферментов — фосфотрансфераз, выполняющих перенос фосфатной группы от молекулы АТФ к различным субстратам. Магний снимает спазмы кровеносных сосудов, оказывает сосудорасширяющее действие, нормализует возбудимость нервной системы, снижает холестерин в крови, угнетает рост некоторых злокачественных новообразований, а также способствует выведению из организма вредных соединений, образующихся в процессе обмена веществ.

Магний содержится в продуктах растительного происхождения — абрикосах, персиках, цветной капусте, помидорах, картофеле и др., хорошо усваивается организмом человека. Потребность в магнии составляет 0,4...0,5 г/сут.

**Хлор.** Принимает участие в регулировании водно-солевого баланса организма и осмотического давления в клетках, необходим

для образования хлороводородной кислоты желудочного сока. Потребность в хлоре составляет 8 г/сут. Он поступает в организм человека в основном с хлоридом натрия.

### 2.2.5.3. Микроэлементы

**Железо.** В организме человека содержится от 2 до 5 г железа в зависимости от уровня гемоглобина в крови, пола и возраста. Примерно 75 % всего железа входит в состав гемоглобина крови, часть его содержится в печени и некоторых других органах. Железо — важнейший строительный материал для красных клеток крови — эритроцитов. Они снабжают ткани кислородом с помощью гемоглобина, который присоединяет кислород и сразу же отдает его тканям. Одна молекула гемоглобина способна присоединить четыре молекулы кислорода. Выработка эритроцитов происходит в костном мозге. Эти клетки крови живут в течение 60...80 дней, затем они полностью обновляются. Железо распавшихся эритроцитов вновь используется на создание новых клеток. Часть железа, поступающего с пищей, организм запасает в виде ферритина, молекулы которого представляют собой комплексные соединения железа и белка апоферрина. Это железо организм использует для синтеза гемоглобина в экстремальной ситуации, например при большой потере крови. Железо входит в состав некоторых ферментов, например каталазы, пероксидазы и др. Оно участвует в окислительно-восстановительных реакциях, входит в состав клеточных ядер и цитоплазмы.

Источником железа для человека служат продукты животного происхождения — печень, мясо, рыба, яйца и др. Из растительных продуктов железо содержится в ягодах, овощах, во всех зеленых частях растений, хлебопродуктах. Необходимо учитывать, что из мясной пищи усваивается до 35 % железа, тогда как из растительной — только до 6 %. Недостаток железа приводит к железодефицитной анемии (ЖДА). Профилактика железодефицитных состояний предусматривает не только оптимизацию содержания железа в рационах питания, но и учет целого ряда факторов, влияющих на процесс всасывания железа в организме человека. К таким факторам относится белковая недостаточность, которая приводит к дефициту железа и снижает уровень гемоглобина в крови, так как белки мяса, рыбы, печени являются основными поставщиками хорошо усвояемого гемового железа. Некоторые углеводы (глюкоза, фруктоза, сахароза) образуют в кишечнике растворимые комплексы с железом, повышая его усвояемость. Пищевые волокна снижают абсорбцию железа, а органические кислоты, например лимонная, яблочная и винная, улучшают всасывание железа и повышают абсорбцию негемового железа в 3 раза; полифенолы и фитаты образуют с железом труднорастворимые соединения, ухуд-



шая его всасывание. Некоторые минеральные вещества, такие, как цинк и фосфор, снижают усвояемость железа; витамины Е и D, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub> и С способствуют лучшему усвоению железа. Потребность в железе для мужчин составляет 10 мг/сут, для женщин — 18 мг/сут. Ребенок рождается с запасом железа, которого хватает примерно на полгода, после чего его запасы должны пополняться за счет питания, которое ребенок получает наряду с материнским молоком.

**Медь.** Содержание меди в организме человека составляет около 70 мг. Медь принимает участие в процессах кроветворения, а также в углеводном обмене. Соединения меди являются катализаторами ряда процессов, протекающих в клетках. Медь в небольшом количестве входит в состав всех тканей организма, но наиболее заметные ее количества в печени и головном мозге. Кроме того, медь входит в состав некоторых ферментов, в частности тирозиназы (полифенолоксидазы), катализирующей окисление аминокислоты тирозина с образованием черного пигмента меланина, который вызывает пигментацию кожи, появление родимых пятен и т. д. Именно с тирозиназой связана такая аномалия, как альбинизм — врожденное отсутствие окраски кожи, волос, радужной оболочки глаз. Чрезмерная активность тирозиназы может привести к возникновению рака кожи. Нарушение обмена меди в организме влечет за собой такое заболевание, как красная волчанка. Это заболевание трудноизлечимое, может привести к летальному исходу. У взрослых здоровых людей дефицит меди не наблюдается, так как она постоянно присутствует в незначительных количествах в пищевых продуктах.

Потребность в меди составляет 2—3 мг/сут. В случае избыточного поступления меди в организм (например, при использовании в быту медной посуды) наблюдаются острые отравления с нарушениями функций центральной нервной системы. При патологическом увеличении уровня меди в организме человека возникает болезнь Вильсона. Вообще же в организме человека имеются специальные защитные системы, ограничивающие ее всасывание.

**Цинк.** Этот элемент, как и медь, постоянно присутствует в больших количествах в продуктах как растительного, так и животного происхождения. Цинк входит в состав гормона инсулина, вырабатываемого поджелудочной железой. При его недостатке развивается тяжелое заболевание — диабет. В результате этого заболевания резко нарушается обмен веществ в организме, в крови и моче появляется сахар. Цинк входит в состав большого количества ферментов, в том числе в состав фермента карбоангидразы, катализирующей реакцию образования угольной кислоты из диоксида углерода и воды, что способствует удалению из организма диоксида углерода, образующегося в процессе обмена веществ. В

процессе дыхания карбоангидраза играет такую же важную роль, как и гемоглобин. Цинк очень важен для нормальной функции эндокринных желез, синтеза белков, процесса оплодотворения клеток. Однако повышенное количество этого металла в тканях и органах оказывает канцерогенное действие, т. е. может быть причиной появления злокачественных новообразований. Потребность в цинке 15 мг/сут, а общее его количество в организме примерно 2 г.

**Иод.** В организме человека содержится около 50 мг иода. Примерно половина этого количества находится в мышечной ткани, около 20 % сосредоточено в щитовидной железе, остальное количество находится в коже и костной ткани.

Иод входит в состав гормона, вырабатываемого щитовидной железой. При его недостатке развивается тяжелое заболевание — зоб, приводящее к расстройству всех функций организма. Для предотвращения иоддефицитных заболеваний (ИДЗ) необходимо вводить в пищу продукты, богатые или обогащенные иодом, в том числе иодированную соль, применять различные препараты иода и биологически активные добавки к пище, содержащие иод. Самым надежным способом предотвращения иодного дефицита является длительное и регулярное потребление иодированной соли. Природными источниками иода являются рыбо- и морепродукты, мясо, яйца, молоко, овощи и фрукты. Потребность в иоде составляет 100..200 мкг/сут.

**Фтор.** Этот элемент играет важную роль в пластических процессах роста костной ткани и зубной эмали. Некоторое его количество находится в щитовидной железе. При недостаточном поступлении фтора в организм наблюдается кариес зубов, при избыточном — разрушается дентин зубов. Основным источником фтора — это питьевая вода. Иногда вместо хлорирования проводится фторирование питьевой воды. Потребность во фторе составляет примерно 1 мг/сут.

**Кобальт.** В нашем организме содержится всего около 1,5 мг кобальта. Кобальт входит в состав витамина В<sub>12</sub>. Недостаток витамина В<sub>12</sub> или нарушение обмена кобальта вызывает малокровие, заболевания нервной системы, печени и т. д. Кобальт является активатором для таких ферментов, как карбоангидраза и карбоксипептидаза, принимающих участие в процессе расщепления белков в желудочно-кишечном тракте.

#### 2.2.5.4. Ультрамикрэлементы

Роль ультрамикрэлементов ввиду их весьма незначительного содержания в организме человека и животных изучена недостаточно. Многие элементы только в последние годы были обнаружены, и их роль в организме еще не выяснена.

Поэтому перечислить их физиологические функции, а тем более назвать точную цифру суточной потребности организма в том или ином элементе пока невозможно. Но все же хочется отметить некоторые из них. Вода содержит огромное количество микроэлементов: свинец, хром, кадмий, ванадий, барий, марганец, медь, иод, бром, никель, цинк, фтор и др. Однако в разных районах вода имеет свой набор элементов. Но в то же время именно вода наряду с другими пищевыми веществами служит источником поступления в организм многих микро- и ультрамикроэлементов. Известно, что марганец играет важную роль в жизнедеятельности растений. Так, вместе с магнием он принимает участие в процессах фотосинтеза. Кроме того, марганец важен и для животного организма. Полное отсутствие марганца в рационах питания приводит к гибели животных. Установлено, что марганец входит в состав таких ферментов, как пируваткарбоксилаза и аргиназа. Он стимулирует синтез холестерина и жирных кислот, принимает участие в процессах кроветворения, в синтезе витамина С, способствует лучшему усвоению железа.

Хром и никель также признаны в настоящее время металлами, играющими важную роль в жизнедеятельности человека и животных. Так, при недостатке хрома замедляется рост животных, сокращается продолжительность жизни, нарушается углеводный обмен, развиваются заболевания глаз, нарушается синтез инсулина. Никель активирует такие ферменты, как трипсин, аргиназа, карбоксилаза и др., входит в состав РНК.

Молибден входит в состав активного центра фермента нитрогеназы, катализирующей превращения азота в организме человека и животных, а также принимает участие в превращениях спиртов на стадии окисления альдегидов. Молибден в малых дозах стимулирует образование гемоглобина, в то время как в больших дозах тормозит этот процесс. Повышенное количество молибдена приводит к отложению солей мочевой кислоты — подагре.

В клетках также обнаружено присутствие ванадия, стронция, олова, свинца, алюминия, серебра, золота и других элементов. Роль их пока мало изучена, не исключено, что все они жизненно необходимы для нормального функционирования нашего организма. В настоящее время в результате проведенных исследований установлены так называемые безопасные и адекватные уровни суточного потребления таких ранее не нормируемых микронутриентов, как хром (50...200 мкг), ванадий (около 100 мкг), кремний (5...10 мкг), никель (около 100 мкг), а среднесуточное потребление алюминия, брома, лития, германия, рубидия только устанавливается, и если будет определена их роль в организме, все они могут быть внесены в формулу оптимального питания.

### *Контрольные вопросы*

1. Что входит в понятие «здоровое питание»?
2. Какие документы лежат в основе формирования деятельности государства по реализации политики в области здорового питания?
3. Что является приоритетным в области улучшения питания населения России?
4. Из чего складываются суточные энергозатраты организма?
5. Каковы суточные нормы физиологических потребностей в основных пищевых веществах и энергии для взрослого человека?
6. Какова роль белков в организме человека?
7. Какие функции выполняют жиры в организме человека?
8. Какие функции выполняют основные водорастворимые витамины?
9. Какую роль играют жирорастворимые витамины в жизнедеятельности человека?
10. Какую роль играют минеральные вещества в жизнедеятельности человека?
11. Какова роль воды в организме?

# Раздел II

## НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ



### Глава 3

#### ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ЗАКОНЫ

Технологии пищевых производств, изучающие способы переработки сырья в продукты питания, базируются на закономерностях фундаментальных наук — физики, химии, биологии и др.

В основе науки о технологических процессах лежат основные законы природы — закон сохранения массы и закон сохранения энергии.

Вместе с тем этой науке присущи свои специфические понятия и законы, которым подчиняются технологические процессы.

В основе пищевых технологий лежит сложный комплекс физико-химических, биохимических и микробиологических процессов.

В настоящем разделе изложены теоретические основы технологических процессов пищевых производств.

#### 3.1. ДВА ВИДА ПЕРЕНОСА

Изучение многих технологических процессов позволило выявить нечто общее, характерное для всех производств. Этим общим является наличие по крайней мере одного из двух возможных видов переноса на каждой стадии превращения сырья в полуфабрикат или конечный продукт. Это перенос энергии или перенос массы.

Фундаментальные законы сохранения массы и энергии, на которых основаны любые наши представления о процессах, подтверждают справедливость такого предположения. Для наглядности рассмотрим следующий пример. Возьмем какой-либо аппарат, в котором осуществляется технологический процесс (рис. 3.1). В аппарат подаются сырье в количестве  $M_A$  и  $M_B$  и технологические добавки в количестве  $M_C$ , а из аппарата выходят готовый продукт в количестве  $M_D$  и отходы производства  $M_E$ . Воспользовавшись законом сохранения массы, получим

$$M_A + M_B + M_C = M_D + M_E \quad (3.1)$$

или

$$\Sigma M_{\text{вх}} = \Sigma M_{\text{вых}}$$

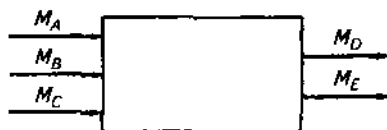


Рис. 3.1. К уравнению материального баланса

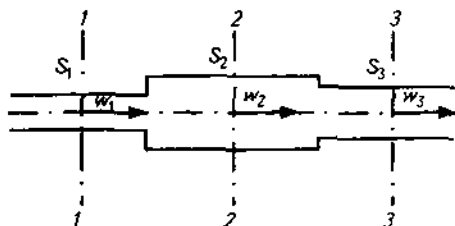


Рис. 3.2. К уравнению неразрывности потока

Это уравнение будем называть *материальным балансом*. Из уравнения (3.1) видно, что в процессе производства происходит перенос массы из одних компонентов, входящих в аппарат, в другие.

Для жидкости, движущейся в потоке, изменяющей свою конфигурацию (рис. 3.2), уравнение материального баланса (3.1) принимает форму уравнения *неразрывности потока*

$$w_1 S_1 = w_2 S_2 = w_3 S_3, \quad (3.2)$$

где  $w_1$ ,  $w_2$  и  $w_3$  — средние скорости движения жидкости в соответствующих сечениях;  $S_1$ ,  $S_2$  и  $S_3$  — площади живого сечения в плоскостях 1-1; 2-2; 3-3.

*Живое сечение* — это сечение, заполненное жидкостью. Если при безнапорном движении в трубе наблюдается свободная поверхность движущейся жидкости, то живое сечение соответствует только площади сечения самой жидкости. При напорном движении площадь живого сечения совпадает с площадью сечения трубы.

Каждый компонент, входящий в аппарат и выходящий из него, вносит или выносит определенное количество энергии. Это теплота материалов, нагретых до определенной температуры (так называемая внутренняя энергия, или энтальпия)  $E_A$ ,  $E_B$ ,  $E_D$  и  $E_F$ , а также кинетическая энергия движущихся потоков  $E_C$ . Наконец, это любой вид энергии, сообщаемой потокам в аппарате для осуществления необходимых преобразований  $E_{пр}$ , и необратимые потери энергии, которые возникают в результате протекания процессов, например потери теплоты в окружающую среду  $E_{пот}$  и потери на трение при прохождении потоков через аппарат  $E_{тр}$  (рис. 3.3).

Закон сохранения энергии в этом случае выразится следующим

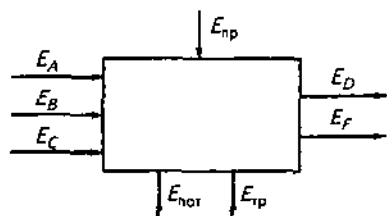


Рис. 3.3. К уравнению энергетического баланса

уравнением:

$$E_A + E_B + E_C + E_{\text{пр}} = E_D + E_F + E_{\text{пот}} + E_{\text{тр}}, \quad (3.3)$$

или

$$\Sigma E_{\text{вх}} = \Sigma E_{\text{вых}}.$$

Уравнение (3.3) получило название *энергетического баланса* аппарата. Очень часто при расчетах реальных аппаратов рассчитывают количество расходуемой теплоты. Поэтому уравнение (3.3) называют еще тепловым балансом аппарата. Заметим, что наиболее часто технологические процессы сопровождаются переносом тепловой энергии — теплоты или переносом кинетической энергии — количества движения.

Прежде чем перейти к описанию общих закономерностей любого переноса, выясним причины, по которым вещество или энергия переходят из одного компонента в другой. Но вначале обсудим причины, вызывающие распространение вещества или энергии от источника в пределах одного физического тела.

### 3.2. ДВИЖУЩАЯ СИЛА ПРОЦЕССА

Всякий перенос вещества или энергии не совершается сам по себе. Причиной переноса является наличие в системе неравновесия. Для характеристики этого неравновесия воспользуемся известными из физики (раздел «Электричество») понятиями поля и потенциала.

Подобно электрическому полю, образующемуся вокруг точечного заряда в пространстве, точечный источник теплоты образует тепловое *температурное поле*. Это справедливо для точечного источника любого вида энергии и массы. *Полям будем называть совокупность значений какой-либо величины в каждой точке рассматриваемого пространства.*

Если речь идет об источнике теплоты, то температура в пространстве вокруг него зависит от положения точки и от времени:

$$T = f(x, y, z, \tau). \quad (3.4)$$

Если изменений температуры во времени нет, то выражение упрощается и мы говорим о стационарном поле в отличие от первого, нестационарного:

$$T = f(x, y, z). \quad (3.5)$$

Каждая точка электрического поля характеризуется своим потенциалом. Ток возникает между двумя точками поля, если потенциалы в них различны. Таким образом, *движущая сила процесса* —

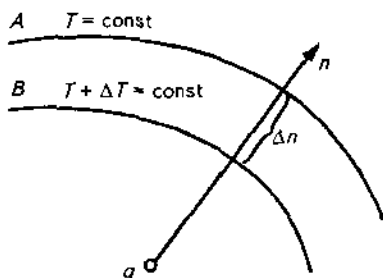


Рис. 3.4. Схема температурного поля

пространства (рис. 3.4). Легко представить вокруг этого источника некоторые криволинейные поверхности, вдоль которых температура остается постоянной. Пусть на поверхности  $A$  поддерживается температура  $T = \text{const}$ , а на поверхности  $B$  — температура на  $\Delta T$  выше:

$$T + \Delta T = \text{const}.$$

Скорость изменения температуры от поверхности  $A$  к поверхности  $B$  можно охарактеризовать отношением  $\Delta T$  к отрезку, на котором это изменение достигнуто. Очевидно, что наибольшая скорость достигается в направлении нормали к поверхности  $n$ .

Таким образом, отношение  $\Delta T / \Delta n$  характеризует максимальную скорость изменения температуры.

Воспользуемся знаниями из математики:

$$\lim \left( \frac{\Delta T}{\Delta n} \right)_{\Delta n \rightarrow 0} = \left( \frac{\partial T}{\partial n} \right) \bar{n} = \overline{\text{grad} T}. \quad (3.6)$$

Градиент — величина векторная, он показывает, что температура увеличивается в направлении к источнику, т. е. навстречу потоку теплоты. Для трехмерного пространства с осями  $x$ ,  $y$ ,  $z$  градиент записывается уравнением

$$\overline{\text{grad} T} = \frac{\partial T}{\partial x} i + \frac{\partial T}{\partial y} j + \frac{\partial T}{\partial z} k. \quad (3.7)$$

Подобным образом для характеристики поля концентрации  $C$  для одного направления

$$\overline{\text{grad} C} = \frac{\partial C}{\partial n} \bar{n}, \quad (3.8)$$

разница потенциалов в двух точках рассматриваемого пространства.

Разность потенциалов в двух точках температурного поля есть разность температур. Аналогично в качестве движущей силы других технологических процессов выступает, например, разность концентраций или разность химических потенциалов. В целом ряде процессов движущей силой является механическая сила.

Рассмотрим точечный источник теплоты  $q$  в плоском сечении



а для пространства

$$\overline{\text{grad}C} = \frac{\partial C}{\partial x}i + \frac{\partial C}{\partial y}j + \frac{\partial C}{\partial z}k. \quad (3.9)$$

Понятие «градиент» является универсальным для характеристики любого поля.

### 3.3. ЗАКОНЫ ПЕРЕНОСА МАССЫ И ЭНЕРГИИ

Экономическая эффективность любого производства в значительной степени зависит от скорости протекания технологических процессов. Эта скорость тем больше, чем больше движущая сила, и тем меньше, чем больше сопротивление осуществляемому действию. Эти тривиальные рассуждения можно выразить уравнением

$$L = (1/R)\Delta, \quad (3.10)$$

где  $L$  — скорость протекания процесса;  $R$  — сопротивление переносу;  $\Delta$  — движущая сила.

Величину  $1/R$  можно заменить проводимостью  $K$ , и полученное выражение примет вид

$$L = K\Delta. \quad (3.11)$$

Это выражение носит название *основного (общего) кинетического уравнения*. Зная движущую силу конкретного процесса, воспользовавшись общим кинетическим уравнением, можем получить основное уравнение для любого процесса.

Для процесса теплопередачи

$$q = k\Delta t, \quad (3.12)$$

где  $q$  — скорость переноса теплоты, удельный тепловой поток, Дж/(м<sup>2</sup>·К·с);  $k$  — коэффициент теплопередачи, Дж/(м<sup>2</sup>·К·с) [или Вт/(м<sup>2</sup>·К)];  $\Delta t$  — движущая сила, т. е. средняя разность температур, К (или °С).

Тепловой поток — это количество теплоты, переносимое через единицу поверхности в единицу времени,

$$q = Q/F\tau, \quad (3.13)$$

где  $Q$  — количество теплоты, Дж;  $F$  — площадь поверхности, через которую передается теплота, м<sup>2</sup>;  $\tau$  — время, с.

Для процесса массопередачи

$$m = K_m\Delta C, \quad (3.14)$$

где  $m$  — удельный поток массы, кг/(м<sup>2</sup>·с);  $K_m$  — коэффициент массопереда-

чи, размерность которого зависит от размерности концентрации, например,  $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot (\text{кг}/\text{м}^3)\text{с})$  либо  $(\text{м}/\text{с})$ ;  $\Delta C$  — движущая сила — средняя разность концентраций,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

$$m = M/F\tau, \quad (3.15)$$

где  $M$  — количество переносимого вещества,  $\text{кг}$ ;  $F$  — площадь поверхности, через которую осуществляется перенос,  $\text{м}^2$ ;  $\tau$  — время,  $\text{с}$ .

Для гидродинамических процессов, например для фильтрования,

$$V/F\tau = v = K\Delta p, \quad (3.16)$$

где  $V$  — объем получаемого фильтрата,  $\text{м}^3$ ;  $F$  — площадь, через которую осуществляется фильтрование,  $\text{м}^2$ ;  $\tau$  — время,  $\text{с}$ ;  $v$  — скорость фильтрования,  $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$  или  $\text{м}/\text{с}$ ;  $K$  — коэффициент, характеризующий проводимость фильтрующей перегородки,  $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{Па})$ ;  $\Delta p$  — разность давлений,  $\text{Па}$ .

Последнее уравнение известно в литературе как уравнение фильтрования Дарси.

Приведенные выше кинетические уравнения различных процессов получены нами из основного кинетического уравнения, что демонстрирует единство материального мира. Еще более убедительно это единство проявляется при анализе дифференциальных уравнений, описывающих рассмотренные нами процессы.

Анализ общего кинетического уравнения (3.11) показывает, что увеличить скорость процесса можно, увеличивая движущую силу либо уменьшая сопротивление. В этом состоит принцип интенсификации технологических процессов.

### 3.4. КЛАССИФИКАЦИЯ ОСНОВНЫХ ПРОЦЕССОВ

Все процессы по движущей силе и типу переноса можно разделить следующим образом (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Классификация основных процессов

Тип переноса	Движущая сила	Процессы	Технологические операции
Перенос количества движения	Механическая сила, давление	Механические, гидромеханические	Дробление, резание, сортирование, прессование, отстаивание, фильтрование
Перенос теплоты	Разность температур	Тепловые	Нагревание, охлаждение, выпаривание, конденсация
Перенос массы	Разность концентраций	Массообменные	Сушка, экстракция, адсорбция, абсорбция, кристаллизация, растворение, перегонка

Данная классификация затрагивает лишь основные процессы пищевых производств. Сюда не вошли процессы, характерные для отдельных отраслей, например химические, биохимические, микробиологические и т. д., которые изучаются в разделах специальной технологии.

### 3.5. ПРИНЦИПЫ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Технологический процесс может быть осуществлен при различных параметрах. При этом затраты энергии, скорость процесса, а следовательно, выход продукции, затраты живого труда, материалов и т. д. различны. Совершенствование производства направлено на поиск таких режимов, при которых затраты были бы наименьшими, а выход — наибольшим. Такой поиск называется *оптимизацией*, а режим работы аппарата в наилучших условиях — *оптимальным*. Для оценки эффективности процесса на основании экспериментальных и теоретических исследований выводится критерий оптимизации, куда входят параметры, противоположно влияющие на процесс. Оптимизация при этом будет означать поиск компромисса между этими параметрами.

Начнем с того, что каждый процесс может быть периодическим или непрерывным. Для промышленных производств наиболее предпочтительны непрерывные процессы. Это и более высокая производительность соответствующих аппаратов, и снижение затрат на автоматизацию управления процессом, и постоянство качественных показателей выходящей продукции. При периодической работе аппарата возникают большие потери теплоты и механической энергии. Это связано с остановкой аппарата для его разгрузки, а затем с пуском его в работу и выводом на рабочий режим. Первый принцип оптимизации технологических процессов постулировал проф. В. Н. Стабников с сотрудниками: «Оптимально организованный процесс — это, как правило, непрерывный, автоматически управляемый процесс».

В каждом непрерывном процессе можно по-разному организовать движение взаимодействующих потоков. Можно направить потоки навстречу друг другу (*противоток*); можно направить их в одном направлении (*прямоток*); можно организовать *перекрестное* движение потоков. Вопрос о преимуществах способа организации движения взаимодействующих потоков должен решаться с учетом конкретных условий. Однако в большинстве случаев оптимальным является противоточное движение взаимодействующих потоков.

Кроме направления движения потоков интенсивность процесса переноса зависит также от площади поверхности, через которую происходит перенос. Если взаимодействующие потоки пере-

мешиваются, то интенсивность тем выше, чем чаще встречаются друг с другом свежие, ранее не вступавшие в контакт их части. Поверхность контакта как бы непрерывно обновляется. Этот процесс тем лучше, чем выше турбулизация потоков и скорость их движения. Поверхность контакта можно увеличить, если распылять один компонент в другом, например жидкость в газе.

Оптимизация процесса предполагает также максимальную утилизацию теплоты. Поэтому покидающие аппарат потоки, имеющие высокую температуру, могут быть использованы для подогрева других потоков, участвующих в производстве. Кроме того, современное производство немислимо без решения проблем охраны окружающей среды, исключения вредных выбросов. Наши представления об оптимальных процессах сегодня тесно связаны с созданием замкнутых безотходных энергосберегающих технологий, с полной утилизацией отходов и рекуперацией теплоты.

*Наибольшие трудности расчета связаны с определением кинетического коэффициента переноса, учитывающего сопротивление. Этот коэффициент зависит от множества факторов: свойств взаимодействующих фаз, скорости их движения и, самое главное, режима движения на границах раздела. Несмотря на наличие большого объема экспериментальных сведений о различных конкретных процессах, современная наука о процессах и аппаратах еще не располагает единой аналитической теорией расчета кинетических коэффициентов.*

#### *Контрольные вопросы*

1. Какие основные законы природы используются при расчете процессов?
2. Что называется движущей силой процесса? Какие движущие силы вы знаете?
3. Что учитывает основное кинетическое уравнение?
4. По каким признакам классифицируются технологические процессы?

## **Глава 4**

### **ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПОДОБИЯ. ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ ПОДОБИЕ**

Инженерная практика еще с древних времен всегда шла вперед науки и решала свои задачи методом проб и ошибок. Масштабы и сложность промышленного производства заставили ставить эксперименты на малых *моделях*, в которых осуществляют процесс, *подобный* реальному. Правила построения модели, отвечающей этим требованиям, устанавливает теория подобия. В ходе экспериментов на моделях изучают закономерности изменения отдельных параметров процесса в зависимости от изменения других параметров. Полученные результаты обобщают в виде *критериальных уравнений*, по которым рассчитывают реальные процессы в

реальных аппаратах. Этот способ изучения процессов, требующий создания реальной физической модели, получил название *физического моделирования*.

Средства вычислительной техники позволяют облегчить получение этих результатов. Для этого достаточно описать процесс с помощью дифференциальных уравнений, создать *математическую модель* процесса. Система таких уравнений содержит, как правило, число неизвестных, которое превышает число уравнений, и не может быть решена обычным путем. С помощью современных ЭВМ такая система может быть решена численными методами.

К сожалению, математическое моделирование возможно только для тех процессов, для которых накоплен достаточный объем знаний и которые уже описаны дифференциальными уравнениями. На практике мы часто сталкиваемся с процессами, которые из-за сложности физических явлений невозможно описать математически. Например, хорошо известное и сопровождающее все процессы переноса явление перемешивания в жидкостях и газах до сих пор не получило достоверного математического описания. Поэтому современные исследования оптимальных условий явлений переноса сопровождаются большим объемом экспериментов. Для того чтобы сократить объем экспериментов, инженер располагает теорией математического планирования экспериментов, с основами которой можно ознакомиться в специальной литературе.

Как уже отмечалось, по экономическим соображениям эксперименты выполняются не в промышленных аппаратах, а на моделях. При этом накопленные теоретические знания как бы объединяются с экспериментальными. Такой метод исследования получил название синтетического в отличие от аналитического, основанного на строгих уравнениях, описывающих изучаемое явление, или от экспериментального, основанного на опыте.

Современная наука накопила достаточный объем аналитических и эмпирических знаний, которые, будучи представлены в виде расчетных аналитических или критериальных уравнений, могут быть использованы для расчета практически любых процессов и аппаратов.

Ниже, на примере гидромеханических процессов, мы покажем, как были получены некоторые теоремы, формулирующие условия подобия физических явлений, правила построения моделей, порядок выполнения экспериментов на моделях и представление полученных результатов в форме критериальных уравнений.

#### 4.1. УРАВНЕНИЯ НАВЬЕ — СТОКСА

Учитывая все физические свойства жидкости ( $\rho = \text{const}$ ;  $\mu = \text{const}$ ), рассмотрим наиболее общий случай движения жидкости. Сформулируем задачу без каких-либо ограничений, т. е. рас-

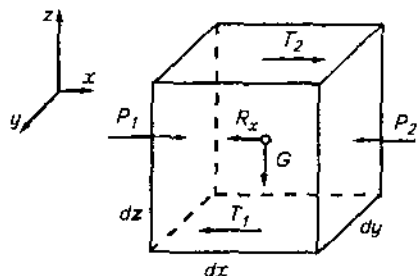


Рис. 4.1. К выводу уравнения Навье — Стокса

смотрим поток вязкой несжимаемой однородной жидкости, движущийся с постоянной скоростью  $w$  в любой точке мирового пространства. На любой элементарный параллелепипед с ребрами  $dx$ ,  $dy$ ,  $dz$ , который можем выделить внутри такого потока жидкости (рис. 4.1), действуют следующие силы: сила тяжести  $G$ , силы давления  $P$ , направленные перпендикулярно к граням параллелепипеда, силы трения  $T$ , действующие вдоль

граней, и сила инерции  $R$ , направление которой зависит от направления ускорения.

Для начала рассмотрим движение выделенного жидкого объема только вдоль оси  $x$ , заменив действие на параллелепипед отброшенных объемов соответствующими силами:

1. Поверхностные нормальные силы  $P_1$  и  $P_2$  действуют на грани, площадь которых  $dydz$  справа и слева

$$P_1 = p dydz. \quad (4.1)$$

Предположим, что давление  $p$  возрастает в направлении  $x$ , тогда

$$P_2 = \left( p + \frac{\partial p}{\partial x} dx \right) dydz. \quad (4.2)$$

2. Поверхностные касательные силы трения на верхней и нижней гранях

$$T_1 = \sigma dx dy, \quad (4.3)$$

$$T_2 = \left( \sigma + \frac{\partial \sigma}{\partial z} dz \right) dx dy, \quad (4.4)$$

где  $\sigma$  — напряжение сдвига,  $\text{Н/м}^2$ .

В соответствии с законом Ньютона для вязкого трения, изменяющееся вдоль оси  $z$  касательное напряжение

$$\sigma = \mu \frac{\partial w_x}{\partial z},$$

где  $\mu$  — коэффициент динамической вязкости,  $\text{Па} \cdot \text{с}$ .

Направления сил  $T_1$  и  $T_2$  выбраны нами произвольно из предположения, что нижние слои жидкости тормозят движение вдоль

оси  $x$ , а верхние, наоборот, увлекают параллелепипед в это движение.

3. Массовые силы:

сила тяжести, действующая на элементарный параллелепипед,

$$G_x = dm g_x = \rho dx dy dz g_x; \quad (4.5)$$

сила инерции

$$R_x = dm \frac{dw_x}{d\tau} = \rho dx dy dz \frac{dw_x}{d\tau}, \quad (4.6)$$

где  $\rho$  — плотность жидкости, из которой состоит параллелепипед, кг/м<sup>3</sup>.

Применяя правило Д'Аламбера, запишем условия равновесия для движения вдоль оси  $x$ :

$$P_1 - P_2 - T_1 + T_2 + G_x - R_x = 0. \quad (4.7)$$

Заметим, что в общем случае, когда ось  $z$  не вертикальна, сила тяжести проецируется на ось  $x$ .

Подставив записанные ранее выражения для отдельных сил в уравнение (4.7), получим

$$\begin{aligned} & p dy dz - \left( p + \frac{\partial p}{\partial x} dx \right) dy dz - \sigma dx dy + \\ & + \left( \sigma + \frac{\partial \sigma}{\partial z} dz \right) dx dy + \rho dx dy dz g_x - \rho dx dy dz \frac{dw_x}{d\tau} = 0. \end{aligned} \quad (4.8)$$

Раскрыв скобки и поделив последнее уравнение на  $dx dy dz$ , получим

$$-\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial \sigma}{\partial z} + \rho g_x - \rho \frac{dw_x}{d\tau} = 0. \quad (4.9)$$

Входящая в это уравнение в частных производных полная производная скорости  $\frac{dw_x}{d\tau}$  требует отдельного рассмотрения. Скорость движения выделенного бесконечно малого объема в направлении оси  $x$  зависит от его положения в пространстве (от координат) и от времени, т. е. является функцией четырех переменных:

$$w_x = f(x, y, z, \tau).$$

В свою очередь, положение этого объема в пространстве (координаты) также зависит от времени:

$$x = f_1(\tau); \quad y = f_2(\tau); \quad z = f_3(\tau).$$

Полная производная такой сложной функции примет вид

$$\frac{dw_x}{d\tau} = \frac{\partial w_x}{\partial x} \frac{dx}{d\tau} + \frac{\partial w_x}{\partial y} \frac{dy}{d\tau} + \frac{\partial w_x}{\partial z} \frac{dz}{d\tau} + \frac{\partial w_x}{\partial \tau}. \quad (4.10)$$

Заметим, что входящие в это уравнение множители — производные  $\frac{dx}{d\tau}$ ,  $\frac{dy}{d\tau}$  и  $\frac{dz}{d\tau}$  — являются скоростями по соответствующим направлениям. В связи с этим выражение (4.10) можно представить в виде

$$\frac{dw_x}{d\tau} = w_x \frac{\partial w_x}{\partial x} + w_y \frac{\partial w_x}{\partial y} + w_z \frac{\partial w_x}{\partial z} + \frac{\partial w_x}{\partial \tau}. \quad (4.11)$$

Выражение (4.11) характеризует изменение какого-либо параметра или свойства материи (субстанции) при перемещении ее в пространстве и получило название субстанциональной производной.

Для принятого нами одномерного движения

$$w_y = 0 \text{ и } w_z = 0$$

выражение ускорения, вызывающего силу инерции, примет вид

$$\frac{dw_x}{d\tau} = \frac{\partial w_x}{\partial \tau} + w_x \frac{\partial w_x}{\partial x}. \quad (4.12)$$

Как видим, к привычному нам представлению ускорения как изменению скорости во времени добавляется еще одно слагаемое, характеризующее *изменение скорости в пространстве в один и тот же момент времени*. Последнее связано с перемешиванием внутри сплошной среды и называется *конвективным* изменением скорости.

Теперь упростим второе слагаемое в уравнении (4.9). Вспомним, что

$$\sigma = \mu \frac{\partial w_x}{\partial z}.$$

Продифференцируем это выражение:

$$\frac{\partial \sigma}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left( \mu \frac{\partial w_x}{\partial z} \right) = \mu \frac{\partial^2 w_x}{\partial z^2}.$$

В общем случае составляющая скорости  $w_x$  из-за проявления



сил трения изменяется не только в направлении  $z$ , но и в направлении  $y$  и  $x$ . Поэтому

$$\frac{\partial \sigma}{\partial z} + \frac{\partial \sigma}{\partial y} + \frac{\partial \sigma}{\partial x} = \mu \left( \frac{\partial^2 w_x}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 w_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w_x}{\partial x^2} \right) = \mu \nabla^2 w_x,$$

где  $\nabla^2$  — сумма вторых производных по осям (оператор Лапласа).

После преобразования уравнение (4.9) примет следующий вид:

$$-\frac{\partial p}{\partial x} + \mu \nabla^2 w_x + \rho g_x = \rho w_x \frac{\partial w_x}{\partial x} + \rho \frac{\partial w_x}{\partial \tau}. \quad (4.13)$$

Если повторить все проделанные преобразования для направлений  $y$  и  $z$ , получим систему уравнений:

$$\begin{cases} -\frac{\partial p}{\partial x} + \mu \nabla^2 w_x + \rho g_x = \rho w_x \frac{\partial w_x}{\partial x} + \rho \frac{\partial w_x}{\partial \tau}; \\ -\frac{\partial p}{\partial y} + \mu \nabla^2 w_y + \rho g_y = \rho w_y \frac{\partial w_y}{\partial y} + \rho \frac{\partial w_y}{\partial \tau}; \\ -\frac{\partial p}{\partial z} + \mu \nabla^2 w_z + \rho g_z = \rho w_z \frac{\partial w_z}{\partial z} + \rho \frac{\partial w_z}{\partial \tau}. \end{cases} \quad (4.14)$$

Эти уравнения получены независимо в 1822 г. французским ученым А. Навье и английским ученым Д. Стоксом и получили название *уравнений Навье — Стокса*.

В начале вывода мы сказали, что будем рассматривать наиболее общий случай движения несжимаемой жидкости, вводя как можно меньше ограничений. С этой точки зрения полученные уравнения являются фундаментальными. Однако практическая значимость их оказалась весьма ограниченной из-за невозможности получить решение в общем виде. Известны решения только для некоторых частных случаев. Таким решением, например, является полученное для установившегося ламинарного движения уравнение Пуазейля, которое было выведено автором другим способом. Трудности решения системы уравнений Навье — Стокса связаны со многими обстоятельствами. Во-первых, система, состоящая из трех уравнений, объединяет 13 неизвестных  $f(p, w_x, w_y, w_z, g_x, g_y, g_z, x, y, z, \tau, \rho, \mu) = 0$  и требует для решения введения дополнительно еще 10 уравнений. Уравнения Навье — Стокса описывают класс явлений, связанных с любым движением жидкости. Конкретизируя задачу, мы можем сформулировать целый ряд условий, например, движение воды (известны плотность  $\rho$  и вязкость  $\mu$ ) осуществляется в круглой трубе диаметром  $d$  и длиной  $l$ , причем обеспе-

чивается расход воды  $W$ . Таким образом, эта конкретизация позволяет записать дополнительно еще по крайней мере пять уравнений, в том числе уравнения расхода и потерь напора. Подобные дополнительные условия позволяют из класса явлений однозначно выделить одно и потому называются *условиями однозначности*. К ним относятся: геометрические характеристики потока; основные физические свойства среды; граничные условия, показывающие, что происходит на границах рассматриваемого потока в данный момент времени; начальные условия.

Даже если бы удалось, используя условия однозначности и пойдя на допустимые упрощения, замкнуть систему уравнений, аналитически решить ее было бы невозможно из-за трудностей, связанных с интегрированием уравнений в частных производных.

Покажем метод преобразования уравнений Навье — Стокса на основе *теории подобия*, который можно рассматривать как *искусственное решение системы*.

## 4.2. ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ ПОДОБИЕ

Общеизвестны условия геометрического подобия. Для двух плоских фигур, изображенных на рис. 4.2, эти условия могут быть записаны так:

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{b_1}{b_2} = \frac{c_1}{c_2} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{e_1}{e_2} = \frac{f_1}{f_2} = k_f. \quad (4.15)$$

В общем случае это условие можно сформулировать коротко:

$$\frac{l_1}{l_2} = k_f, \quad (4.16)$$

т. е. для двух геометрически подобных фигур отношение любых сходных линейных размеров — величина постоянная. Эта посто-

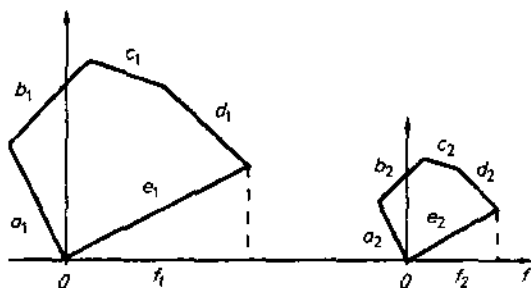


Рис. 4.2. Геометрическое подобие

янная величина  $k_1$  называется *множителем масштабного преобразования*.

Площади поверхности указанных фигур будут относиться друг к другу как квадраты их линейных размеров:

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{l_1^2}{l_2^2} = k_S. \quad (4.17)$$

Тогда условие геометрического подобия площадей можно выразить через множители масштабного преобразования длин:

$$k_S = k_l^2. \quad (4.18)$$

Это справедливо и для объемов двух геометрически подобных тел:

$$k_V = k_l^3, \quad (4.19)$$

или

$$k_V = k_S k_l. \quad (4.20)$$

Условие подобия фигур на рис. 4.2 можно записать иначе:

$$\frac{a_1}{b_1} = \frac{a_2}{b_2} = i_l = \text{const.}$$

Другими словами, в случае геометрического подобия отношение между двумя величинами, имеющими одинаковую размерность для одной системы, равно отношению соответствующих величин другой системы. Это отношение получило название *инвариант подобия*.

Заметим, что для подобных систем справедливо представление инвариантов подобия для объемов в следующем виде:

$$\frac{V_1}{l_1^3} = \frac{V_2}{l_2^3} = 1. \quad (4.21)$$

С другой стороны,

$$V_1 = k_V V_2, \text{ а}$$

$$l_1 = k_l l_2.$$

Подставив в уравнение (4.21) значения  $V_1$  и  $l_1$ , получим

$$\frac{k_V V_2}{k_l^3 l_2^3} = \frac{V_2}{l_2^3}.$$

Это справедливо, если

$$\frac{k_V}{k_l^3} = 1.$$

Инварианты подобия могут быть представлены комплексом отношений соответствующих множителей масштабного преобразования, что будет использовано нами далее.

Аналогично можно предположить, что существует возможность сформулировать и условия подобия физических явлений, которые будут гораздо сложнее геометрических.

*Подобными* называются явления, которые в общем и в подробностях полностью повторяют друг друга в различных масштабах. Это определение предполагает, что кроме геометрического подобия (необходимого, но недостаточного) для двух подобных явлений должно соблюдаться *физическое подобие*.

### 4.3. ФИЗИЧЕСКОЕ ПОДОБИЕ

По аналогии с геометрическими условиями для физического подобия мы вправе также потребовать выполнения равенства определенных инвариантов. Рассматривая подобные явления, происходящие в модели и в реальном объекте, мы можем записать, как и раньше для физических свойств жидкости,

$$\frac{\mu_1}{\mu_2} = k_\mu; \quad \frac{\rho_1}{\rho_2} = k_\rho,$$

где индексы 1 в сомножителях относятся к модели, а индексы 2 — к реальному аппарату;  $k_\mu$  и  $k_\rho$  — множители масштабного преобразования соответственно вязкости и плотности.

Для других физических параметров получим:

$$\frac{w_1}{w_2} = k_w; \quad \frac{p_1}{p_2} = k_p; \quad \frac{F_1}{F_2} = k_F,$$

где  $k_w$ ,  $k_p$ ,  $k_F$  — множители масштабного преобразования скорости, давления и силы,

подобно

$$\frac{\tau_1}{\tau_2} = k_\tau,$$

где  $k_\tau$  — множитель масштабного преобразования времени, условие гомохронности.

#### 4.4. КРИТЕРИИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ПОДОБИЯ. ПОДОБНОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ УРАВНЕНИЙ НАВЬЕ — СТОКСА

Вернемся теперь к нерешенной нами системе уравнений Навье — Стокса (4.14) и перепишем первое из них для направления  $x$ :

$$-\frac{\partial p}{\partial x} + \mu \nabla^2 w_x + \rho g_x = \rho w_x \frac{\partial w_x}{\partial x} + \rho \frac{\partial w_x}{\partial \tau}.$$

$$\begin{array}{cccccc} \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow \\ P & & T & & G & & R_2 & & R_1 \end{array}$$

Под соответствующими слагаемыми этого уравнения укажем для памяти те силы, которые они представляют. Здесь сила  $R_1$  — сила инерции первого рода, связанная с изменением скорости во времени, а сила  $R_2$  — сила инерции второго рода, связанная с изменением скорости в пространстве в один и тот же момент времени.

Имея в виду, что нами рассматриваются два подобных явления, напишем теперь это уравнение для модели (индекс 1) и для реального объекта (индекс 2). Для удобства индекс  $x$  в дальнейшем писать не будем.

$$-\frac{\partial p_1}{\partial x_1} + \mu_1 \nabla^2 w_1 + \rho_1 g_1 = \rho_1 w_1 \frac{\partial w_1}{\partial x_1} + \rho_1 \frac{\partial w_1}{\partial \tau_1}; \quad (4.22)$$

$$-\frac{\partial p_2}{\partial x_2} + \mu_2 \nabla^2 w_2 + \rho_2 g_2 = \rho_2 w_2 \frac{\partial w_2}{\partial x_2} + \rho_2 \frac{\partial w_2}{\partial \tau_2}. \quad (4.23)$$

Используя множители масштабного преобразования, перепишем уравнение (4.23), заменив в нем соответствующие величины для реального объекта величинами для модели:

$$\begin{aligned} -\frac{k_p}{k_l} \frac{\partial p_1}{\partial x_1} + k_\mu \mu_1 \frac{k_w}{k_l^2} \nabla^2 w_1 + k_p \rho_1 \cdot k_g g_1 = \\ = k_p \rho_1 k_w w_1 \frac{k_w}{k_l} \frac{\partial w_1}{\partial x_1} + k_p \rho_1 \frac{k_w \partial w_1}{k_\tau \partial \tau_1}. \end{aligned} \quad (4.24)$$

Поясним, что множители масштабного преобразования являются константами подобия, а второе слагаемое получено нами следующим образом:

$$\begin{aligned} \mu_2 \nabla^2 w_2 &= \mu_2 \left( \frac{\partial}{\partial x_2} \frac{\partial w_2}{\partial x_2} + \frac{\partial}{\partial y_2} \frac{\partial w_2}{\partial y_2} + \frac{\partial}{\partial z_2} \frac{\partial w_2}{\partial z_2} \right) = \\ &= k_p \mu_1 \frac{k_w}{k_l^2} \left( \frac{\partial}{\partial x_1} \frac{\partial w_1}{\partial x_1} + \frac{\partial}{\partial y_1} \frac{\partial w_1}{\partial y_1} + \frac{\partial}{\partial z_1} \frac{\partial w_1}{\partial z_1} \right) = k_p \mu_1 \frac{k_w}{k_l^2} \nabla^2 w_1. \end{aligned}$$

Сравнивая уравнения (4.22) и (4.24), приходим к выводу, что уравнение (4.24) справедливо только в том случае, если комплексные множители, составленные из множителей масштабного преобразования, равны между собой:

$$\frac{k_p}{k_l} = \frac{k_\mu k_w}{k_l^2} = k_p k_g = \frac{k_p k_w^2}{k_l} = \frac{k_p k_w}{k_\epsilon} \quad (4.25)$$

$$\begin{array}{ccccc} \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ P & T & G & R_2 & R_1 \end{array}$$

Такие комплексные множители получили название *индикаторов подобия*.

Выражение (4.25) формулирует условия подобия для двух явлений через равенство индикаторов подобия. Полагая, что эти комплексные множители несут в себе физический смысл тех слагаемых, от которых они получены, можем, как и раньше, подписать под ними соответствующие силы.

Сравним теперь между собой силы, действующие в системе, используя индикаторы подобия. Удобно сравнивать все действующие в системе силы с силой инерции  $R_2$ .

Сравнивая силу давления  $P$  с силой  $R_2$ , получим

$$\frac{P}{R_2} \rightarrow \frac{k_p}{k_l} \frac{k_l}{k_p \frac{k_w^2}{k_l}} = 1 \quad \text{или} \quad \frac{k_p}{k_p k_w^2} = 1.$$

Заменяя множители масштабного преобразования отношением соответствующих величин, получим

$$\frac{P_1}{P_2} = 1 \quad \text{или} \quad \frac{P_1}{\rho_1 w_1^2} = \frac{P_2}{\rho_2 w_2^2}.$$

Если бы мы рассматривали не два, а несколько подобных явлений, указанное равенство оказалось бы справедливым для любого из них:

$$\frac{P_1}{\rho_1 w_1^2} = \frac{P_2}{\rho_2 w_2^2} = \dots = \frac{P}{\rho w^2} = \text{idem} \quad (\text{одно и то же}).$$

Полученный безразмерный комплекс величин, одинаковый

для всех подобных явлений, получил название *критерия Эйлера*:

$$Eu = \frac{P}{\rho w^2}. \quad (4.26)$$

Хотя критерий не имеет размерности, не следует забывать о его физическом смысле:

$$\text{Критерий Эйлера} = \frac{\text{Сила давления}}{\text{Сила инерции}}.$$

Другими словами, критерий Эйлера является мерой отношения сил давления и сил инерции, действующих в системе. Он отражает влияние перепада гидростатического давления на движение жидкости.

Сравним далее силу вязкого трения  $T$  с силой инерции  $R_2$ , используя соответствующие инварианты подобия

$$\frac{T}{R_2} \rightarrow \frac{\frac{k_\mu k_w}{k_l^2}}{\frac{k_\rho k_w^2}{k_l}} = 1 \quad \text{или} \quad \frac{k_\mu}{k_\rho k_w k_l} = 1.$$

Аналогично предыдущему имеем

$$\frac{\mu_1}{\rho_1 w_1 l_1} = \frac{\mu_2}{\rho_2 w_2 l_2} = 1;$$

$$\frac{\mu_1}{\rho_1 l_1 w_1} = \frac{\mu_2}{\rho_2 l_2 w_2} = \dots = \frac{\mu}{\rho l w} = \text{idem.}$$

Для практического использования полученный безразмерный комплекс оказался неудобным, и в качестве критерия принята обратная его величина

$$\frac{w l \rho}{\mu} = Re \quad \text{— критерий Рейнольдса.} \quad (4.27)$$

*Критерий Рейнольдса* является мерой отношения сил инерции и сил вязкого трения в системе

$$\text{Критерий Рейнольдса} = \frac{\text{Сила инерции}}{\text{Сила трения}},$$

т. е. отражает влияние сил трения на движение жидкости.

Блестящее экспериментальное подтверждение справедливости теории подобия было дано английским исследователем О. Рейнольдсом, имя которого и носит полученный выше критерий. Рейнольдс установил существование двух режимов движения жидкости: ламинарного (слоистого), когда влияние сил трения достаточно велико и численные значения критерия для круглых труб  $Re < 2320$ , и турбулентного, сопровождающегося перемешиванием, когда влияние силы трения падает. Строго говоря, совершенное перемешивание в потоке наблюдается при  $Re > 13\,800$ .

В пределах изменения значений  $2320 < Re < 13\,800$  имеет место так называемый переходный режим движения жидкости, где вначале в силу инерционности может сохраняться ламинарное течение, которое не является устойчивым и легко разрушается любыми внешними воздействиями.

Сравнивая влияние сил тяжести и инерции, получим

$$\frac{G}{R_2} \rightarrow \frac{k_p k_g}{k_p \frac{k_w^2}{k_l}} = 1; \quad \frac{k_g k_l}{k_w^2} = 1;$$

$$\frac{g_1 l_1}{w_1^2} = \frac{g_2 l_2}{w_2^2} = \dots = \frac{gl}{w^2} = \text{idem.}$$

Как и в предыдущем случае, удобнее пользоваться обратным значением комплекса, получившего название *критерия Фруда*,

$$\frac{w^2}{gl} = Fr. \quad (4.28)$$

Критерий Фруда является мерой отношения силы инерции и силы тяжести:

$$\text{Критерий Фруда} = \frac{\text{Сила инерции}}{\text{Сила тяжести}},$$

Этот критерий позволяет сравнивать механические силы, действующие в системе, с силами тяжести. Например, в центробежном поле он является характеристикой интенсивности.

Наконец, сравнивая силы инерции первого  $R_1$  и второго  $R_2$  рода, получим

$$\frac{R_1}{R_2} \rightarrow \frac{\frac{k_p k_w}{k_\tau}}{\frac{k_p k_w^2}{k_l}} = 1; \quad \frac{k_l}{k_w k_\tau} = 1;$$



$$\frac{l_1}{w_1 \tau_1} = \frac{l_2}{w_2 \tau_2} = \dots = \frac{l}{w \tau} = \text{idem.}$$

Полученный критерий гомохронности — единственный критерий, содержащий время, является характеристикой неустановившихся процессов:

$$\frac{w \tau}{l} = \text{Ho.} \quad (4.29)$$

Возвратимся теперь к тому месту наших рассуждений, где нам удалось сформулировать условия подобия в виде равенства индикаторов подобия (4.25). Мы исходили из уравнений (4.22) и (4.23), записанных для двух подобных явлений. Следовательно, полученные критерии являются одинаковыми (idem) только для подобных явлений. Этот вывод сформулирован в первой теореме подобия — теореме Ньютона: *подобные явления в сходственных точках имеют численно равные значения безразмерных критериев*. Но сами равенства (4.25) были нами получены из дифференциальных уравнений Навье — Стокса (4.22) и (4.23), т. е. правомерен следующий вывод, который сформулирован во второй теореме подобия: *решение любого дифференциального уравнения, связывающего между собой переменные, влияющие на процесс, может быть представлено в виде зависимости между безразмерными комплексами этих величин, т. е. в виде критериального уравнения*. Эта теорема была сформулирована и доказана независимо Бэкингом, Федерманом и Афанасьевой — Эренфест.

Дифференциальные уравнения (4.22) и (4.23) можно записать в виде функции

$$f(p, w, g, x, y, z, \tau, \mu, \rho) = 0. \quad (4.30)$$

Используя данные критерии вместо этой функции, получим

$$f_1(\text{Eu}, \text{Re}, \text{Fr}, \text{Ho}) = 0. \quad (4.31)$$

Таким образом, исходные дифференциальные уравнения связывали 9 переменных (4.30), а полученная нами функция (4.31) связывает 4 переменных.

Каждая из таких новых переменных (критерий) обобщает несколько переменных из функции (4.30) и называется *обобщенной переменной*. Значение теории подобия не исчерпывается уменьшением числа переменных. Как будет показано ниже, она дает возможность построить модели, в которых осуществляются подобные процессы, и, получив опытные данные на этих моделях, записать функцию (4.31) в явном виде.

Так как в практических задачах, связанных с движением жид-

кости, определяют необходимый перепад давления, то функцию (4.31) записывают в следующем виде:

$$Eu = f_2(Re, Fr, Ho). \quad (4.32)$$

Поэтому критерий  $Eu$  выступает здесь как *определяемый*, а все другие — *определяющими*. Анализируя величины, входящие в определяющие критерии, можно показать, что они составлены только из величин, входящих в условия однозначности. Это позволяет сформулировать третью теорему подобия — теорему М. В. Кирпичева и А. А. Гухмана: *подобны те явления, которые описываются одной и той же системой дифференциальных уравнений и у которых соблюдается подобие условий однозначности.*

Из подобных условий однозначности вытекает равенство определяющих критериев, поэтому третью теорему можно сформулировать иначе: *явления подобны, если их определяющие критерии равны.*

Обобщая полученные результаты, можем наметить пути выполнения исследования процесса на основе теории подобия. Прежде всего необходимо получить математическое описание процесса, т. е. дифференциальное уравнение или систему таких уравнений. Затем установить подобные условия однозначности для объекта и модели и построить модель. Далее выполнить подобное преобразование уравнений и найти критерии подобия, составляющие уравнение типа (4.32). Остается провести на моделях необходимые серии экспериментов в установленных пределах изменения каждого критерия, найти коэффициенты и показатели степени для критериального уравнения на основе функции (4.32).

На примере равномерного движения жидкости рассмотрим методику получения критериального уравнения. Для этого установленного процесса (скорость не изменяется во времени) неизменными считаем все физические константы. Уравнение (4.32) упростится:

$$Eu = f(Re, Fr). \quad (4.33)$$

Критерий  $Ho$  выпадает из рассмотрения, так как по смыслу он характеризует неустановившиеся процессы. Перепишем функцию (4.33) в форме степенной функции:

$$Eu = A Re^m Fr^n. \quad (4.34)$$

Чтобы получить уравнение в явном виде, необходимо численно определить значения постоянных  $A$ ,  $m$  и  $n$ . Для этого проводят ряд экспериментов на модели, в которых измеряют и определяют величины, входящие в критерии  $Eu$ ,  $Re$  и  $Fr$ . Затем рассчитывают и записывают в таблицу численные значения критерия  $Eu$  в зависимости от значений критериев  $Re$  и  $Fr$ . Полученные значения фун-

кий обрабатывают с помощью ЭВМ или известным способом с помощью логарифмических графиков, определяют средние значения постоянных  $A$ ,  $m$  и  $n$ . Полученное критериальное уравнение справедливо только в диапазоне изменения параметров во время экспериментов.

#### 4.5. МЕТОД АНАЛИЗА РАЗМЕРНОСТЕЙ. $\pi$ -ТЕОРЕМА

Описанный выше метод решения дифференциальных уравнений на основе обобщенных переменных — критериев, хотя и требует выполнения моделирования для установления численного значения коэффициентов критериального уравнения, является теоретически строгим и широко используется в современной инженерной практике.

Но этот метод годится для исследования процессов, которые уже математически описаны. А как быть, если новый, еще неисследованный процесс не имеет математического описания? В этом случае критериальное уравнение может быть получено методом анализа размерностей. Возможность применения метода анализа размерностей открыла  $\pi$ -теорема, сформулированная и доказанная Бэкингом: *всякое уравнение, связывающее  $N$  количество физических и геометрических величин, размерность которых выражена через  $n$  основных единиц измерения, может быть преобразовано в уравнение подобия, связывающее  $\pi$  критериев, где*

$$\pi = N - n. \quad (4.35)$$

Эта теорема отвечает на вопрос: сколько критериев подобия должно входить в критериальные уравнения?

Продемонстрируем справедливость  $\pi$ -теоремы на примере определения перепада давления, необходимого для движения жидкости по горизонтальной трубе.

Предположим, что дифференциальные уравнения, описывающие этот процесс, нам неизвестны. Непосредственные наблюдения позволяют предположить, что необходимый перепад давления  $\Delta p$  зависит от скорости движения жидкости  $w$ , ее вязкости  $\mu$  и плотности  $\rho$ , длины трубы  $l$  и ее диаметра  $d$ , а также ускорения силы тяжести  $g$ :

$$\Delta p = f(w, \mu, \rho, l, d, g). \quad (4.36)$$

Таким образом, функциональная зависимость (4.36) объединяет семь переменных величин,  $N = 7$ . Представим эту зависимость в виде степенной функции:

$$\Delta p = A w^m \mu^n \rho^k l^r d^s g^t. \quad (4.37)$$

Запишем теперь размерность этих величин:

$$[\Delta p] = [\text{Па}] = \left[ \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \right] = \left[ \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2 \cdot \text{м}^2} \right] = \left[ \frac{\text{кг}}{\text{м} \cdot \text{с}^2} \right] = [ML^{-1}T^{-2}];$$

$$[w] = \left[ \frac{\text{м}}{\text{с}} \right] = [LT^{-1}];$$

$$[\mu] = \left[ \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}^2} \right] = \left[ \frac{\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}}{\text{с}^2 \cdot \text{м}^2} \right] = \left[ \frac{\text{кг}}{\text{м} \cdot \text{с}} \right] = [ML^{-1}T^{-1}];$$

$$[\rho] = \left[ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right] = [ML^{-3}];$$

$$[l] = [m] = [L];$$

$$[d] = [m] = [L];$$

$$[g] = \left[ \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right] = [LT^{-2}].$$

Анализ полученных выражений показывает, что в размерность величин входят масса  $M$ , длина  $L$  и время  $T$ . Таким образом,  $n = 3$  и, следовательно,

$$\pi = N - n = 7 - 3 = 4.$$

Критериальное уравнение, описывающее этот процесс, должно содержать 4 критерия.

Заменив в уравнении (4.37) соответствующие величины их размерностями, получим

$$[\Delta p] = [w]^m [\mu]^n [\rho]^k [l]^t [d]^s [g]^r \quad (4.38)$$

или

$$ML^{-1}T^{-2} = (LT^{-1})^m (ML^{-1}T^{-1})^n (ML^{-3})^k (L)^t (L)^s (LT^{-2})^r.$$

Сгруппировав однородные члены, получим

$$ML^{-1}T^{-2} = M^{n+k} L^{(m-n-3k+t+s+r)} T^{(-m-n-2r)}.$$

Приравнявая показатели степени при одинаковых основных единицах измерения, получим систему из трех уравнений, содер-

жащих шесть неизвестных:

$$\begin{cases} 1 = n + k; \\ -1 = m - n - 3k + t + s + r; \\ -2 = -m - n - 2r. \end{cases}$$

Выразим неизвестные  $m$ ,  $k$  и  $s$  через  $n$ ,  $t$  и  $r$ :

$$\begin{cases} m = 2 - 2r - n; \\ k = 1 - n; \\ s = r - n - t. \end{cases}$$

Подставим полученные значения показателей степени  $m$ ,  $k$  и  $s$  в уравнение (4.37):

$$\Delta p = A w^{(2-2r-n)} \mu^n \rho^{(1-n)} l^t d^{(r-n-n)} g^r,$$

или

$$\Delta p = A w^2 w^{-2r} w^{-n} \mu^n \rho \rho^{-n} l^t d^r d^{-n} d^{-t} g^r.$$

Объединяя отдельные величины по степеням, получим

$$\frac{\Delta p}{\rho w^2} = A \left( \frac{w \rho d}{\mu} \right)^{-n} \left( \frac{w^2}{d g} \right)^{-r} \left( \frac{l}{d} \right)^t.$$

Таким образом, в полном соответствии с  $\pi$ -теоремой мы получили зависимость между четырьмя безразмерными комплексами, которые представляют собой уже известные нам критерии,

$$Eu = A Re^{-n} Fr^{-r} \left( \frac{l}{d} \right)^t. \quad (4.39)$$

Отношение  $l/d$  характеризует геометрическое подобие системы и носит название *симплекса геометрического подобия*. Критериальное уравнение (4.39) идентично (4.34), полученному нами подобным преобразованием уравнений Навье — Стокса для установившегося движения.

Значения коэффициентов  $A$ ,  $n$ ,  $r$ ,  $t$  находят экспериментальным путем, а полученное критериальное уравнение затем используют в расчетах. Применимость такого уравнения ограничена пределами изменения определяющих критериев в этих экспериментах. В дальнейшем в расчетах процессов и аппаратов мы будем широко пользоваться критериальными уравнениями. Все они получены обобщением на основе теории подобия и опытных данных, накопленных многими исследователями.

1. Какие теоремы формулируют условия подобия физических явлений (процессов)?
2. Что называется инвариантом подобия?
3. Какие критерии гидродинамического подобия получены в результате подобного преобразования уравнений Навье — Стокса?
4. В каких случаях целесообразно применять метод анализа размерностей?
5. Почему прибегают к моделированию процессов и аппаратов?

## Глава 5

### РАЗДЕЛЕНИЕ НЕОДНОРОДНЫХ СИСТЕМ

*Неоднородными* называют системы, образованные двумя или большим числом фаз, которые взаимно нерастворимы друг в друге. Неоднородные системы обладают различной степенью устойчивости и могут быть, как правило, разделены под воздействием механических сил.

В пищевых производствах многие технологические процессы сопровождаются образованием неоднородных смесей, которые в дальнейшем необходимо разделять. Следует очищать воздух от пыли, образующейся при измельчении твердых материалов, а также моченные растворы, содержащие твердые частицы, отделять кристаллы от маточного раствора и т. п.

#### 5.1. КЛАССИФИКАЦИЯ НЕОДНОРОДНЫХ СИСТЕМ

Наиболее общий признак любой неоднородной системы — наличие двух (или более) фаз, которые отделены друг от друга выраженной поверхностью раздела. Этим признаком неоднородные системы отличаются от растворов, которые также состоят из нескольких компонентов, образующих однородную смесь. Одну из фаз, сплошную, будем называть *дисперсионной*, а другую, мелко-раздробленную и распределенную в первой, — *дисперсной* фазой. В зависимости от вида дисперсионной среды различают неоднородные смеси, жидкие и газовые. В табл. 5.1 приведена классификация неоднородных систем по виду дисперсной и дисперсионных фаз.

Таблица 5.1

Классификация неоднородных систем

Фаза		Неоднородная система
дисперсионная	дисперсная	
Жидкость	Твердое тело	Суспензии: грубые тонкие мути коллоидные растворы

дисперсионная	Фаза		Неоднородная система
	дисперсная		
Жидкость	Жидкость		Эмульсии
Жидкость	Газ		Пены
Газ	Твердое тело		Пыли
Газ	Жидкость		Туманы

В зависимости от размера дисперсных частиц — эквивалентного диаметра — классифицируются только суспензии. Понятие «эквивалентный диаметр» весьма условно, так как в смеси присутствуют частицы различных размеров и формы.

*Эквивалентным диаметром* ( $m$ ) называют диаметр шара, объем которого  $V$  равен объему частицы:

$$d_э = \sqrt[3]{\frac{6V}{\pi}} = 1,24\sqrt[3]{V}. \quad (5.1)$$

## 5.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ РАЗДЕЛЕНИЯ НЕОДНОРОДНЫХ СИСТЕМ

Все процессы разделения неоднородных систем по виду движущей силы относятся к механическим и гидромеханическим. Многообразие самих систем и способов разделения привело к созданию многочисленных аппаратов, в которых осуществляются непохожие друг на друга процессы.

**Осаждение под действием силы тяжести.** Применяется там, где система составлена из компонентов, плотность которых существенно отличается. Этот способ используется для разделения грубых суспензий и некоторых промышленных пылей.

Применение центробежного поля позволяет существенно увеличить движущую силу. Сила тяжести в этом случае заменяется центробежной силой, пропорциональной скорости и радиусу вращения частицы. Способ применяют для разделения тонких суспензий и мутей, содержащих мелкие частицы, а также эмульсий.

Для отделения пыли в газовых системах используют электростатическое поле, где осаждение происходит в результате взаимодействия частиц с ионизированным газом.

**Фильтрация.** Процесс разделения неоднородных систем за счет «просеивания» их через фильтрующую перегородку носит название *фильтрация*. Эти процессы используются для разделения жидких и газовых систем. В качестве движущей силы здесь может использоваться сила тяжести, например разделение суспензий в нутч-филт্রে. Более эффективно использование разности давления по разные стороны фильтрующей перегородки. Фильтрация можно осуществлять и в центробежном поле.

**Эффект разделения** — это отношение количества компонента, выделенного из дисперсионной среды, к начальному его количеству в смеси:

$$\mathcal{E}_p = G_o/G_n \cdot 100, \quad (5.2)$$

где  $G_o$  — количество выделенного вещества (осадка), кг;  $G_n$  — количество дисперсионной фазы в начальной смеси, кг.

По укоренившейся терминологии эффект разделения в различных отраслях промышленности называют по-разному. Например, при оценке качества работы циклонов его называют КПД циклона, при очистке сточных вод — эффектом очистки, при сепарации молока — степенью обезжиривания молока и т. п.

Кроме огромной роли в основных технологических процессах процессы разделения неоднородных систем обеспечивают защиту окружающей среды от вредных выбросов в водные и воздушные бассейны. В связи с постоянно возрастающими требованиями к очистке сточных вод и газов роль этих процессов, решающих экологические проблемы, постоянно возрастает.

### 5.2.1. ОСАЖДЕНИЕ

**Осаждение в поле гравитации.** Осаждение (отстаивание) под действием силы тяжести широко используется для разделения суспензий, эмульсий, дымов и пылей.

Ввиду значительных сил трения скорость осаждения невелика, поэтому для увеличения производительности участка строят аппараты, занимающие большие объемы и площади производственных помещений и площадок.

Рассмотрим некоторые закономерности процесса осаждения.

Пусть на шарообразную твердую частицу, осаждающуюся в вязкой среде, действуют следующие силы (рис. 5.1):

сила тяжести  $G$ , зависящая от плотности и объема частицы:

$$G = \rho_c \pi \frac{d^3}{6} g,$$

где  $\rho_c$  — плотность частицы, кг/м<sup>3</sup>;  $d$  — диаметр шарообразной частицы, м;  $g$  — ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

подъемная сила Архимеда:

$$A = \rho_c \pi \frac{d^3}{6} g,$$

где  $\rho_c$  — плотность среды, кг/м<sup>3</sup>;



Рис. 5.1. Осаждение шарообразной частицы



сила вязкого трения  $T$ , которая направлена против движения частицы и определяется по закону Ньютона:

$$T = \zeta S \rho_c \frac{w_{oc}^2}{2},$$

где  $\zeta$  — коэффициент гидравлического сопротивления, зависящий от формы частицы, качества ее поверхности и свойств среды;  $S$  — площадь миделева сечения\*,  $m^2$ ; для шара  $S = \frac{\pi d^2}{4}$ ;  $w_{oc}$  — скорость осаждения,  $m/s$ .

Составим условия равновесия для равномерного движения частицы:

$$G = A + T;$$

$$\rho_{ч} \frac{\pi d^3}{6} g = \rho_c \frac{\pi d^3}{6} g + \zeta \frac{\pi d^2}{4} \rho_c \frac{w_{oc}^2}{2}; \quad (5.3)$$

$$\frac{\pi d^3}{6} g (\rho_{ч} - \rho_c) = \zeta \frac{\pi d^2}{4} \rho_c \frac{w_{oc}^2}{2}.$$

Решая уравнение (5.3) относительно  $w_{oc}$ , получим

$$w_{oc} = \sqrt{\frac{4gd(\rho_{ч} - \rho_c)}{3\rho_c \zeta}}. \quad (5.4)$$

Входящий в эти уравнения коэффициент гидравлического сопротивления  $\zeta$  зависит в первую очередь от режима движения жидкости, омывающей частицу. В гидродинамике получены следующие эмпирические зависимости для расчета (табл. 5.2).

Таблица 5.2

Эмпирические зависимости для расчета режимов движения жидкости, омывающей систему

Режим	Значения Re	Уравнения для расчета $\zeta$
Ламинарный	$Re \leq 2$	$\xi = 24/Re$
Переходный	$500 > Re > 2$	$\xi = 18,5/Re^{0,6}$
Турбулентный	$Re > 500$	$\xi = 0,44$

Таблица 5.2 требует некоторых пояснений. Ранее мы говорили, что при движении жидкости по трубам ламинарный режим сохраняется до значения  $Re \leq 2320$ . Теперь, при осаждении, приводится критическое значение  $Re \leq 2$ . Вспомним, что диаметр падающей частицы во много раз меньше диаметра трубы. Здесь демонстрируется еще раз философский закон перехода количества в качество.

\* Миделево сечение — проекция тела на поверхность, перпендикулярную к направлению движения.

Рассчитать скорость осаждения по формуле (5.4) можно, только получив значение  $Re$  и определив режим движения. Но в критерий Рейнольдса входит скорость, в данном случае это скорость осаждения, которую нам необходимо найти:

$$Re = \frac{w_{oc} d \rho_c}{\mu}$$

Следовательно, рассчитать скорость  $w_{oc}$  по уравнению (5.4) невозможно. В этом случае пользуемся методом последовательных приближений. Допустим, что осаждение происходит в каком-то конкретном, например в ламинарном, режиме, и вычислим  $w_{oc}$ , предварительно преобразовав формулу (5.4) и подставив в нее значения

$$\zeta = \frac{24}{Re} = \frac{24\mu}{w_{oc} d \rho_c};$$

$$w_{oc} = \sqrt{\frac{4gd(\rho_n - \rho_c)w_{oc} d \rho_c}{3\rho_c 24\mu}}$$

Возведя в квадрат обе части уравнения и проведя необходимые сокращения, получим для ламинарного режима

$$w_{oc} = \frac{d^2 g (\rho_n - \rho_c)}{18\mu}, \quad (5.5)$$

Теперь подставим полученное значение  $w_{oc}$  в критерий  $Re$  и проверим, удовлетворяет ли полученный результат принятым условиям. Если значение  $Re$  лежит за пределами допустимого для данного режима, расчет повторим, пробуя другой режим. Расчет повторяем до тех пор, пока не совпадут результаты.

Другой, более рациональный способ расчета скорости осаждения был предложен советским исследователем П. В. Лященко. Решим уравнение (5.4) относительно  $\zeta$ :

$$\zeta = \frac{4gd(\rho_n - \rho_c)}{3\rho_c w_{oc}^2}, \quad (5.6)$$

Умножим левую часть уравнения (5.6) на  $Re^2$ , а правую — на равное ему выражение  $\frac{w_{oc}^2 d^2 \rho_c^2}{\mu^2}$ .

$$\zeta Re^2 = \frac{4gd(\rho_n - \rho_c)}{3\rho_c w_{oc}^2} \frac{w_{oc}^2 d^2 \rho_c^2}{\mu^2},$$

или

$$\zeta Re^2 = \frac{4}{3} \frac{\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{с}}}{\rho_{\text{с}}} \frac{d^3 \rho_{\text{с}}^2 g}{\mu^2}.$$

Безразмерное выражение в правой части уравнения получило название критерия Архимеда —  $Ag$ , а само критериальное уравнение — вид

$$\zeta Re^2 = \frac{4}{3} Ag. \quad (5.7)$$

Смысл проведенных в уравнении (5.6) подстановок заключается в исключении из уравнения скорости осаждения. Действительно, теперь мы можем получить критические значения критерия Архимеда, соответствующие любому режиму движения. Скорость осаждения в критерий Архимеда не входит:

$$Ag = \frac{\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{с}}}{\rho_{\text{с}}} \frac{d^3 \rho_{\text{с}}^2 g}{\mu^2}. \quad (5.8)$$

Подставив в уравнение (5.7)  $\zeta = 24/Re$  и  $Re = 2$ , получим для ламинарного режима

$$(24/Re)Re^2 = (4/3)Ag \text{ или } Ag = 36.$$

Ламинарный режим осаждения наблюдают, если  $Ag_{\text{кр}} \leq 36$ .

Подставив в уравнение (5.7) предельное значение  $Re = 500$  и  $\zeta = 0,44$ , получим для турбулентного режима

$$0,44(500)^2 = (4/3)Ag;$$

$$Ag = 83\,000 \text{ или } Ag_{2\text{кр}} \geq 83\,000.$$

Переходная область соответствует изменению критерия Архимеда

$$36 \leq Ag \leq 83\,000.$$

Теперь для определения режима движения и выбора формулы для расчета  $\zeta$  достаточно найти значение критерия Архимеда.

Все уравнения были получены, исходя из предположения, что форма частицы правильная, шарообразная. Поэтому скорость осаждения, рассчитанная по уравнению (5.4), нуждается в поправках:

$$w'_{\text{ос}} = \varphi w_{\text{ос}}, \quad (5.9)$$

где  $\varphi < 1$  — коэффициент формы, значение которого определяют опытным путем. По литературным данным, для округлых частиц  $\varphi = 0,77$ ; для угловатых  $\varphi = 0,66$ ; для продолговатых  $\varphi = 0,58$  и для пластинчатых  $\varphi = 0,43$ .

Кроме того, все наши рассуждения были справедливы только для одной частицы, осаждающейся на достаточном удалении от стенки сосуда или аппарата. Имело место так называемое свободное осаждение. В действительности же при разделении реальных смесей концентрация частиц такова, что неизбежны взаимные столкновения частиц и даже выдавливание жидкости из пор образующегося слоя осадка. Это ведет к уменьшению действительной скорости стесненного осаждения  $w_{ст}$ . Для характеристики концентрации суспензии введено понятие *порозность* — объемная доля жидкости в жидкой системе, объем которой равен сумме объемов жидкости  $V_ж$  и частиц  $V_ч$ :

$$\epsilon = V_ж / (V_ж + V_ч). \quad (5.10)$$

Для расчета  $w_{ст}$  рекомендуются следующие эмпирические уравнения:

$$\text{при } \epsilon \leq 0,7 \quad w_{ст} = \frac{0,123\epsilon^3}{1-\epsilon} w'_{ос}. \quad (5.11)$$

$$\text{при } \epsilon > 0,7 \quad w_{ст} = w'_{ос} \epsilon^2 10^{-1,82(1-\epsilon)}, \quad (5.12)$$

где  $w'_{ос}$  — скорость осаждения отдельной частицы с поправкой на форму.

Приведенные выше уравнения справедливы также и для осаждения в центробежном поле. При этом в качестве движущей силы в уравнение равновесия необходимо ввести центробежную силу.

В случае движения жидких капель в газе или в другой жидкости расчетные уравнения усложняются из-за изменения формы капель во время движения.

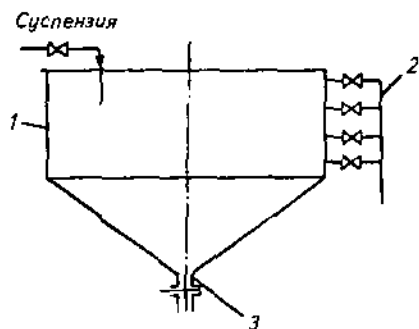


Рис. 5.2. Схема гравитационного отстойника

Среди гравитационных отстойников, используемых в промышленности, можно выделить группу простейших устройств — аппаратов периодического действия. Как правило, это цилиндрические резервуары большого диаметра (рис. 5.2). Аппарат 1 объемом  $V$  периодически заполняется суспензией, которая отстаивается в течение времени  $\tau_0$ . Сначала сливается отстоявшаяся чистая жидкость через патрубки 2, а затем удаляется образовавшийся концентрированный осадок через патрубок 3.

Если известна концентрация суспензии  $b$  и задана концентрация осадка  $b_{oc}$ , составляют материальный баланс для твердой фазы, предполагая, что в образовавшемся отстое твердых частиц нет:

$$Vb = V_{oc}b_{oc}.$$

Заменив объем осадка разностью объемов суспензии и отстоя, получим

$$V_{oc} = V - V_o;$$

$$Vb = (V - V_o)b_{oc};$$

$$V_o = \frac{b_{oc} - b}{b_{oc}}V.$$

Для цилиндрического отстойника объем  $V_o$  можно выразить через высоту слоя отстоявшейся жидкости  $h_o$  и площадь сечения цилиндра  $F_o$ :

$$V_o = h_o F_o.$$

Производительность отстойника по осветленной жидкости — отстою

$$W_o = \frac{V_o}{\tau} = \frac{h_o F_o}{\tau}, \quad (5.13)$$

где  $\tau$  — продолжительность осаждения, с.

Но высоту  $h_o$  можно выразить через скорость осаждения  $w_{oc}$ , рассчитываемую по приведенным выше уравнениям:

$$h_o = w_{oc}\tau.$$

Подставив  $h_o$  в уравнение (5.13), получим

$$W_o = w_{oc}F_o, \quad (5.14)$$

т. е. производительность отстойника не зависит от его высоты, а зависит от скорости осаждения и площади поверхности, на которую осаждаются частицы. Стремясь увеличить поверхность осаждения, конструкторы создали многоярусные отстойники, в которых объем аппарата заполнен полками-ярусами, на которых формируется слой осадка.

При условии равномерной подачи суспензии так, чтобы не возмущался слой осадка, можно отводить отстой непрерывно. В этом

случае отстойник будет работать непрерывно до тех пор, пока нижняя его часть полностью не заполнится осадком. По этому принципу работают лотковые и канальные отстойники. Отстойники такого типа, называемые полунепрерывными, используются на сахарных заводах для очистки транспортерно-моечных вод. Они представляют собой пруды-каналы с бетонированными стенками и дном, очистка которых от осадка производится после окончания сезона сахароварения.

Все виды гравитационных отстойников отличаются громоздкостью и длительным пребыванием суспензии в аппарате. Например, отстойники для очистки насыщенного сока на сахарных заводах имеют диаметр 4...5 м при высоте 4...6,5 м. Время пребывания сока в таких аппаратах около 1,5 ч. Это связано с малой скоростью осажения, которая зависит от многих факторов, в первую очередь от вязкости жидкости и размера осаждаемых частиц. Для того чтобы уменьшить вязкость, суспензию перед отстаиванием нагревают, а для увеличения размера частиц прибегают к их *коагуляции* — объединению нескольких частиц в одну за счет добавления коагулянтов. В качестве коагулянтов используют растворимые в воде соли (электролиты), которые, гидролизуясь, образуют хлопьевидные гидраты оксидов металлов, способствующие слипанию частиц.

Другим методом агрегатирования мелких частиц является *флокуляция* — добавление в суспензию небольшого количества вещества, которое, адсорбируясь на поверхности твердых частиц в суспензии, приводит к их слипанию между собой.

Эти технологические приемы могут существенно увеличить скорость осажения.

**Осаждение в центробежном поле.** Среди устройств, использующих центробежную силу для разделения неоднородных смесей, наибольшее распространение получили центрифуги. Здесь мы будем говорить только о центрифугах со сплошным барабаном, на внутренней поверхности которого задерживаются отделяемые частицы. Эти центрифуги будем называть отстойными\*.

Как показано выше, мерой отношения действующей в системе силы к силе тяжести является критерий Фруда

$$Fr = w^2/gl.$$

Если действующую силу представить как центробежную силу, пропорциональную угловому ускорению, то критерий Фруда примет вид

$$Fr = \omega^2 r/g. \quad (5.15)$$

---

\* Центрифуги с перфорированными барабанами называют фильтрующими по типу осуществляемого в них процесса разделения.

Подставив  $\omega = \pi n/30$  и принимая  $g = \pi^2$ , получим

$$Fr = m^2/900. \quad (5.16)$$

Полученное выражение принято называть *фактором разделения*. Фактор разделения является характеристикой интенсивности центробежного поля. Он показывает, что выгоднее увеличивать частоту вращения (число оборотов) центрифуги, а не радиус вращения. По фактору разделения центрифуги условно делят на две группы: нормальные — если  $Fr < 3000$ , и ультрацентрифуги (сверхцентрифуги) —  $Fr > 3000$ .

Еще одной характеристикой отстойных центрифуг является *индекс производительности*:

$$\Sigma = FrS, \quad (5.17)$$

где  $S$  — площадь внутренней поверхности барабана, на которую осаждается осадок,  $m^2$ .

Так как фактор разделения выражает отношение скоростей осаждения в центрифуге и гравитационном отстойнике, индекс производительности показывает, какую поверхность осаждения должен иметь отстойник, равный по производительности центрифуге.

Для осаждения в центробежном поле справедливы полученные ранее уравнения (5.4) и (5.5) с учетом новой движущей силы.

Подставляя в уравнение (5.4) вместо силы тяжести центробежную силу, получим выражение для расчета скорости осаждения в центробежном поле

$$w_{oc} = \sqrt{\frac{4}{3} \frac{d}{\zeta} \frac{\rho_ч - \rho_c}{\rho_c} \omega^2 r}. \quad (5.18)$$

Для ламинарного режима это выражение упрощается:

$$w_{oc} = \frac{d^2}{18\mu} (\rho_ч - \rho_c) \omega^2 r. \quad (5.19)$$

**Ц е н т р и ф у г и.** На предприятиях пищевой промышленности наибольшее распространение получила отстойная центрифуга периодического действия (рис. 5.3). Сплошной барабан 3 центрифуги вращается вокруг вертикальной оси. Более тяжелые частицы осаждаются на внутренней стенке барабана, образуя слой, толщина которого лимитируется загибом верхнего края 2 барабана. Осветленная жидкость через край 2 сливается в кожух 1 и отводится из него непрерывно. Разгрузка осадка и промывка барабана осу-

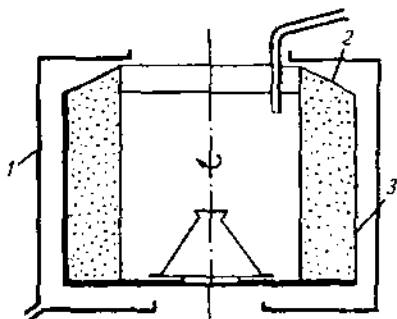


Рис. 5.3. Схема отстойной центрифуги

шествяются периодически через отверстие в днище. Такие центрифуги применяются для разделения смесей, содержащих очень малое количество твердой фазы, например молока или других жидкостей, для удаления случайных примесей (частиц пыли, песка и т. п.) перед дальнейшей обработкой.

Продолжительность рабочего цикла ( $\tau_{ц}$ ) центрифуги состоит из четырех периодов:

$$\tau_{ц} = \tau_{п} + \tau_{о} + \tau_{т} + \tau_{р},$$

где  $\tau_{п}$  — период пуска, разгона до рабочей скорости вращения и наполнения барабана, с;  $\tau_{о}$  — период отстаивания, с;  $\tau_{т}$  — период торможения, с;  $\tau_{р}$  — период удаления осадка, с.

В этом цикле  $\tau_{о}$  — полезное время, во время которого происходит разделение. Все остальные периоды вспомогательные, вызванные необходимостью удаления образующегося осадка.

Эффективность цикла оценивается коэффициентом использования центрифуги

$$\varphi = \tau_{о} / \tau_{ц}. \quad (5.20)$$

Продолжительность вспомогательных операций и цикла определяют экспериментально для каждого конкретного случая.

**Ц и к л о н ы.** Аппараты для разделения газовых неоднородных систем, в которых используется центробежная сила, возникающая за счет вращения потока, называются *циклонами* (рис. 5.4). В циклонах нет вращающихся частей. Вращение потока достигается благодаря тангенциальному вводу 2 исходной смеси в цилиндрическому каналу, который образуется корпусом 1 и центральной трубой 3. Более тяжелые твердые частицы совершают в циклоне движение по спирали, постепенно приближаясь к внутренней поверхности корпуса и одновременно опускаясь вниз к выходу 4. Чистый газ из центральной части аппарата поднимается вверх по центральной трубе 3. Для получения достаточной для очистки газа центробежной силы необходимо поддерживать высокую скорость потока на входе в аппарат. Так, для аппаратов конструкции НИИОГаз эта скорость составляет 20...30 м/с. Эти циклоны выпускаются в серии с диаметром от 100 до 1000 мм и степенью очистки газов от пыли 30...85 % для частиц диаметром 5 мкм. Для частиц диаметром 10 мкм степень очистки повышается до 70...95 %, а для частиц 20 мкм — до 95...99 %. Эти данные справедливы, если содержание пыли в газе не превышает 0,2...0,4 кг/м<sup>3</sup>.



При концентрации пыли  $3...6 \text{ кг/м}^3$  рекомендуется применять циклоны диаметром  $2000...3000 \text{ мм}$ .

Кроме вышеупомянутых циклонов применяются и более простые по конструкции, но менее эффективные циклоны.

Теория расчета циклонов отличается сложностью. На практике применяют упрощенные расчеты, основанные на эмпирических зависимостях.

Анализ полученных ранее зависимостей (5.18) и (5.19) для скорости осаждения в центробежном поле показывает, что увеличение скорости вращения гораздо быстрее ведет к увеличению скорости осаждения, чем увеличение радиуса. Это положение было использовано при создании батарейного циклона (рис. 5.5, а), где вместо одного большого циклона в корпусе 1 объединены несколько маленьких циклонов 3, помещенных между перегородками 2. Газ на очистку подается в корпус 1 через патрубок 4, где распределяется между отдельными циклонами. В малом циклоне (рис. 5.5, б) газ проходит сверху в кольцевой зазор между корпусом 3 и центральной трубой 5, где для закручивания потока устраивают специальные винтовые вставки 6. Твердые частицы, достигнув стенки циклона, падают вниз в приемник 7, а очищенный газ по центральным трубкам поступает в верхнюю часть корпуса.

Промышленность изготавливает батарейные циклоны с диаметром элементов  $100, 150$  и  $250 \text{ мм}$ , которые предназначены для очистки газов содержанием пыли  $0,05...0,1 \text{ кг/м}^3$ . Батарейные цик-

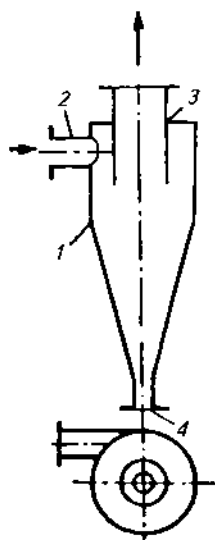


Рис. 5.4. Схема циклона

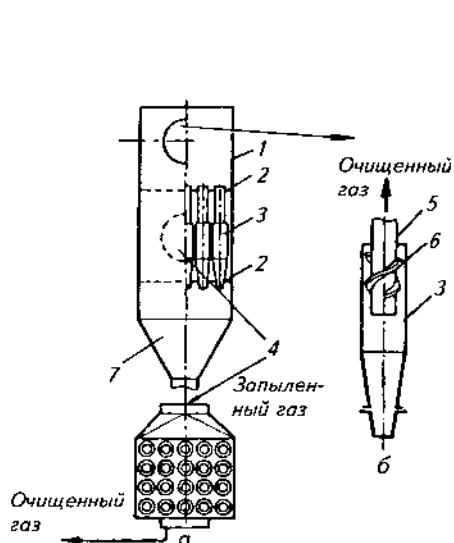


Рис. 5.5. Схема батарейного циклона (а) и его элемента (б)

лоны менее громоздки, чем обычные циклоны той же производительности. Однако степень очистки газа в них несколько ниже.

Все циклоны отличаются простотой конструкции и требуют меньших капитальных затрат, чем отстойники или фильтры. К недостаткам циклонов следует отнести сравнительно большое гидравлическое сопротивление и невысокую эффективность при улавливании частиц менее 10 мкм.

**Гидроциклоны.** В аппаратах этого типа для разделения жидких систем используется тот же принцип создания центробежной силы за счет вращения потока. Конструкция гидроциклона мало отличается от конструкции циклона. Основное конструктивное отличие заключается в укороченной цилиндрической части, что связано с большой плотностью жидкости и меньшими живыми сечениями патрубков и циклонов. Габаритные размеры гидроциклонов (диаметры 25...125 мм) также значительно меньше. Исходная суспензия подается в аппарат через тангенциально установленный патрубок в цилиндрическую камеру корпуса, где поток закручивается и по спирали спускается вниз. Тяжелые твердые частицы осаждаются на внутренней конической поверхности и сползают вниз, а очищенная жидкость сливается через центральную трубу.

Производительность гидроциклона по суспензии ( $m^3/c$ )

$$W = K D d \sqrt{\Delta p}, \quad (5.21)$$

где  $K$  — опытный коэффициент;  $D$  — внутренний диаметр цилиндрической части циклона, м;  $d$  — диаметр патрубка для отвода осадка, м;  $\Delta p$  — перепад давления на входе и выходе из циклона, Па.

Гидродинамический расчет и определение предельного размера отделяемых частиц производят по эмпирическим зависимостям, описанным в специальной литературе. Как и для обычных циклонов, эффект разделения в гидроциклоне тем выше, чем меньше его диаметр. Поэтому в зависимости от назначения гидроциклоны изготавливают различных диаметров. Для отделения крупных частиц, например песка,  $D = 300...350$  мм, для сгущения суспензий  $D = 100$  мм, для осветления жидкости  $D = 25...40$  мм. В последнем случае для достижения большой производительности в батарею объединяют определенное количество элементов, образующих мультигидроциклон по типу батарейного циклона для очистки газов.

## 5.2.2. ФИЛЬТРОВАНИЕ

При фильтровании сквозь пористую перегородку проходит жидкая или газообразная фаза — фильтрат. Если твердые частицы задерживаются внутри пористой перегородки, то фильтрование идет с закупоркой пор.

Если размер частиц больше размера пор, частицы накапливаются на поверхности фильтрующей перегородки, образуя слой. На практике среди частиц твердой фазы, содержащихся в суспензии, всегда найдутся такие, размер которых позволяет им проникнуть в любые поры фильтрующей перегородки. Поэтому тип процесса фильтрования определяется прежде всего количеством твердой фазы, содержащейся в исходной смеси. Если концентрация твердой фазы ничтожна, как, например, в производстве вин, пива и других напитков, слой осадка практически не образуется, частицы задерживаются в толщине фильтровального картона.

Для организации процесса фильтрования через слой концентрация суспензии должна быть достаточной для образования слоя. Поэтому производственной технологией предусматривается введение в раствор значительного количества мелкодисперсной твердой фазы, с тем чтобы образовать слой из этих частиц на фильтрующей перегородке. В дальнейшем фильтрование идет через этот слой, частицы задерживаются внутри него или на его поверхности. Толщина такого слоя будет увеличиваться, и его сопротивление будет также возрастать. Это приведет к необходимости удаления или уменьшения толщины слоя для поддержания приемлемой скорости фильтрования.

Движущей силой процесса фильтрования является разность давлений по обе стороны фильтрующей перегородки. Эта разность может быть получена за счет силы тяжести — силы гидростатического давления, что с успехом используется в лаборатории для фильтрования в простой воронке. В промышленных аппаратах сила тяжести существенного влияния на результат процесса не оказывает и поэтому учитываться не будет. Разности давлений можно добиться за счет создания избыточного давления на стороне неоднородной смеси или за счет создания вакуума со стороны, где собирается газ или жидкость — фильтрат.

В первом случае (рис. 5.6, а) движущая сила тем больше, чем выше избыточное давление в герметически закрытом аппарате, куда подается смесь, например суспензия:

$$\Delta p = p_{изб} - p_{атм}. \quad (5.22)$$

Установим пределы изменения движущей силы процесса

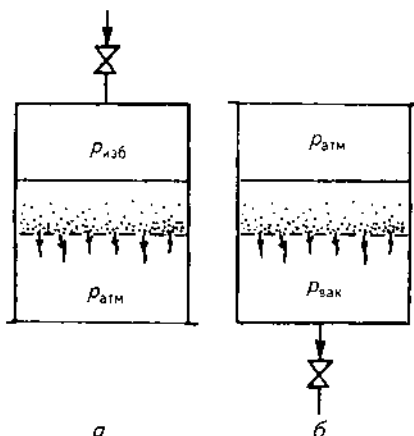


Рис. 5.6. Схемы процессов фильтрования под действием:

а — избыточного давления; б — вакуума

для этого случая. Если давление в аппарате над поверхностью суспензии равно атмосферному, то движущая сила отсутствует (гидростатическим давлением в этом случае пренебрегают):

$$\Delta p = 0.$$

Возможности увеличения избыточного давления ограничены мощностью насоса, подающего суспензию, и прочностью аппарата. С физической точки зрения нет предела возможному увеличению избыточного давления, т. е.

$$\lim_{p_{изб} \rightarrow \infty} \Delta p = p_{изб} - p_{атм}. \quad (5.23)$$

Принимая  $p_{атм} = 10^5$  Па, получим

$$\lim \Delta p = \infty.$$

Следовательно, этот способ фильтрования обеспечивает возможность получения неограниченно большой движущей силы.

Во втором случае (рис. 5.6, б) движущая сила тем больше, чем глубже вакуум снизу от фильтрующей перегородки, т. е. чем меньше остаточное давление  $p_{вак}$ :

$$\Delta p = p_{атм} - p_{вак}. \quad (5.24)$$

Если  $p_{вак}$  стремится к нулю, то

$$\lim_{p_{вак} \rightarrow 0} \Delta p = p_{атм} - p_{вак} = p_{атм} = 10^5 \text{ Па}. \quad (5.25)$$

Следовательно, при фильтровании движущая сила, образованная за счет создания вакуума, даже теоретически не может превышать  $10^5$  Па, а на практике и того меньше, так как получение глубокого вакуума связано с большими затратами.

Несмотря на этот существенный недостаток, фильтрование под вакуумом широко используется в промышленности, что объясняется возможностью создания непрерывного процесса, так как слой осадка формируется со стороны атмосферного давления и может беспрепятственно удаляться.

Непрерывное же удаление осадка при фильтровании под давлением значительно усложняет конструкцию фильтра.

Скорость фильтрования описывается законом Дарси:

$$w = K \Delta p, \quad (5.26)$$

где  $w = \frac{V}{S \tau}$  — скорость фильтрования или удельная производительность,  $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ .

Здесь  $V$  — объем фильтрата,  $m^3$ ,  $S$  — площадь фильтрующей перегородки,  $m^2$ ,  $t$  — время,  $s$ ;  $K$  — коэффициент сопротивления,  $m/(Pa \cdot s)$ ;  $\Delta p$  — разность давлений, движущая сила процесса,  $Pa$ .

Термин «скорость фильтрования» здесь весьма условен. Точнее, это удельная производительность процесса — объем фильтрата, полученный с  $1 m^2$  фильтрующей поверхности за  $1 s$ .

Уравнение (5.26) применимо для расчета только при известном коэффициенте сопротивления  $K$ . Но сопротивление фильтрованию по мере увеличения толщины слоя осадка или по мере закупорки пор в фильтрующей перегородке увеличивается, т. е. коэффициент  $K$  не постоянен. Сопротивление фильтрованию зависит от свойств фильтрата и осадка, характера фильтрующей перегородки. Аналитический расчет этих сопротивлений весьма сложен. Для приближенных практических расчетов среднее значение  $K$  может быть определено экспериментально. Целесообразная продолжительность фильтрования с закупоркой пор также устанавливается экспериментально.

Для фильтрования с образованием слоя нужно общее сопротивление фильтрованию  $R$  представить в виде суммы сопротивлений фильтрующей перегородки  $R_{\phi}$  и слоя осадка  $R_{ос}$ :

$$R = R_{\phi} + R_{ос}. \quad (5.27)$$

Уравнение Дарси при этом можно записать в дифференциальной форме:

$$dV/Sdt = \Delta p / [\mu(R_{ос} + R_{\phi})]. \quad (5.28)$$

Здесь коэффициент фильтрования

$$K = \frac{1}{\mu(R_{ос} + R_{\phi})},$$

где  $\mu$  — вязкость фильтрата,  $Pa \cdot s$ .

Если предположить, что в процессе фильтрования новые мелкие частицы в фильтрующую перегородку не проникают, то сопротивление  $R_{\phi}$  можно считать постоянным.

Для интегрирования уравнения (5.28) необходимо переменное сопротивление осадка  $R_{ос}$  выразить через переменные  $V$  или  $t$ . Отношение объема осадка к объему фильтрата обозначим буквой  $x_0$ . Объем осадка можно выразить произведением  $x_0 V$ . С другой стороны, объем осадка толщиной  $h_0$  равен  $h_0 S$ .

Тогда

$$x_0 V = h_0 S, \quad (5.29)$$

а толщина осадка

$$h_0 = x_0 V / S. \quad (5.30)$$

Сопротивление осадка можно представить в виде

$$R_{oc} = r_0 h_0 = r_0 x_0 V/S,$$

где  $r_0$  — удельное сопротивление слоя осадка,  $m^{-2}$ .

Удельное сопротивление слоя осадка характеризует сопротивление, оказываемое потоку фильтрата равномерным слоем осадка толщиной 1 м.

Заменив  $R_{oc}$  в уравнении (5.28), получим

$$\frac{dV}{Sd\tau} = \frac{\Delta p}{\mu \left( r_0 x_0 \frac{V}{S} + R_{\phi} \right)}. \quad (5.31)$$

Прежде чем интегрировать уравнение (5.31), необходимо уточнить некоторые условия ведения процесса фильтрования. Если в процессе разность давления  $\Delta p = \text{const}$ , то при постоянной температуре изменятся только объем фильтрата  $V$  и время  $\tau$ . Проинтегрируем уравнение (5.31) в пределах от 0 до  $V$  и от 0 до  $\tau$ :

$$\mu \int_0^V \left( r_0 x_0 \frac{V}{S} + R_{\phi} \right) dV = \int_0^{\tau} \Delta p S d\tau, \quad (5.32)$$

$$\mu r_0 x_0 \frac{V^2}{2S} + \mu R_{\phi} V = \Delta p S \tau. \quad (5.33)$$

Умножим уравнение (5.33) на  $2S$  и разделим на  $\mu r_0 x_0$ :

$$V^2 + 2 \cdot \frac{R_{\phi} S}{r_0 x_0} V = 2 \cdot \frac{\Delta p S^2}{\mu r_0 x_0} \tau. \quad (5.34)$$

Обозначив коэффициент в левой части уравнения

$$\frac{R_{\phi} S}{r_0 x_0} = V_0,$$

а коэффициент в правой части

$$\frac{\Delta p S^2}{\mu r_0 x_0} = k,$$

получим

$$V^2 + 2V_0 V = 2k\tau. \quad (5.35)$$

Коэффициент  $V_0$  характеризует сопротивление фильтрующей перегородки и имеет ту же размерность, что и  $V$ , — м<sup>3</sup>.

Физически  $V_0$  — это объем фильтрата, полученный в процессе фильтрования, в течение которого образовался осадок. Сопротивление этого осадка эквивалентно сопротивлению фильтрующей перегородки.

Коэффициент  $k$  (м<sup>6</sup>/с) характеризует свойства осадка и фильтрата и режим фильтрования.

Уравнение фильтрования (5.35) справедливо для несжимаемых и сжимаемых осадков, так как при  $\Delta p = \text{const}$   $r_0$  и  $x_0$  постоянны. В координатах  $V - \tau$  — это парабола, демонстрирующая, что объем фильтрата в единицу времени, а следовательно, и скорость фильтрования уменьшаются по мере увеличения толщины слоя осадка.

Другим условием проведения процесса фильтрования является постоянное увеличение давления, что позволяет поддерживать постоянную скорость фильтрования. В этом случае производную

$\frac{dV}{d\tau}$  можно заменить отношением конечных величин  $\frac{V}{\tau}$ .

Перепишем уравнение (5.31) с учетом этого допущения:

$$\frac{V}{S\tau} = \frac{\Delta p}{\mu \left( r_0 x_0 \frac{V}{S} + R_{\Phi} \right)}. \quad (5.36)$$

Решим уравнение (5.36) относительно  $\Delta p$ :

$$\Delta p = \mu r_0 x_0 \frac{V^2}{S^2 \tau} + \mu R_{\Phi} \frac{V}{S\tau}. \quad (5.37)$$

Умножим и поделим первое слагаемое правой части уравнения (5.3) на  $\tau$  и введем в уравнение (5.37) постоянную скорость фильтрования  $w = \frac{V}{S\tau}$ :

$$\Delta p = \mu r_0 x_0 w^2 \tau + \mu R_{\Phi} w. \quad (5.38)$$

Это уравнение показывает, что разность давлений  $\Delta p$  возрастает линейно во времени. Уравнение (5.38) справедливо для несжимаемых осадков.

Стремясь уменьшить сопротивление фильтрующей перегородки, выбирают материалы, обладающие высокой пористостью. В то же время размеры пор в перегородке должны быть меньше, чем размеры задерживаемых частиц.

Материалы, из которых изготовлены перегородки, должны обладать химической стойкостью по отношению к фильтруемым смесям, прочностью и долговечностью.

В пищевой промышленности наибольшее распространение получили *фильтровальные картонны для фильтрования жидкостей с закупоркой пор*. Для фильтрования с образованием слоя применяют хлопчатобумажные (бельтинг) и шерстяные ткани, а также ткани из синтетических (капрон, лавсан и др.) волокон. Применяют для фильтрования и нетканые пористые материалы из синтетических волокон, которые используют в основном при фильтровании газов.

В качестве фильтрующих элементов используются пластины и цилиндры, изготовленные из керамики и металлокерамики.

В фильтрах с намывным слоем применяют различные порошкообразные инертные минералы (диатомит, кизельгур, мел, гашеная известь), а также волокнистые материалы (целлюлоза).

#### *Контрольные вопросы*

1. В каких случаях применяют процессы отстаивания, а в каких — процессы фильтрования?
2. Почему действительная скорость отстаивания отличается от теоретической?
3. Как рассчитать скорость отстаивания, не зная, в каком гидродинамическом режиме осуществляется процесс?
4. Что показывает фактор разделения?
5. Как работают циклон и гидроциклон?
6. В каких фильтрах можно получить большую движущую силу — в вакуумных или работающих под избыточным давлением?
7. Из чего складывается сопротивление в процессе фильтрования?

## **Глава 6**

### **ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ**

На пути превращения сырья в продукты питания существенное место занимает тепловая обработка, в результате которой изменяется пищевая ценность продуктов, улучшаются их вкусовые качества. Иногда нагревания и охлаждения требуют последующие операции. Например, растительное масло подогревают перед фильтрованием для уменьшения вязкости.

Целый ряд массообменных, химических и биохимических процессов для обеспечения скорости их протекания требуют поддержания определенной температуры, т. е. сопровождаются подогревом или охлаждением. В пищевой промышленности наиболее распространены сушка, сорбция и десорбция газов жидкостями (процессы сатурации), растворение твердых веществ и кристаллизация. Наконец, к тепловым процессам относят процессы фазового превращения — выпаривание и конденсация, также широко применяемые в пищевых производствах.



## 6.1. ОСНОВНОЕ УРАВНЕНИЕ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ

Воспользовавшись основным кинематическим уравнением (3.11) для переноса теплоты, получим

$$q = k\Delta t,$$

где  $q = \frac{Q}{F\tau}$  — тепловой поток, характеризующий интенсивность процесса, или количество теплоты, которое переносится через единицу поверхности в единицу времени.

Основное уравнение теплопередачи  $\left[\frac{\text{Дж}}{\text{с}}\right]$  обычно записывают в следующем виде:

$$Q = kF\Delta t. \quad (6.1)$$

Движущая сила процесса теплопередачи нами определена ранее. Для каждого участка теплопередающей поверхности разность температур неодинакова. Поэтому  $\Delta t$  в уравнении (6.1) является средней величиной, которая рассчитывается в зависимости от отношения  $\Delta t_6$  к  $\Delta t_m$  (рис. 6.1), где  $\Delta t_6$  — разность температур горячего и холодного теплоносителей в одном сечении аппарата, а  $\Delta t_m$  — в другом.

$$\text{Если } \frac{\Delta t_6}{\Delta t_m} < 2, \text{ то } \Delta t = \frac{\Delta t_m + \Delta t_6}{2}. \quad (6.2)$$

$$\text{Если } \frac{\Delta t_6}{\Delta t_m} > 2, \text{ то } \Delta t = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_m}{\ln \Delta t_6 / \Delta t_m}. \quad (6.3)$$

Общий коэффициент теплопередачи  $\left(\frac{\text{Дж}}{\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{К}}\right)$  зависит от коэффициентов теплоотдачи с одной и с другой стороны стенки:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (6.4)$$

где  $\alpha_1$  — коэффициент теплоотдачи от первого теплоносителя к стенке,  $\frac{\text{Дж}}{\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{К}}$ ;

$\alpha_2$  — коэффициент теплоотдачи от стенки ко второму теплоносителю,  $\frac{\text{Дж}}{\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{К}}$ ;

$\delta_i$  — толщина отдельных слоев многослойной стенки, м;  $\lambda_i$  — коэффициент теплопроводности материала слоя,  $\frac{\text{Дж}}{\text{м} \cdot \text{с} \cdot \text{К}}$ .

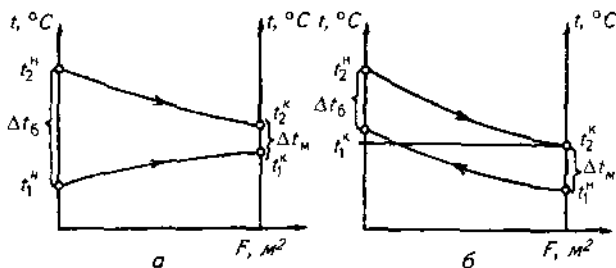


Рис. 6.1. Графики изменения температур теплоносителей:

*a* — при прямотоке; *b* — при противотоке

Для цилиндрической стенки общий коэффициент теплопередачи [Дж/(м · с · К)] — формула (6.4) примет вид

$$k_l = \frac{\pi}{1/(\alpha_1 d_1) + 1/(2\lambda,3 \lg d_1/d_2) + 1/(\alpha_2 d_2)},$$

где  $d_1, d_2$  — наружный и внутренний диаметры цилиндрической стенки, м.

Для практических расчетов установившихся процессов основное уравнение теплопередачи (Дж) записывается в следующем виде:

$$Q = kF\Delta t. \quad (6.5)$$

## 6.2. ТРИ СПОСОБА ПЕРЕНОСА ТЕПЛОТЫ

Известно три способа переноса теплоты: за счет теплопроводности, конвекции и радиации.

**Теплопроводность.** Перенос теплоты внутри твердого тела, неподвижной жидкости или газа называется *теплопроводностью*. Количество переносимой теплоты при этом способе переноса описывается законом теплопроводности Фурье: количество теплоты  $dQ$ , передаваемое посредством теплопроводности через элемент поверхности  $dF$ , перпендикулярный к тепловому потоку, за время  $d\tau$  прямо пропорционально температурному градиенту  $\frac{\partial t}{\partial n}$ , площади поверхности  $dF$  и времени  $d\tau$ :

$$dQ = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} dF d\tau. \quad (6.6)$$

Тепловой поток по закону Фурье

$$q = \frac{dQ}{dF d\tau} = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n}. \quad (6.7)$$

Знак минус в уравнениях (6.6) и (6.7) показывает, что теплота переносится в сторону убывания температуры.

Коэффициент  $\lambda$  в уравнении Фурье называется *коэффициентом теплопроводности* [Дж/(м·с·К)].

$$[\lambda] = \frac{dQ}{\frac{\partial t}{\partial n} dF d\tau}$$

Коэффициент теплопроводности  $\lambda$  показывает, какое количество теплоты переносится за счет теплопроводности за одну секунду при разности температур в один градус на расстояние в единицу длины нормали к изотермической поверхности.

Теплопроводность зависит от физической природы тела, его структуры, температуры и давления. Наибольшей теплопроводностью обладают металлы, наименьшей — газы.

Если написать уравнение теплопроводности по трем направлениям  $x$ ,  $y$ ,  $z$  для элементарного параллелепипеда с ребрами  $dx$ ,  $dy$ ,  $dz$  и сложить переносимые количества теплоты, то получим следующее выражение:

$$dQ = \lambda \left( \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) dx dy dz d\tau. \quad (6.8)$$

Эта теплота  $dQ$  изменила энтальпию параллелепипеда на следующую величину:

$$dQ = C \rho dx dy dz \frac{\partial t}{\partial \tau} d\tau, \quad (6.9)$$

где  $C$  и  $\rho$  — удельная теплоемкость и плотность тела.

Приравняв правые части уравнений (6.8) и (6.9), получим дифференциальное уравнение теплопроводности Фурье (второй закон Фурье):

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\lambda}{C \rho} \left( \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right). \quad (6.10)$$

Множитель  $\frac{\lambda}{C \rho}$  в правой части уравнения (6.10) называется *коэффициентом температуропроводности* и обозначается буквой  $a$ . Размерность этого коэффициента:

$$[a] = \left[ \frac{\lambda}{C \rho} \right] = \left[ \frac{\text{Дж}/(\text{м} \cdot \text{с} \cdot \text{К})}{\text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К} \cdot \text{кг}/\text{м}^3)} \right] = \left[ \frac{\text{м}^2}{\text{с}} \right]$$

совпадает с размерностью кинематического коэффициента вязко-

сти, но никак не связана с его физическим смыслом. Коэффициент температуропроводности характеризует тепловую инерцию тела.

Переписав дифференциальное уравнение теплопроводности Фурье, получим

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \left( \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right), \quad (6.11)$$

или

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \nabla^2 t, \quad (6.12)$$

где  $\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} = \nabla^2 t$  — оператор Лапласа.

**Конвекция.** Как уже отмечалось, в неподвижной жидкости или газе теплота переносится за счет теплопроводности. В движущейся жидкости появляется еще один механизм переноса теплоты за счет перемешивания. Нагретые частицы жидкости, попадая в окружение холодных частиц, отдают им свою теплоту. Скорость переноса теплоты при этом тем выше, чем интенсивнее перемешивание, т. е. чем выше степень турбулизации потока теплоносителя. Следовательно, конвективный теплообмен включает в себя оба механизма переноса теплоты, а их вклад в процесс зависит от гидродинамических характеристик движения жидкости.

Теория гидравлического трения предполагает, что в пристеночной области формируется ламинарный слой, толщина которого определяет характер взаимодействия основного потока со стенкой. Этот слой будет влиять и на характер теплоотдачи от стенки к жидкости и наоборот. В ядре потока, где жидкость движется в турбулентном режиме, преобладает перенос теплоты за счет перемешивания. В ламинарном пристеночном слое перемешивание отсутствует, поэтому теплота через этот слой переносится за счет теплопроводности, а интенсивность этого процесса определяется толщиной ламинарного слоя. Последняя зависит от физических свойств жидкости, входящих в критерий Прандтля:

$$Pr = \frac{\mu \rho C}{\lambda}, \quad (6.13)$$

где  $\mu$  — вязкость жидкости;  $\rho$  — плотность жидкости;  $C$  — удельная теплоемкость жидкости;  $\lambda$  — удельная теплопроводность жидкости.

Критерий Прандтля имеет и другое написание:

$$Pr = \nu/a, \quad (6.14)$$

где  $\nu$  — кинематическая вязкость жидкости;  $a$  — коэффициент температуропроводности.

Толщина гидравлического ламинарного слоя, определяющего гидравлическое трение, совпадает с толщиной слоя, определяющего теплоотдачу только в случае, если  $Pr = 1$ . Обычно для жидкости  $Pr > 1$ , а для газов  $Pr \leq 1$ . Таким образом, критерий Прандтля характеризует подобие полей скорости и температуры в пристеночной области. Количество теплоты, отдаваемое стенкой жидкости, рассчитывают по закону теплоотдачи (закону охлаждения) Ньютона: количество теплоты  $dQ$ , отдаваемое за время  $dt$  поверхностью стенки  $dF$ , имеющей температуру  $t_{ст}$ , жидкости температурой  $t_{ж}$ , прямо пропорционально  $dF$  и разности температур  $t_{ст} - t_{ж}$ :

$$dQ = \alpha dF(t_{ст} - t_{ж})dt, \quad (6.15)$$

где  $\alpha$  — коэффициент теплоотдачи, который показывает, какое количество теплоты передается  $1 \text{ м}^2$  поверхности стенки жидкости (или от жидкости к стенке) в течение 1 с при разности температур между стенкой и жидкостью в  $1^\circ\text{C}$ .

Размерность коэффициента теплоотдачи  $\left[ \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{K}} \right]$

$$[\alpha] = \left[ \frac{dQ}{dF(t_{ст} - t_{ж})dt} \right]$$

зависит от многих факторов, определяющих процесс переноса в пристеночном слое. В первую очередь это физические свойства жидкости — теплопроводность  $\lambda$ , удельная теплоемкость  $C$  и коэффициент объемного расширения  $\beta$ , это и геометрические характеристики стенки, например длина  $l$  и диаметр трубы  $d$ , шероховатость стенки  $\epsilon$ . Трудность расчета конвективного теплообмена связана со сложностью описания вихревого (турбулентного) движения жидкости. При решении задачи на теплоотдачу необходимо знать распределение температур внутри жидкости, которое описывается дифференциальным уравнением конвективного теплообмена Фурье — Кирхгофа, полученным из дифференциального уравнения теплопроводности (6.11) добавлением конвективных составляющих,

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} + \frac{\partial t}{\partial x} w_x + \frac{\partial t}{\partial y} w_y + \frac{\partial t}{\partial z} w_z = a \nabla^2 t. \quad (6.16)$$

Уравнение (6.16), обобщающее перенос теплоты за счет тепло-

проводности и конвекции, более сложное, чем уравнения Навье—Стокса. Преобразование уравнений Фурье—Кирхгофа на основе теории подобия приводит к критериальной зависимости вида

$$\text{Nu} = f\left(\text{Fo}, \text{Pe}, \text{No}, \text{Re}, \text{Fr}, \frac{l_1}{l_0}, \dots, \frac{l_n}{l_0}\right), \quad (6.17)$$

где  $\text{Nu}$  — определяемый критерий Нуссельта. Критерий Нуссельта характеризует подобие процессов теплопереноса на границе между стенкой и потоком жидкости.

Входящие в уравнение (6.17) критерии  $\text{No}$ ,  $\text{Re}$ ,  $\text{Fr}$  свидетельствуют о необходимости соблюдения для теплового подобия условий гидродинамического подобия.

Количество теплоты, перешедшее от стенки к потоку жидкости,

$$dQ = \alpha(t_{\text{ст}} - t_{\text{ж}})dF d\tau. \quad (6.18)$$

При установившемся процессе теплообмена количество теплоты, прошедшее через пограничный слой за счет теплопроводности, равно этому количеству  $dQ$ , воспринятому потоком жидкости:

$$dQ = -\lambda \frac{\partial t}{\partial \delta} dF d\tau. \quad (6.19)$$

Приравнявая правые части уравнений (6.18) и (6.19), получим

$$-\lambda \frac{\partial t}{\partial \delta} = \alpha(t_{\text{ст}} - t_{\text{ж}}). \quad (6.20)$$

Поделим правую часть уравнения (6.20) на левую, заменив  $(t_{\text{ст}} - t_{\text{ж}})$  на  $\Delta t$ , а вместо  $\delta$  введем характерный размер  $l$  и, отбросив знаки математических операторов, как это принято при подобном преобразовании, получим критерий Нуссельта:

$$\frac{\alpha l}{\lambda} = \text{Nu}. \quad (6.21)$$

Критерий Нуссельта является критерием теплового подобия на границе раздела стенка — жидкость. Он выступает в качестве меры отношения количества теплоты, которое может в данных условиях отдать стенка (теплоотдача), к количеству теплоты, которое способен пропустить через себя ламинарный пристеночный слой жидкости (теплопроводность).

Рассмотрим условия подобия в ядре потока. Содержащееся в левой части уравнения (6.16) слагаемое  $\frac{\partial t}{\partial \tau}$ , характеризующее неустановившийся процесс теплообмена, при подобном преобразо-

вании, отбросив знаки математических операторов, можем заметить отношением  $\frac{t}{\tau}$ .

Подобное преобразование конвективной составляющей в левой части того же уравнения приводит к следующему результату:

$$\left( \frac{\partial t}{\partial x} w_x + \frac{\partial t}{\partial y} w_y + \frac{\partial t}{\partial z} w_z \right) \rightarrow \frac{t}{l} w.$$

Подобное преобразование правой части уравнения (6.16) даст

$$a \Delta^2 t = a \left( \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) \rightarrow a \frac{t}{l^2}.$$

Таким образом, оказалось, что сложное уравнение Фурье—Кирхгофа связывает между собой три сравнительно простых комплекса физических величин, имеющих одинаковую размерность:

$$\frac{t}{\tau}; \quad \frac{tw}{l}; \quad a \frac{t}{l^2}.$$

Поделим первое преобразованное слагаемое уравнения (6.16) на последнее:

$$\left( \frac{t}{\tau} \right) : \left( a \frac{t}{l^2} \right) = \frac{l^2}{a\tau} = \text{Fo}. \quad (6.22)$$

Критерий Фурье,  $\text{Fo} = \frac{a\tau}{l^2}$ , характеризует неустановившиеся процессы теплообмена и является аналогом критерия гомохронности в гидродинамическом подобии.

Разделив второе преобразованное слагаемое на преобразованную часть уравнения (6.16), получим критерий Пекле:

$$\left( \frac{t}{l} w \right) : \left( \frac{at}{l^2} \right) = \frac{wl}{a} = \text{Pe}, \quad (6.23)$$

который является мерой отношения количества теплоты, переносимого за счет конвекции, и теплоты, переносимой за счет теплопроводности.

Безразмерные отношения характерных размеров аппарата к некоторому характерному размеру  $l_0$  показывают необходимость соблюдения условий геометрического подобия.

Помножив и поделив на кинематическую вязкость критерий  $\text{Re}$ , получим

$$\text{Pe} = \frac{wl}{\nu} \frac{\nu}{a}. \quad (6.24)$$

Первый из полученных безразмерных комплексов представляет собой критерий Рейнольдса, второй — критерий Прандтля:

$$Pe = RePr.$$

Заменяя критерий  $Pe$  в уравнении (6.17), получим

$$Nu = f \left( Fo, No, Pr, Re, Fr, \frac{l_1}{l_0} \dots \frac{l_n}{l_0} \right). \quad (6.25)$$

Для установившегося процесса можем исключить критерии  $Fo$  и  $No$ .

Пренебрегая влиянием силы тяжести при вынужденном движении, можем исключить критерий  $Fr$ :

$$Nu = f \left( Re, Pr, \frac{l_1}{l_0} \dots \frac{l_n}{l_0} \right). \quad (6.26)$$

**Радиация.** Перенос теплоты излучением (радиация) имеет место в хлебопекарных радиационных печах и радиационных сушилках, применение которых в настоящее время ограничено из-за довольно высокой энергоемкости. Познакомиться с этим способом передачи энергии и соответствующим оборудованием можно, изучив соответствующую литературу.

### 6.3. ОПЫТНЫЕ ДАННЫЕ ПО ТЕПЛОТДАЧЕ

Теория подобия дала в руки исследователей инструмент обобщения результатов многочисленных экспериментов. В настоящее время в справочной литературе можно найти критериальное уравнение для расчета коэффициента  $\alpha$  практически для любого случая теплоотдачи. Ниже приводятся некоторые наиболее часто используемые в инженерной практике уравнения.

**Теплоотдача без изменения агрегатного состояния теплоносителя.** При турбулентном движении жидкости внутри прямых круглых труб, обобщая опытные данные на основе функции (6.26), получим следующее расчетное уравнение:

$$Nu = 0,023 Re^{0,8} Pr^{0,4}. \quad (6.27)$$

Это уравнение применимо при  $Re > 10^4$  без учета изменения физических свойств теплоносителей в процессе теплообмена.

Для переходного режима при  $2300 < Re < 10\,000$  для приближенных расчетов рекомендуется следующее уравнение:

$$Nu = 0,008 Re^{0,8} Pr^{0,43}. \quad (6.28)$$



Для более точных расчетов необходимо пользоваться другими методами и формулами, приводимыми в специальной литературе [6, 7].

При ламинарном движении жидкости внутри прямых вертикальных труб, когда  $Re \leq 2300$ , рекомендуется следующее уравнение:

$$Nu = 0,17Re^{0,33}Pr^{0,43}Gr^{0,1}. \quad (6.29)$$

Критерий Грасгофа в уравнении (6.29) учитывает влияние естественной конвекции на теплоотдачу:

$$Gr = \frac{gl^3\beta\Delta t}{\nu^2}, \quad (6.30)$$

где  $l$  — определяющий геометрический размер, м;  $\beta$  — коэффициент объемного расширения жидкости,  $1/K$ ;  $\Delta t$  — разность температур стенки и жидкости,  $K$ ;  $\nu$  — вязкость жидкости,  $m^2/c$ .

Здесь приведены наиболее распространенные расчетные уравнения для теплоотдачи в прямых трубах. В других случаях (при движении жидкости снаружи труб, механическом перемешивании жидкости внутри аппарата, свободной конвекции подогреваемой или охлаждаемой жидкости) необходимо выбирать в специальной литературе соответствующие расчетные уравнения.

**Теплоотдача при конденсации пара.** Конденсация возникает при контакте пара с охлаждаемой поверхностью. При этом на поверхности образуются капельки жидкости — конденсата. Если этот процесс продолжается, то капельки заполняют всю поверхность конденсации и сливаются в сплошную пленку. В дальнейшем пар конденсируется на поверхности пленки, которая оказывает дополнительное термическое сопротивление в процессе теплоотдачи от пара к стенке. Так как при этом термическое сопротивление в паровой фазе ничтожно мало, скорость передачи теплоты зависит от толщины и свойств этой пленки.

Критериальное уравнение для процесса теплоотдачи от конденсирующего пара имеет вид

$$Nu = f(Ga, Pr, Ku) \quad (6.31)$$

или

$$Nu = C(Ga, Pr, Ku)^{0,25}, \quad (6.32)$$

здесь  $Ku$  — критерий Кутателадзе (критерий конденсации), названный в честь нашего соотечественника академика С. С. Кутателадзе, работавшего в Сибирском отделении АН СССР и внесшего значительный вклад в науку о процессах теплообмена.

$$Ku = \frac{r}{C_{ж} \Delta t_{пк}},$$

где  $r$  — скрытая теплота парообразования, Дж/кг;  $C_{ж}$  — теплоемкость конденсата, Дж/(кг · К);  $\Delta t_{пк}$  — разность температур на пленке конденсата, К.

Критерии Галилея и Прандтля определяются для пленки конденсата.

Критерий Галилея — производный критерий, полученный путем сочетания критериев  $Re$  и  $Fr$ :

$$Ga = \frac{Re^2}{Fr} = \frac{l^3 \rho^2 g}{\mu^2}.$$

Критерий  $Ga$  характеризует процессы естественной конвекции. Преобразовав критериальное уравнение (6.32), получим формулу для расчета  $\alpha$  — коэффициента теплоотдачи при пленочной конденсации пара:

$$\alpha = A \sqrt[4]{\frac{\lambda^3 \rho^2 g r}{\mu H \Delta t_{пк}}}, \quad (6.33)$$

где  $A$  — коэффициент, связанный с ориентацией поверхности; для вертикальных поверхностей  $A \approx 1,15$ , для горизонтальных —  $A = 0,72$ ;  $\lambda$ ,  $\mu$ ,  $\rho$  — коэффициенты теплопроводности и вязкости, а также плотность конденсата;  $H$  — высота поверхности, по которой стекает конденсат, м.

Использование уравнения (6.33) для расчета  $\alpha$  на практике связано с трудностями предварительного определения  $\Delta t_{пк}$  — перепада температур на пленке конденсата. Так как аналитический расчет  $\Delta t_{пк}$  очень сложен, пользуются методом последовательных приближений от произвольно выбранного начального значения  $\Delta t_{пк}$ .

## 6.4. ТЕПЛОНОСИТЕЛИ И ИХ СВОЙСТВА

**Насыщенный водяной пар.** Самый распространенный промышленный теплоноситель обладает рядом замечательных свойств. Прежде всего это высокая аккумулирующая способность теплоты и высокие коэффициенты теплоотдачи. Скрытая теплота конденсации насыщенного пара при атмосферном давлении равна 2260 кДж/кг, что позволяет при небольшом расходе пара и небольших поверхностях нагрева передавать большое количество теплоты. Так как при неизменном давлении температура конденсации постоянна, легко поддерживать постоянство температуры теплоносителя в аппарате. Главным недостатком водяного пара

является значительное возрастание давления при увеличении температуры. Практически насыщенный водяной пар применяют при температуре до  $150^{\circ}\text{C}$  и давлении до  $4,75 \cdot 10^5$  Па. Перегретый пар редко используют в качестве теплоносителя из-за низких значений коэффициентов теплоотдачи при его охлаждении.

**Чистая вода.** Широко используется в качестве теплоносителя. К достоинствам воды как теплоносителя относятся доступность и дешевизна, сравнительно высокие, но значительно меньшие, чем у конденсирующего пара, значения коэффициентов теплоотдачи; к недостаткам — сравнительно небольшая удельная теплосмкость и связанная с этим аккумулирующая способность теплоты.

Повышение температуры воды выше  $100^{\circ}\text{C}$  связано с резким увеличением давления, поэтому перегретая вода, за редким исключением, в качестве теплоносителя не используется.

**Топочные газы.** Широко используются в схемах утилизации теплоты на предприятиях, имеющих собственные котельные. Температура топочных газов при атмосферном давлении достигает  $1000 \dots 1100^{\circ}\text{C}$ , что позволяет применять промежуточный теплоноситель для обогрева теплообменных аппаратов. В качестве промежуточного теплоносителя можно использовать воздух или минеральное масло. К недостаткам топочных газов как теплоносителей относят наличие в них включений, вызывающих загрязнение поверхности теплообмена и низкий коэффициент теплоотдачи.

**Минеральное масло** (цилиндровое, компрессорное). Один из распространенных промежуточных теплоносителей для проведения тепловой обработки пищевых продуктов при высокой (до  $800^{\circ}\text{C}$ ) температуре, например для обжаривания кофе и какао-бобов. Масло можно нагревать и до более высоких температур, как отмечалось выше, в топках печей или с помощью электрических нагревателей. Масла — сравнительно дешевые теплоносители, но обладают относительно низкими значениями коэффициентов теплоотдачи, частично разлагаются в процессе эксплуатации, образуя на нагреваемой поверхности слой кокса, ухудшающий теплообмен.

**Высокотемпературные органические теплоносители (ВОТ).** Выгодно отличаются от масел. Наиболее распространенным ВОТ является дифенильная смесь (даутерм А), состоящая из 26 % дифенила и 74 % дифенилового эфира. К достоинствам дифенильной смеси относятся ее высокая термическая стойкость и возможность нагрева до  $250^{\circ}\text{C}$  при атмосферном давлении. При более высоких температурах нагрева используют насыщенный пар дифенильной смеси при сравнительно небольшом давлении. Дифенильная смесь нетоксична. Кроме дифенильной смеси в промышленности применяются другие ВОТ, например кремнийорганические термостойкие жидкости с низкой температурой плавления.

**Расплавы металлов.** В качестве высококипящих неорганических теплоносителей применяют расплавы металлов (литий, натрий,

калий, их смеси и др.). Однако в пищевой промышленности они не используются из-за их агрессивности по отношению к конструкционным материалам.

## 6.5. ПРОЦЕССЫ ВЫПАРИВАНИЯ

При кипении растворов концентрация растворенных веществ увеличивается за счет превращения в пар части растворителя. Такой процесс концентрирования растворов называется *выпариванием*.

Превращение жидкости в пар с ее свободной поверхности в нормальных условиях без кипения называется *испарением*.

В пищевой промышленности обычно выпаривают водные растворы: свекловичный сок, барду, молоко и т. д. Поэтому образующийся при выпаривании пар, называемый *вторичным*, и является насыщенным водяным паром, который может быть использован как горячий теплоноситель в других аппаратах. На выпаривание растворов расходуется огромное количество теплоты, поэтому от рациональной организации процессов выпаривания в значительной степени зависит рентабельность производства.

*Количество теплоты, необходимой для выпаривания,*

$$Q = mr, \quad (6.34)$$

где  $m$  — масса выпаренного растворителя, кг;  $r$  — скрытая теплота парообразования, Дж/кг.

Затраты теплоты на выпаривание зависят от давления и температуры, при которых осуществляется процесс, так как  $r = f(p)$ .

При этом скрытая теплота парообразования тем выше, чем ниже давление.

**Выпаривание под вакуумом.** Расход энергии на выпаривание под вакуумом выше, чем при выпаривании при атмосферном или избыточном давлении. Однако термолабильность растворов в пищевой промышленности ограничивает допустимую температуру кипения. Так, например, растворы красящих веществ, содержащиеся в экстрактах, полученных из растительного сырья, разлагаются при нагревании до 50...60 °С. Аскорбиновая кислота и другие витамины и биологически активные вещества, содержащиеся в растворах, при нагревании также разлагаются. Вот почему в пищевой промышленности широко используется выпаривание под вакуумом.

Аппарат, в котором осуществляется выпаривание, — это прежде всего теплообменный аппарат. За счет подвода теплоты от горячего теплоносителя в нем поддерживается кипение раствора. Особенностью выпарного аппарата (рис. 6.2), отличающей его от

любого теплообменника, является развитое паровое пространство 2 над свободной поверхностью кипящей жидкости. В качестве горячего теплоносителя обычно используется водяной пар, подводимый в межтрубное пространство 4 нагревательной камеры 8. Образовавшийся конденсат отводится из нагревательной камеры через патрубок 5, а неконденсируемые газы — через патрубок 9. Раствор подается в аппарат через патрубок 10, а выводится через патрубок 7. Образующийся при выпаривании растворителя пар называется *вторичным* в отличие от греющего пара, подаваемого в нагревательную камеру.

Интенсивность выпаривания обусловлена интенсивностью теплопередачи и главным образом интенсивностью теплоотдачи от стенок труб к раствору. Для жидкости интенсивность теплоотдачи зависит от скорости ее движения вдоль стенки. Поэтому необходимо поддерживать интенсивную циркуляцию вязкого раствора в трубах. Для того чтобы этого добиться, в центре нагревательной камеры следует установить циркуляционную трубу 3 большого диаметра. В этой трубе раствор нагревается меньше, чем в нагревательных трубках 6 малого диаметра. Следовательно, плотность раствора в циркуляционной трубе 3 выше, чем в нагревательных трубках 6. Поэтому по нагревательным трубкам раствор поднимается вверх, а по циркуляционной трубе опускается вниз. Интенсивное кипение сопровождается выделением большого числа пузырьков пара, которые, вырываясь из жидкости, увлекают за собой капли раствора. В паровом пространстве вторичный пар должен отделиться от капель раствора и выйти из аппарата. Это обеспечивает сепаратор 1 — устройство, расположенное в верхней части аппарата.

**Выпаривание в однокорпусной установке.** На предприятиях небольшой мощности выпаривание осуществляют в однокорпусных установках. Образующийся вторичный пар используют для нужд производства либо конденсируют.

**Материальный баланс.** Уравнение материального баланса выпаривания в однокорпусной установке имеет вид

$$G_{\text{н}} - U = G_{\text{к}}, \quad (6.35)$$

где  $G_{\text{н}}$ ,  $G_{\text{к}}$  — количество раствора, подаваемого на выпаривание, и количество концентрированного раствора после выпаривания, кг/с;  $U$  — количество выпаренного растворителя или количество образовавшегося вторичного пара, кг/с.

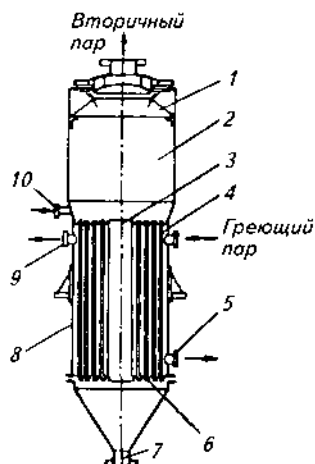


Рис. 6.2. Выпарной аппарат с центральной циркуляционной трубой

Используя то обстоятельство, что в процессе выпаривания количество содержащихся в растворе сухих веществ остается неизменным, можем записать

$$G_H b_H = G_K b_K, \quad (6.36)$$

где  $b_H$  и  $b_K$  — начальная и конечная концентрации раствора.

Решая оба уравнения относительно  $U$ , получим

$$\begin{cases} U = G_H - G_K; \\ U = G_H \left( 1 - \frac{b_H}{b_K} \right). \end{cases} \quad (6.37)$$

Система уравнений (6.37) может быть решена относительно количества выпаренного раствора  $G_K$ , если известны количество начального раствора и начальная и конечная его концентрации.

**Тепловой баланс.** Уравнение теплового баланса можно получить, суммируя теплоту, вносимую в аппарат начальным раствором и греющим паром и уносимую упаренным раствором, конденсатом, вторичным паром и в виде потерь в окружающую среду:

$$G_H C_H t_H + Dh'' = G_K C_K t_K + Dh' + Uh''_{вт} + Q_{пот}, \quad (6.38)$$

где  $C_H$  и  $C_K$  — удельные теплосмкости соответственно начального и упаренного растворов, Дж/(кг · К);  $t_H$  и  $t_K$  — температура раствора, поступающего на выпаривание, и температура кипения раствора, К;  $D$  — количество греющего пара, расходуемого на выпаривание, кг/с. Полагаем, что количество образовавшегося конденсата равно количеству пара, т. е. массой неконденсируемых газов можно пренебречь;  $h''$ ,  $h'$ ,  $h''_{вт}$  — энтальпии соответственно греющего пара, конденсата и вторичного пара, Дж/кг;  $Q_{пот}$  — потери теплоты в окружающую среду, Дж.

Для упрощения уравнения (6.38) представим количество теплоты, уносимой из аппарата упаренным раствором, как количество теплоты, которое имел бы начальный раствор при температуре кипения, за вычетом теплоты, приходящейся на долю выпариваемого растворителя при той же температуре  $t_K$ :

$$G_K C_K t_K = G_H C_H t_K - UC_{вт} t_K, \quad (6.39)$$

где  $C_{вт}$  — удельная теплосмкость растворителя, Дж/(кг · К).

Подставив уравнение (6.39) в уравнение теплового баланса (6.38), получим

$$G_H C_H t_H + D(h'' - h') = G_H C_H t_K - UC_{вт} t_K + Uh''_{вт} + Q_{пот}. \quad (6.40)$$

Решим это уравнение относительно  $D$  — количества расходуемого греющего пара:

$$D = G_n C_n \frac{t_k - t_n}{h'' - h'} + U \frac{h''_{вт} - C_v t_k}{h'' - h'} + \frac{Q_{пот}}{h'' - h'}. \quad (6.41)$$

Анализ уравнения (6.41) показывает, что часть греющего пара расходуется на нагревание раствора до температуры кипения (первое слагаемое); часть пара расходуется на образование вторичного пара — собственно на выпаривание (второе слагаемое), а часть — на покрытие потерь теплоты в окружающую среду через стенки аппарата (третье слагаемое).

В идеальном процессе, когда на выпаривание раствор подается при температуре кипения и нет потерь теплоты в окружающую среду, весь греющий пар расходуется на образование вторичного пара:

$$D = U \frac{h''_{вт} - C_v t_k}{h'' - h'} \quad (6.42)$$

или

$$d = \frac{D}{U} = \frac{h''_{вт} - C_v t_k}{h'' - h'}, \quad (6.43)$$

где  $d = \frac{D}{U}$  — удельный расход греющего пара: количество греющего пара, расходуемое на выпаривание 1 кг растворителя. В идеальном процессе приближенно можно считать  $d = 1$ ; в реальном процессе выпаривания с учетом потерь теплоты в окружающую среду  $d = 1,1 \dots 1,2$ .

Уравнение теплового баланса (6.40) может быть решено относительно количества выпариваемого растворителя:

$$U = D \frac{h'' - h'}{h''_{вт} - C_v t_k} + G_n C_n \frac{t_n - t_k}{h''_{вт} - C_v t_k} - \frac{Q_{пот}}{h''_{вт} - C_v t_k}. \quad (6.44)$$

Первое слагаемое уравнения (6.44) показывает, какое количество вторичного пара будет получено за счет теплоты  $D$  (кг/с) греющего пара. Второе слагаемое может иметь различный знак в зависимости от температуры  $t_n$ , при которой раствор подается на выпаривание. Третье слагаемое показывает, какое количество вторичного пара будет недополучено из-за потерь теплоты. Коэффициент

$$\beta = \frac{t_n - t_k}{h''_{вт} - C_v t_k} \quad (6.45)$$

называется *коэффициентом самоиспарения*. При  $t_n > t_k$   $\beta > 1$ , т. е.

раствор подается перегретым и часть вторичного пара будет образована за счет внутренней теплоты раствора (самоиспарение). При  $t_{н} = t_{к} \beta = 0$  и при  $t_{н} < t_{к} \beta < 1$  самоиспарения нет. Наоборот, в последнем случае теплота греющего пара расходуется на нагрев раствора до температуры кипения.

**Выпаривание в многокорпусной установке.** Образующийся при выпаривании в одном аппарате вторичный пар обладает достаточным запасом энергии и может быть использован в качестве греющего пара для второго аппарата, в котором выпаривание ведется при более низких давлении ( $p_1 > p_2$ ) и температуре ( $t_1 > t_2$ ). Количество аппаратов, объединенных в многокорпусной установке, может быть достаточно большим, но давление и температура кипения в каждом последующем аппарате должны быть всегда меньше, чем в предыдущем.

Раствор в установку может подаваться в первый корпус, обогреваемый греющим паром, а упаренный раствор отводится из последнего корпуса (рис. 6.3). Такая схема работы многокорпусной установки называется *прямоточной*. Эта схема обладает рядом преимуществ: во-первых, температура кипения раствора понижается от корпуса к корпусу вместе с увеличением концентрации, что благоприятно сказывается на качестве продукта; во-вторых, выпариваемый раствор перетекает из корпуса в корпус, используя разность давлений между корпусами, и, наконец, раствор приходит в последующий корпус перегретым, следовательно, наблюдается явление самоиспарения. К недостаткам этой схемы следует отнести увеличение вязкости раствора с повышением концентрации и с уменьшением температуры, что приводит к снижению коэффициента теплопередачи.

При противоточной схеме работы многокорпусной выпарной установки греющий пар подается в первый корпус, а раствор — в последний. В этом случае для перекачивания раствора требуются дополнительные насосы и промежуточные подогреватели раствора.

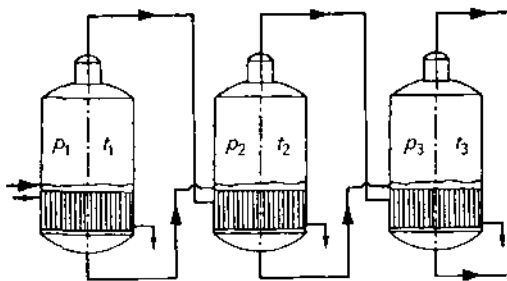


Рис. 6.3. Схема многокорпусной выпарной установки



Кроме того, наибольшему нагреву подвергается концентрированный раствор, что хотя и приводит к некоторому выравниванию вязкости, а следовательно, и к выравниванию коэффициентов теплопередачи, но часто отрицательно сказывается на качестве раствора.

При выпаривании легкокристаллизующихся растворов, для того чтобы избежать закупорки трубопроводов, используют схемы с параллельным питанием корпусов, когда исходный раствор подается, а упаренный раствор выводится независимо из каждого корпуса.

Удельный расход греющего пара для многокорпусной установки тем меньше, чем больше корпусов,

$$d = \frac{D}{U_1 + U_2 + \dots + U_n}, \quad (6.46)$$

где  $U_1, U_2, U_n$  — количество растворителя, выпаренного соответственно в 1, 2 и  $n$ -м корпусе.

Как будет показано далее, имеется целый ряд причин, препятствующих на практике увеличению числа корпусов более 5.

Для прямоточной многокорпусной установки характерно, что вторичный пар предыдущего корпуса не может быть полностью использован для обогрева последующего. Поэтому целесообразно отобрать часть вторичного пара, который называется в этом случае *экстрапаром*, и направить его для других нужд производства. Таким образом, многокорпусная выпарная установка кроме повышения концентрации раствора обеспечивает предприятие греющим паром и горячей водой (конденсатом). Подобная схема работы многокорпусной выпарной установки на современных сахарных заводах может служить примером утилизации теплоты на предприятии.

Необходимость снижения давления от первого корпуса к последнему часто приводит к тому, что один или несколько последних корпусов работают при давлении ниже атмосферного — вакууме. Это уменьшает энергетический потенциал вторичного пара последнего корпуса, поэтому он направляется на конденсацию.

**Условия, влияющие на интенсивность выпаривания.** Материальный и тепловой балансы составляют аналогично балансам для однокорпусных установок. Как в любом процессе теплообмена, интенсивность выпаривания зависит от интенсивности теплопередачи

$$Q = kF\Delta t,$$

т. е. в первую очередь от величины движущей силы  $\Delta t$ .

Для однокорпусного аппарата движущая сила  $\Delta t$  определяется как разность между температурой греющего пара  $t_{гр.п}$  и температурой кипения  $t_k$  раствора:

$$\Delta t_{общ} = t_{гр.п} - t_k. \quad (6.47)$$

Температура кипения раствора зависит от давления. Но давление внутри кипящей жидкости изменяется по высоте аппарата, т. е. гидростатическое давление жидкости приводит к тому, что температура кипения в нижних слоях жидкости выше, чем в верхних, а образующийся вторичный пар имеет температуру  $t$ , соответствующую давлению в соковом пространстве, т. е. ниже температуры кипения жидкости в среднем слое  $t_{к.ср}$ :

$$t_{к.ср} = t + \Delta t_{г.с}, \quad (6.48)$$

где  $\Delta t_{г.с}$  — гидростатическая температурная депрессия.

Давление в среднем слое жидкости, которое определяет температуру  $t_{к.ср}$ , с учетом гидростатического давления

$$p_{ср} = p + \frac{\rho g h}{2}, \quad (6.49)$$

где  $h$  — высота столба жидкости в аппарате.

Таким образом, движущая сила выпаривания фактически ниже:

$$\Delta t = \Delta t_{общ} - \Delta t_{г.с}. \quad (6.50)$$

На практике гидростатические температурные потери в зависимости от конструкции аппарата составляют 1...3 °С.

Чтобы уменьшить влияние гидростатической депрессии, на практике стараются строить аппараты с небольшой высотой столба жидкости, т. е. с большим диаметром.

Интенсивность выпаривания уменьшается также из-за *физико-химической температурной депрессии*  $\Delta t_{ф.х}$  — разности между температурой кипения раствора и чистого растворителя. Эта разность зависит от давления и концентрации раствора и может достигать значительных величин. Для нормального давления разность температур кипения 60%-го сахарного раствора и воды составляет 3 °С, для 25%-го водного раствора NaCl — 7 °С, а для 50%-го раствора NaOH — 42,2 °С.

Таким образом, полезная разность температур для выпарного аппарата

$$\Delta t_{пол} \approx \Delta t_{общ} - \Delta t_{г.с} - \Delta t_{ф.х} \quad (6.51)$$

или

$$\Delta t_{пол} = t_{гр.п} - t_{к} - \Delta t_{г.с} - \Delta t_{ф.х}. \quad (6.52)$$

Физико-химическая и гидростатическая температурная депрессия наблюдается в каждом выпарном аппарате, в том числе и в аппаратах многокорпусной установки.

Для многокорпусной выпарной установки общая разность тем-

ператур определяется как разность между температурой греющего пара, поступающего в первый корпус, и температурой кипения в последнем корпусе:

$$\Delta t_{\text{общ}} = t_{\text{гр.п}} - t_{\text{к}}^{\text{п}}. \quad (6.53)$$

Полезная разность меньше общей на величину температурных потерь в каждом корпусе и потерь температуры пара при переходе из одного корпуса в другой за счет гидравлических потерь давления:

$$\Delta t_{\text{пол}} = t_{\text{гр.п}} - t_{\text{к}}^{\text{п}} - \Sigma \Delta t_{\text{г.с}} - \Sigma \Delta t_{\text{ф.х}} - \Sigma \Delta t_{\text{г}}. \quad (6.54)$$

Для уменьшения гидравлических температурных потерь уменьшают длину паропроводов, располагая корпуса рядом.

Анализ работы многокорпусной установки показал, что для уменьшения удельного расхода греющего пара целесообразно увеличивать число корпусов установки. С увеличением же числа корпусов пропорционально возрастает и стоимость установки. Однако беспредельное увеличение числа корпусов приводит к уменьшению движущей силы, приходящейся на каждый корпус.

Прежде всего температура кипения в первом корпусе не может быть выше допустимой для данного раствора. Поэтому увеличение давления и температуры греющего пара не ведет к увеличению  $\Delta t_{\text{пол}}$  для второго и последующих корпусов. С другой стороны, разрежение в последнем корпусе зависит от режима работы конденсатора и вакуум-насоса и также ограничено. Поэтому ограничена сама общая разность температур  $\Delta t_{\text{общ}}$ . А так как с увеличением числа корпусов возрастают потери температуры, то  $\Delta t_{\text{пол}}$  еще более ограничена. Поэтому на практике используют установки из 4...5 корпусов.

Многокорпусные выпарные установки можно компоновать из одинаковых аппаратов с равной поверхностью теплообмена  $F$ , в этом случае полезная разность температур между корпусами распределяется неравномерно. Многокорпусную установку с аппаратами, каждый из которых имеет разную, но наименьшую в данных условиях поверхность нагрева, рассчитывают по другому принципу. В этом случае полезная разность температур для каждого корпуса одинакова. Подробно с расчетом многокорпусных установок можно ознакомиться в специальной литературе.

#### Контрольные вопросы

1. Какие способы переноса теплоты вам известны?
2. Какой закон описывает перенос теплоты в твердом теле?
3. На какие стадии можно разделить процесс переноса теплоты от одного теплоносителя к другому, если они разделены стенкой?
4. От каких факторов зависит величина коэффициента теплопередачи?
5. От чего зависит величина коэффициента теплоотдачи от жидкости к стенке?

6. От каких факторов зависит величина коэффициента теплоотдачи от конденсирующегося пара к стенке?

7. Какой теплоноситель массой 1 кг способен отдать наибольшее количество теплоты?

8. Как оценивается энергетическая эффективность процесса выпаривания?

9. В чем преимущества многокорпусной выпарной установки?

10. Как рассчитывается общая и полезная разность температур?

## Глава 7

### МАССООБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ

Трудно найти пищевое производство, где не применялись бы процессы массообмена. Наиболее часто встречаются экстрагирование и экстракция, абсорбция и адсорбция, перегонка и ректификация, растворение и кристаллизация и, наконец, сушка.

Различные вещества могут находиться в неодинаковых фазовых состояниях. Например, вода может представлять собой твердую фазу — лед. При обычном давлении и температуре выше 0 °С вода находится в виде жидкости. При более высокой температуре вода превращается в пар, переходит в паровую фазу. Газы — сильно перегретые пары соответствующих веществ. Различные фазы газов могут вступать во взаимодействие друг с другом. При этом взаимодействии происходит обмен веществами, растворенными в фазах.

Когда мелко изрезанную сахарную свеклу (стружку) промывают, сахар, содержащийся в клеточной жидкости, переходит в воду. Этот переход обусловлен разностью концентрации сахара в клеточной жидкости и воде. Скорость перехода сахара из стружки в воду будет уменьшаться по мере увеличения концентрации сахара в воде и снижения его концентрации в стружке. Наконец эти концентрации станут равными и процесс прекратится.

Движущей силой массообменных процессов является разность концентраций.

При растворении сахара в воде вещество (сахар) переходит из твердой фазы в жидкую. При очистке жидкостей или газов с помощью активированного угля вещество переходит из жидкой или газовой фазы в твердую. При разбавлении растворов происходит переход вещества из одной жидкой фазы в другую.

#### 7.1. ОСНОВЫ МАССОПЕРЕДАЧИ

Массообменные процессы принято классифицировать по агрегатному состоянию и характеру взаимодействия фаз.

В основе наших представлений о массопередаче лежит понятие *равновесия фаз*. Это равновесие, например концентрация растворенного вещества в двух взаимодействующих фазах, зависит от

температуры и давления. Массоперенос начинается, если концентрация вещества во взаимодействующих фазах отличается от равновесной. Чем больше это различие, тем выше скорость переноса. Зная концентрацию компонента в фазах и условия равновесия, можно определить направление процесса. Состояние равновесия подчиняется правилу фаз Гиббса, которое гласит: *для равновесной термодинамической системы, на которую из внешних факторов действуют только температура и давление, число степеней свободы  $C$  равно числу компонентов  $K$  минус число фаз  $\Phi$  плюс два:*

$$C = K - \Phi + 2. \quad (7.1)$$

Число степеней свободы — это число независимых переменных (температура, давление и концентрация вещества в фазах).

Если однокомпонентная система ( $K = 1$ ) состоит из двух фаз ( $\Phi = 2$ ), находящихся в равновесии, число степеней свободы

$$C = 1 - 2 + 2 = 1.$$

Это значит, что для такой системы можно произвольно выбирать только один параметр. Например, для однокомпонентной двухфазной системы вода — пар от изменения давления изменяются количество воды, обращенной в пар, и температура смеси.

В двухкомпонентной системе этанол — вода, состоящей из жидкой и паровой фаз, могут попарно изменяться следующие параметры: температура  $t$  и концентрация в одной из фаз  $x$ ; давление  $p$  и концентрация одной фазы  $y$ ; концентрации фаз  $x$  и  $y$ , так как число степеней свободы  $C = 2 - 2 + 2 = 2$ .

Связь между параметрами в условиях равновесия может быть представлена уравнениями, таблицами или графиками — диаграммами.

**Материальный баланс. Уравнение рабочей линии.** Представим себе часть массообменного аппарата, в котором осуществляется противоточный непрерывный массообменный процесс (рис. 7.1). Пусть из верхнего сечения к нижнему движется фаза  $L$ , изменяющая концентрацию извлекаемого вещества от  $x_n$  до  $x_k$ . Навстречу ей из нижнего сечения к верхнему движется фаза  $G$ , изменяя свою концентрацию этого же вещества от  $y_n$  до  $y_k$ .

Для непрерывного установившегося процесса напомним уравнение материального баланса:

$$L_n + G_n = G_k + L_k. \quad (7.2)$$

Для компонента, переходящего из одной

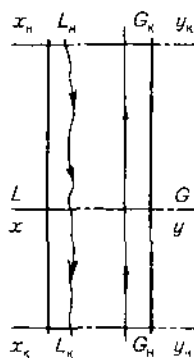


Рис. 7.1. Схема непрерывного противоточного массообменного процесса

фазы в другую, уравнение материального баланса примет вид

$$L_n x_n + G_n y_n = G_k y_k + L_k x_k. \quad (7.3)$$

Составим теперь подобное уравнение материального баланса для нижнего сечения и произвольно выбранного сечения в средней части аппарата с текущими концентрациями  $x$  и  $y$  и расходами  $L$  и  $G$ :

$$L \cdot x + G_n y_n = L_k x_k + G \cdot y. \quad (7.4)$$

Несмотря на переход компонента из одной фазы в другую, для большинства процессов можно предположить, что массовые расходы фаз  $L$  и  $G$  практически не изменяются от сечения к сечению, т. е.

$$L_n = L_k = L, \text{ а } G_n = G_k = G.$$

Перепишем уравнение (7.4) с учетом этого допущения:

$$Lx + Gy_n = Lx_k + G \cdot y \quad (7.5)$$

или

$$y = y_n + \frac{L}{G}(x - x_k). \quad (7.6)$$

В координатах  $x - y$  на диаграмме равновесия (рис. 7.2) последнее выражение представляет собой прямую с углом наклона  $\operatorname{arctg} = \frac{L}{G}$  и отсекающую на оси  $y$  отрезок  $y_n$ . Эта прямая получила название *рабочей линии*, так как она фиксирует рабочие концентрации в различных сечениях аппарата.

**Основное уравнение массопередачи.** В соответствии с основным кинетическим уравнением (3.10) основное уравнение массопередачи примет следующий вид:

$$\frac{dM}{dF d\tau} = \frac{\Delta C}{R}, \quad (7.7)$$

где  $dM$  — количество вещества, перешедшего из одной фазы в другую;  $dF$  — площадь поверхности фазового контакта;  $d\tau$  — продолжительность процесса;  $\Delta C$  — движущая сила массообменного процесса;  $R$  — сопротивление массопереносу.

Заменяя сопротивление  $R$  коэффициентом массопередачи  $k_M = 1/R$ , уравнение (7.7) примет вид

$$dM = k_M \Delta C dF d\tau, \quad (7.8)$$

а в конечных величинах для установившихся процессов

$$M = k_M \Delta C F. \quad (7.9)$$

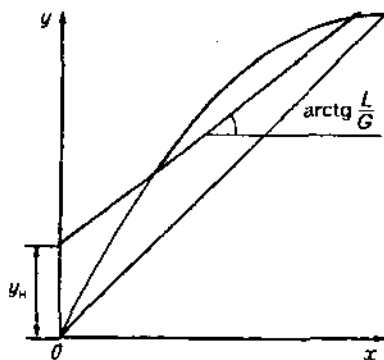


Рис. 7.2. Рабочая линия массообменного процесса

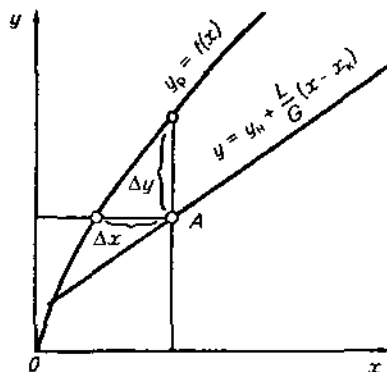


Рис. 7.3. Движущая сила процессов массопередачи

**Движущая сила процессов массопередачи.** Выше уже отмечалось, что скорость массопереноса тем выше, чем больше разность между концентрацией в фазах и равновесной концентрацией. Концентрация в фазе и есть рабочая концентрация. Значит, движущая сила определяется расстоянием от рабочей линии до равновесной кривой. Но это расстояние, например от точки *A* (рис. 7.3), можно измерять как по горизонтали, тогда движущая сила выразится разностью концентраций  $\Delta x$  в фазе *L*, так и по вертикали, в этом случае расстояние  $\Delta y$  есть разность концентраций в фазе *G*. Таким образом, в массообменных процессах движущая сила может выражаться двояко, через концентрацию в одной или другой фазе. Как следует из того же рис. 7.3, движущая сила процесса изменяется от сечения к сечению аппарата, как это было и у теплообменных аппаратов. Поэтому, как и ранее, попытаемся получить выражение средней движущей силы, необходимой для расчета процесса.

В соответствии с уравнением (7.9), используя два выражения движущей силы, основное уравнение массопередачи можно записать так:

$$M = k_y \Delta y F = k_x \Delta x F. \quad (7.10)$$

Рассмотрим изменение концентраций  $x$  и  $y$  вдоль поверхности раздела фаз при их взаимодействии, когда  $y > y_p$ . Для элемента поверхности  $dF$  движущая сила

$$\Delta y = y - y_p. \quad (7.11)$$

Уравнение материального баланса (7.3) для перехода вещества из одной фазы в другую перепишем в следующем виде:

$$M = G(y_n - y_k) = L(x_k - x_n). \quad (7.12)$$

Решая совместно уравнения (7.10) и (7.12), получим

$$F = \frac{G}{k_y} \frac{y_n - y_k}{\Delta y} = \frac{L}{k_x} \frac{x_k - x_n}{\Delta x}. \quad (7.13)$$

Множители  $\frac{y_n - y_k}{\Delta y} = m_y$  и  $\frac{x_k - x_n}{\Delta x} = m_x$  называют *числом единиц переноса*. Это число показывает, на сколько единиц изменяет рабочую концентрацию одна единица движущей силы.

Для элемента поверхности  $dF$  количество вещества, отданное фазой  $G$ ,

$$dM = G(-dy). \quad (7.14)$$

Знак минус у движущей силы  $dy$  в этом уравнении показывает, что разность концентрации вдоль поверхности  $dF$  уменьшается. Это же количество вещества в соответствии с уравнениями (7.10) и (7.11)

$$dM = k_y(y - y_p)dF. \quad (7.15)$$

Решая совместно уравнения (7.14) и (7.15), получим

$$dF = -\frac{G}{k_y} \frac{dy}{y - y_p}. \quad (7.16)$$

Проинтегрируем уравнение (7.16) в пределах  $0 - F$  и  $y_n - y_k$ :

$$F = -\frac{G}{k_y} \int_{y_n}^{y_k} \frac{dy}{y - y_p}. \quad (7.17)$$

Воспользуемся уравнением (7.12), из которого следует, что

$$G = \frac{M}{y_n - y_k},$$

и подставим в уравнение (7.17), поменяв пределы интегрирования,

$$F = \frac{M}{k_y(y_n - y_k)} \int_{y_k}^{y_n} \frac{dy}{y - y_p}. \quad (7.18)$$

Откуда

$$M = k_y F \frac{y_n - y_k}{\int_{y_k}^{y_n} \frac{dy}{y - y_p}}. \quad (7.19)$$



Проделав аналогичные преобразования для уравнений

$$dM = Ldx$$

и

$$dM = k_x(x_p - x)dF, \quad (7.20)$$

получим уравнение для движущей силы, выраженной через концентрацию  $x$ ,

$$M = k_x F \frac{x_k - x_n}{\int_{x_n}^{x_k} \frac{dx}{x_p - x}}. \quad (7.21)$$

Сравнивая уравнения (7.19) и (7.21) с основным уравнением массопередачи (7.10), получим выражения для средней движущей силы процесса массопередачи

$$\Delta y = \frac{y_n - y_k}{\int_{y_k}^{y_n} \frac{dy}{y - y_p}} \quad (7.22)$$

и

$$\Delta x = \frac{x_k - x_n}{\int_{x_n}^{x_k} \frac{dx}{x_p - x}}. \quad (7.23)$$

Подобная структура уравнений (7.22) и (7.23) сохраняется, если вместо концентрации движущую силу выразить химическим потенциалом, парциальным давлением, энтальпией и т. д. В практических расчетах величину интеграла в знаменателе этих выражений определяют графически. Заметим, что физический смысл интеграла в знаменателе тот же, что и множителя в выражении (7.13), т. е. это — число единиц переноса.

Если условия равновесия представлены линейной зависимостью  $y_p = A_p x$ , то средняя движущая сила процесса определяется как средняя логарифмическая величина:

$$\Delta y = \frac{\Delta y_n - \Delta y_k}{2,3 \lg \frac{\Delta y_n}{\Delta y_k}}; \quad (7.24)$$

$$\Delta x = \frac{\Delta x_k - \Delta x_n}{2,3 \lg \frac{\Delta x_k}{\Delta x_n}}, \quad (7.25)$$

где  $\Delta y_n = y_n - y_p^n$ ;  $\Delta y_k = y_k - y_p^k$ ;  $\Delta x_n = x_p^n - x_n$ ;  $\Delta x_k = x_p^k - x_k$ ;  $y_p^n$ ,  $x_p^n$  и  $y_p^k$ ,  $x_p^k$  — начальные и конечные равновесные концентрации.

**Модифицированное уравнение массопередачи.** Основное уравнение массопередачи (7.9) для практических расчетов приемлемо только в том случае, если можно рассчитать площадь поверхности фазового контакта. В большинстве случаев эту поверхность определить нельзя, поэтому выразим ее косвенно, например через рабочий объем аппарата.

Обозначим рабочий объем аппарата буквой  $V$  ( $\text{м}^3$ ). Допустим, что в  $1 \text{ м}^3$  этого объема удельная поверхность фазового контакта составляет  $\sigma$  ( $\text{м}^2/\text{м}^3$ ). Поверхность фазового контакта при этом

$$F = \sigma V.$$

Подставив  $F$  в основное уравнение массопередачи (7.10), получим

$$M = k_y \Delta y \sigma V. \quad (7.26)$$

Объемный коэффициент массопередачи  $k_y$  показывает, какое количество вещества передается из одной фазы в другую в единице объема аппарата за единицу времени, если средняя разность концентраций в одной из фаз и равновесной равна единице.

Таким образом,

$$M = k_y \Delta y V, \quad (7.27)$$

а для концентрации  $x$

$$M = k_x \Delta x V. \quad (7.28)$$

Для аппаратов колонного типа в качестве основного параметра используется высота  $H$  ( $\text{м}$ ). Обозначим площадь горизонтального сечения аппарата буквой  $f$  ( $\text{м}^2$ ), тогда  $V = Hf$ . Используя ранее принятое выражение  $F = \sigma V$ , получим

$$F = \sigma Hf. \quad (7.29)$$

Модифицированные уравнения массопередачи для колонных аппаратов

$$M = k_{yh} \Delta y H \text{ и } M = k_{xh} \Delta x H, \quad (7.30)$$

где  $k_{yh} = k_y \sigma f$  и  $k_{xh} = k_x \sigma f$  — коэффициенты массопередачи для единицы высоты аппарата.

Подставив выражение (7.30) в уравнение (7.12) с учетом выражения движущей силы (7.22), получим высоту колонного аппарата

$$H = \frac{G}{k_y f \sigma} \int_{y_k}^{y_n} \frac{dy}{y - y_p}. \quad (7.31)$$

Ранее мы установили, что интеграл в правой части (7.31) является числом единиц переноса. Следовательно, множитель перед интегралом есть высота аппарата, эквивалентная единице переноса,

$$h_y = \frac{G}{k_y f \sigma} \quad (7.32)$$

и аналогично для концентрации  $x$

$$h_x = \frac{L}{k_x f \sigma}. \quad (7.33)$$

**Определение числа единиц переноса.** Рассмотрим случай, когда условия равновесия концентрации компонента представлены прямой  $y_p = A_p x$ , а рабочая линия процесса прямой  $y = Ax$  (рис. 7.4). Определим число единиц переноса  $m_y$ , полагая, что рабочая концентрация  $y_2$  на выходе из элемента аппарата равна равновесной концентрации на входе в него  $y_{p1}$ .

Изменение рабочих концентраций от  $y_1$  до  $y_2$  называется *ступенью изменения концентраций*.

В соответствии с формулами (7.13) и (7.22) число единиц переноса для концентрации  $y$

$$m_y = \int_{y_k}^{y_n} \frac{dy}{y - y_p}.$$

Для нашего случая, когда  $y = Ax$ , а  $y_p = A_p x$ , справедливо

$$x = \frac{y}{A} \text{ и } y_p = \frac{A_p}{A} y.$$

Выражение для числа единиц переноса можем переписать в соответствии с обозначениями на рис. 7.4:

$$m_y = \int_{y_2}^{y_1} \frac{dy}{y - \frac{A_p}{A} y},$$

упростив это выражение, получим

$$m_y = \frac{A}{A - A_p} \int_{y_2}^{y_1} \frac{dy}{y} = \frac{A}{A - A_p} \ln \frac{y_1}{y_2}.$$

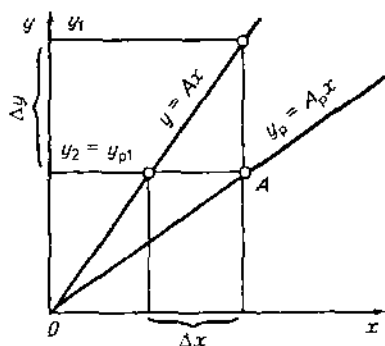


Рис. 7.4. Ступени изменения концентраций

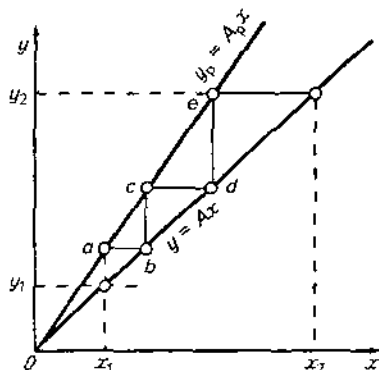


Рис. 7.5. Графическое определение числа единиц переноса

Но мы условились, что  $y_2 = y_{p1}$ , а по аналогии с предыдущим  $y_{p1} = \frac{A_p}{A} y_1$ , тогда

$$m_y = \frac{A}{A - A_p} \ln \frac{y_1}{\frac{A_p}{A} y_1} = \frac{A}{A - A_p} \ln \frac{A}{A_p}. \quad (7.34)$$

Из последнего выражения следует, что при линейном изменении рабочих концентраций и линейных условиях равновесия число единиц переноса, соответствующее одной ступени концентрации, есть величина постоянная, не зависящая от концентрации. Этот вывод позволяет определить число единиц переноса графически. Допустим, в процессе массопередачи рабочие концентрации изменяются от  $y_1$  до  $y_2$  и от  $x_1$  до  $x_2$  (рис. 7.5).

Число ступеней изменения рабочих концентраций ( $n = 3$ ) можно определить построением ломаной линии между рабочей линией и линией равновесных концентраций: проведем вертикаль, соответствующую  $x_1$ , до пересечения с равновесной прямой в точке  $a$ . Затем через точку  $a$  проведем горизонталь до пересечения с рабочей линией в точке  $b$  — получим первую ступень изменения рабочих концентраций. Через точку  $b$  проведем вертикаль на линию равновесия и получим точку  $c$ , из последней проложим горизонталь и получим вторую ступень. Для построения третьей ступени воспользуемся точкой  $d$ . Если умножить число ступеней изменения рабочих концентраций (в нашем случае  $n = 3$ ) на число единиц переноса, соответствующих одной ступени  $m_y$  (7.34), получим общее число единиц переноса для всего аппарата.

$$m_y = n \frac{A}{A - A_p} \ln \frac{A}{A_p}. \quad (7.35)$$

Число  $n$  для двух прямых с угловыми коэффициентами  $A_p$  и  $A$  с помощью правил аналитической геометрии может быть рассчитано по уравнению

$$n = \frac{\ln(x_2/x_1)}{\ln(A_p/A)}. \quad (7.36)$$

Описанный метод определения числа единиц переноса справедлив и в том случае, если условия равновесия представлены кривой  $y_p = f(x)$ .

## 7.2. ЗАКОНЫ МАССОПЕРЕДАЧИ

Как и перенос теплоты, перенос массы может осуществляться различными способами.

**Первый закон Фика — закон молекулярной диффузии.** Известно, что молекулы в газах и жидких растворах находятся в непрерывном хаотическом движении. Благодаря этому осуществляется перенос вещества из области с высокой концентрацией в область с низкой концентрацией, который подчиняется первому закону Фика: *количество диффундирующего вещества пропорционально градиенту концентраций, площади, перпендикулярной направлению диффузионного потока, через которую осуществляется перенос, и времени:*

$$dM = -D \frac{\partial C}{\partial x} dF d\tau, \quad (7.37)$$

где  $D$  — коэффициент диффузии;  $\frac{\partial C}{\partial x}$  — градиент концентрации в направлении диффузии;  $dF$  — площадь поверхности, через которую диффундирует вещество;  $d\tau$  — продолжительность диффузии.

Коэффициент диффузии показывает, какое количество вещества при разности концентрации, равной единице концентрации, на расстоянии 1 м переходит через поверхность в 1 м<sup>2</sup> за 1 с.

Знак минус в уравнении (7.37) показывает, что перенос вещества осуществляется навстречу градиенту концентраций. Размерность коэффициента диффузии зависит от размерности концентрации. Так, если выразить концентрацию в кг/м<sup>3</sup>, то, используя выражение (7.37), получим размерность коэффициента диффузии

$$[D] = \left[ \frac{dM \partial x}{dF \partial C d\tau} \right] = \left[ \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{м}^2 \cdot \text{кг} (\text{м}^3 \cdot \text{с})} \right] = \left[ \frac{\text{м}^2}{\text{с}} \right].$$

Размерность коэффициента молекулярной диффузии совпадает

с размерностью коэффициента кинематической вязкости  $\nu$  и коэффициента температуропроводности  $a$ , но физический смысл этих явлений различный. Коэффициент диффузии зависит от агрегатного состояния систем, например, коэффициент диффузии в газах в тысячи раз больше, чем в жидкостях. Кроме того, коэффициент диффузии зависит также от давления и температуры. С повышением температуры он увеличивается, а с увеличением давления — уменьшается.

Коэффициенты молекулярной диффузии измеряются опытным путем, и для большинства веществ эти данные приводятся в справочной литературе.

Заметим, что первый закон Фика является аналогом закона теплопроводности Фурье, а явления переноса теплоты и массы во многом похожи. Это обстоятельство и аналогичность в описании других законов тепло- и массопереноса используются при расчете массопередачи.

**Второй закон Фика — дифференциальное уравнение молекулярной диффузии.** Аналогично дифференциальному уравнению теплопроводности Фурье (6.11) дифференциальное уравнение молекулярной диффузии (второй закон Фика) имеет следующий вид:

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} = D \left( \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \right), \quad (7.38)$$

или

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} = D \nabla^2 C. \quad (7.39)$$

Уравнение (7.39) аналогично второму закону Фурье (6.11), а коэффициент молекулярной диффузии  $D$  здесь является аналогом коэффициента температуропроводности  $a$ .

**Закон массоотдачи Шукарева.** Этот закон является аналогом закона теплоотдачи (закона охлаждения) твердого тела Ньютона (6.15), который был сформулирован русским ученым А. Н. Шукаревым при изучении кинетики растворения твердых тел: *количество вещества, переносимого из одной фазы в другую, пропорционально разности концентраций у поверхности раздела фаз и в ядре потока воспринимающей фазы, площади поверхности фазового контакта и времени:*

$$dM = \beta (C_r - C_f) dF dt, \quad (7.40)$$

где  $\beta$  — коэффициент массоотдачи;  $C_r$ ,  $C_f$  — концентрации вещества соответственно на границе раздела фаз и в ядре потока воспринимающей фазы.

Коэффициент массоотдачи показывает, какое количество ве-

шества переносится из одной фазы в другую через  $1 \text{ м}^2$  поверхности фазового контакта за  $1 \text{ с}$ , если разность концентраций на границе раздела фаз и в ядре потока равна единице.

Размерность  $\beta$  зависит от размерности концентрации. Если принять размерность  $[C] = \left[ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right]$ , то

$$[\beta] = \left[ \frac{dM}{dF \partial \tau (C_r - C_f)} \right] = \left[ \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{кг}/\text{м}^3} \right] = \left[ \frac{\text{м}}{\text{с}} \right].$$

Совпадение с размерностью скорости здесь следует считать случайным, не имеющим физического смысла.

Для установившихся процессов закон Шукарева принимает форму

$$dM = \beta (C_r - C_f) dF. \quad (7.41)$$

Для практических расчетов, полагая, что  $\beta$  не изменяется вдоль поверхности контакта фаз, уравнение можно записать так:

$$M = \beta (C_r - C_f) F. \quad (7.42)$$

**Дифференциальное уравнение конвективного массопереноса.** Явления переноса вещества, возникающие при хаотическом образовании поверхности контакта, практически не поддаются математическому описанию. Воспользуемся аналогией между явлениями переноса теплоты и массы и напишем уравнение конвективной диффузии, аналогичное уравнению (6.16),

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} + \frac{\partial C}{\partial x} w_x + \frac{\partial C}{\partial y} w_y + \frac{\partial C}{\partial z} w_z = D \nabla^2 C. \quad (7.43)$$

Как и ранее в подобных случаях, из-за невозможности прямого решения уравнения (7.43) используют метод подобного преобразования, который приводит к критериальному уравнению

$$\text{Nu}_D = f(\text{Re}, \text{Ga}, \text{Pr}_D, \text{Fo}_D, I_1, I_2 \dots). \quad (7.44)$$

Аналогичность уравнений (6.16) и (7.43) и аналогичность приемов подобного преобразования неизбежно ведут к аналогичности полученных здесь критериев. Диффузионный критерий Нуссельта

$$\text{Nu}_D = \beta l / D. \quad (7.45)$$

Критерий Нуссельта является мерой сравнения скорости переноса вещества в пограничном слое у поверхности раздела фаз и

скорости переноса внутри фазы. В процессах, где перенос вещества осуществляется из твердой фазы, вместо критерия  $Nu_D$  используется диффузионный критерий Био:

$$Bi_D = \beta l / k_D, \quad (7.46)$$

где  $k_D$  — коэффициент массопроводности или коэффициент внутренней диффузии.

Таким образом, критерий Био является мерой сравнения скорости внешней и внутренней диффузии извлекаемого из твердой фазы вещества.

Аналогично переносу теплоты диффузионный критерий Фурье

$$Fo_D = \frac{D\tau}{l^2}.$$

Равенство критериев  $Fo_D$  в сходственных точках — необходимое условие подобия неустановившихся процессов.

Диффузионный критерий Прандтля

$$Pr_D = \nu / D = \mu / \rho D, \quad (7.47)$$

составленный, как и аналогичный критерий в теплопередаче, из физических характеристик фазы, является мерой сравнения полей скоростей и концентраций в процессах массоотдачи.

Необходимым условием подобия процессов массопередачи является наличие гидродинамического подобия, которое требует равенства в сходственных точках критериев Рейнольдса и Галилея. Последний был нами получен комбинированием критериев  $Re$  и  $Fg$  с целью исключения скоростей:

$$Ga = g l^3 / \nu^2.$$

Геометрическое подобие требует также равенства симплексов  $F_1, F_2$  и т. д.

Применительно к конкретным задачам массообмена общее критериальное уравнение (7.44) может быть упрощено. Для стационарных процессов из рассмотрения выпадает критерий  $Fo_D$ . При вынужденном движении фазы естественной конвекцией можно пренебречь. В этом случае критерий  $Ga$  выпадает, т. е.

$$Nu_D = f(Re, Pr_D, F_1, F_2 \dots). \quad (7.48)$$

Для процессов, идущих в условиях естественной конвекции, выпадает критерий  $Re$ :

$$Nu_D = f(Ga, Pr_D, F_1, F_2 \dots). \quad (7.49)$$



Обработывая экспериментальные данные на основе критериальных уравнений, определяют значение диффузионного критерия Нуссельта, а затем рассчитывают коэффициенты массоотдачи

$$\beta = \text{Nu}_D \frac{D}{l}. \quad (7.50)$$

**Выражение коэффициента массопередачи через коэффициенты массоотдачи.** Рассмотрим случай перехода вещества из фазы  $G$  в фазу  $L$ , если зависимость между равновесными концентрациями линейна (рис. 7.6) и изображается прямой  $y_p = A_p x$ , а рабочая линия процесса  $y = Ax + B$ .

В правой части рисунка условно изображен вертикальный участок поверхности фазового контакта с пограничными слоями в фазах  $G$  и  $L$ .

Количество вещества, переносимое из фазы  $G$  к элементарной поверхности раздела фаз, в соответствии с законом Шукарева

$$dM = \beta_y (y - y_r) dF, \quad (7.51)$$

где  $\beta_y$  — коэффициент массоотдачи в фазе  $G$ ;  $y_r$  — концентрация на границе раздела фаз.

Такое же количество вещества перемещается от элементарной поверхности раздела фаз в фазу  $L$ :

$$dM = \beta_x (x_r - x) dF, \quad (7.52)$$

где  $\beta_x$  — коэффициент массоотдачи в фазе  $L$ ;  $x_r$  — концентрация на границе раздела фаз.

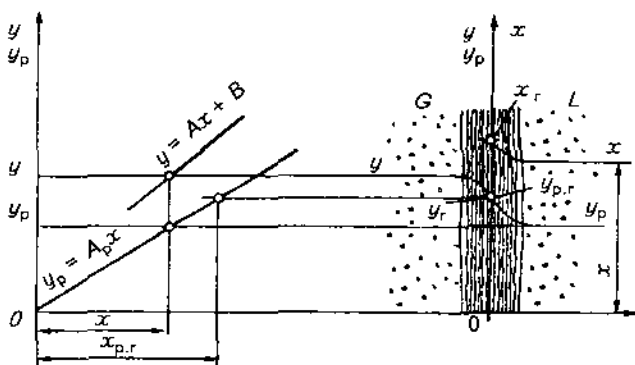


Рис. 7.6. Иллюстрация процесса равновесия и рабочих концентраций при переходе вещества из одной фазы в другую

Используя условия равновесия  $y_p = A_p x$ , выразим концентрацию  $x$  в уравнении (7.52) через  $y$ :

$$dM = \beta_x \left( \frac{y_{p,r}}{A_p} - \frac{y_p}{A_p} \right) dF = \frac{\beta_x}{A_p} (y_{p,r} - y_p) dF. \quad (7.53)$$

Если допустить существование равновесия на границе раздела фаз, то  $y_r$  и  $y_{p,r}$  равны. Это допущение подтверждено многочисленными экспериментами.

Тогда из уравнений (7.51) и (7.52) имеем

$$\frac{dM}{dF} \frac{1}{\beta_y} = (y - y_r) \quad \text{и} \quad \frac{dM}{dF} \frac{A_p}{\beta_x} = (y_{p,r} - y_p).$$

Сложим правые и левые части этих уравнений с учетом того, что  $y_r = y_{p,r}$

$$\frac{dM}{dF} \left( \frac{1}{\beta_y} + \frac{A_p}{\beta_x} \right) = (y - y_p),$$

откуда

$$dM = \frac{1}{\frac{1}{\beta_y} + \frac{A_p}{\beta_x}} (y - y_p) dF. \quad (7.54)$$

Сравнивая полученное выражение с уравнением (7.15), приходим к выводу:

$$k_y = \frac{1}{\frac{1}{\beta_y} + \frac{A_p}{\beta_x}}. \quad (7.55)$$

Аналогично, выражая концентрацию распределяемого вещества через  $x$ , получим

$$dM = \frac{1}{\frac{1}{A_p \beta_y} + \frac{1}{\beta_x}} (x_p - x) dF \quad (7.56)$$

или после сравнения с (7.21)

$$k_x = \frac{1}{\frac{1}{A_p \beta_y} + \frac{1}{\beta_x}}. \quad (7.57)$$

Анализ уравнений (7.55) и (7.57) показал, что коэффициенты массоотдачи зависят от величины коэффициентов массоотдачи  $\beta_y$  и  $\beta_x$  и от угла наклона линии равновесия. Таким образом, расчет коэффициентов массоотдачи сводится практически к определению коэффициентов массоотдачи в обеих фазах из уравнений, полученных на основе теории подобия.

### 7.3. АБСОРБЦИЯ

Процессы поглощения газов или паров жидкостью называют *абсорбцией*.

Для большинства случаев этот процесс обратимый, т. е. в определенных условиях, например при нагревании, можно выделить газ из жидкости. Такой процесс называют *десорбцией*.

Сочетание абсорбции и десорбции позволяет создать непрерывные промышленные производства с многократным использованием жидкого поглотителя и выделением в чистом виде поглощенного вещества из парогазовой смеси.

В пищевых производствах процессы абсорбции занимают значительное место. Например, при производстве спирта из образующегося в результате брожения диоксида углерода абсорбцией улавливают пары спирта, а затем очищенный газ сжижают для использования в других производствах.

Процесс насыщения минеральной воды и других напитков диоксидом углерода, в специальной технологии называемый *сатурацией* и *карбонизацией*, в действительности является классическим примером процесса абсорбции.

#### 7.3.1. ЗАКОН ГЕНРИ. РАВНОВЕСИЕ ПРИ АБСОРБЦИИ

Количество газа, которое может поглотить жидкость, зависит от свойств газа и жидкости, температуры и парциального давления поглощаемого газа в газовой смеси над поверхностью жидкости.

В качестве примера рассмотрим разделение бинарной газовой смеси, состоящей из компонентов *A* и *B*. Пусть жидкость поглощает компонент *A*. Определим число степеней свободы для этой системы, воспользовавшись правилом фаз Гиббса (см. 7.1):

$$\Phi + C = K + 2.$$

Для нашего примера  $\Phi = 2$ , так как в процессе участвуют две фазы — газ и жидкость. Число компонентов  $K = 3$ : газовые компоненты *A* и *B* и третий компонент — поглощающая жидкость.

Тогда число степеней свободы

$$C = 3 + 2 - 2 = 3.$$

Здесь три степени свободы — это три переменных параметра: температура, давление и концентрация. Изменение любого из них нарушает установившееся равновесие.

В состоянии равновесия при постоянных температуре и общем давлении концентрации компонента  $A$  в газовой смеси соответственно определенная концентрация этого компонента в жидкости. Этот закон, известный как закон Генри, записывается следующим уравнением:

$$p_A = E x_A, \quad (7.58)$$

где  $E$  — коэффициент пропорциональности, называемый коэффициентом или константой Генри;  $x_A$  — концентрация компонента  $A$  в жидкости, молярные доли.

В этом уравнении вместо концентрации компонента  $A$  в газовой смеси используется пропорциональное ей парциальное давление этого компонента в смеси  $p_A$  (Па).

Величина константы Генри зависит от свойств газа и жидкости, от их температуры и не зависит от общего давления.

Для идеальных растворов на диаграмме  $p - x$  (рис. 7.7) зависимость равновесных концентраций от давления изображается прямой линией, проходящей через начало координат с угловым коэффициентом, равным  $E$ .

При неизменных общем давлении и концентрации компонента, но с повышением температуры константа  $E$  увеличивается, что ведет к уменьшению растворимости газа в жидкости.

Закон Генри широко используется в быту. При подогреве воды вначале выделяются пузырьки газа, которые можно легко заметить на стенках посуды. Подобно этому явлению из свежей водопроводной воды, налитой в стакан, интенсивно выделяются газы. При этом создается впечатление, что вода вначале непрозрачная.

Это связано с резким уменьшением давления в воде. В городской водопроводной сети поддерживается давление на уровне  $(2 \dots 4) \cdot 10^5$  Па, а давление воды в стакане равно атмосферному. Уменьшение общего давления ведет к уменьшению парциальных давлений компонентов, что соответствует закону Дальтона: общее давление газовой смеси равно сумме парциальных давлений, составляющих смесь компонентов,

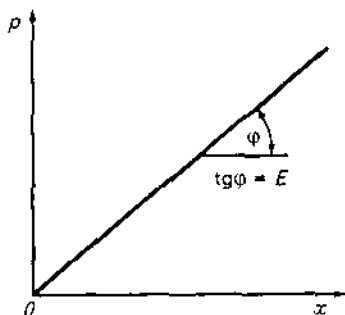


Рис. 7.7. Зависимость растворимости газа от давления

$$p = p_A + p_B. \quad (7.59)$$

Из закона Дальтона следует, что

парциальное давление компонента пропорционально общему давлению и его концентрации:

$$p_A = p y_A. \quad (7.60)$$

Подставив последнее выражение в уравнение закона Генри (7.59), получим

$$y_A = \frac{E}{p} x_A. \quad (7.61)$$

Заметим, что закон Дальтона, сформулированный для парциальных давлений  $p_A$  и  $p_B$ , и пропорциональных им концентраций  $y_A$  и  $y_B$ , справедлив и для равновесных парциальных давлений  $p_A^*$  и  $p_B^*$ , и соответствующих им равновесных концентраций  $y_A^*$  и  $y_B^*$ .

Закон Генри может быть представлен в следующем виде:

$$y_A = n x_A, \quad (7.62)$$

где  $n$  — коэффициент распределения, или константа фазового равновесия;  $n = E/p$ .

Графически уравнение (7.62) представляет собой прямую, проходящую через начало координат  $y - x$  с угловым коэффициентом  $n$ . Численное значение  $n$  и, следовательно, угол наклона прямой равновесия зависят от температуры и давления в системе. С увеличением давления  $n$  уменьшается, а с повышением температуры — увеличивается. Соответственно растворимость газов увеличивается с увеличением давления и понижением температуры.

Если равновесная система состоит из жидкости и смеси газов, то закону Генри может следовать каждый из компонентов смеси в отдельности.

Закону Генри подчиняются газы, критические температуры которых выше температуры раствора. С другой стороны, закон Генри справедлив для идеальных растворов и с достаточной точностью для сильно разбавленных растворов. Для систем, не подчиняющихся закону Генри, коэффициент  $n$  в уравнении (7.62) — величина переменная, поэтому кривую равновесия для них строят по опытным данным.

### 7.3.2. РАСЧЕТ АБСОРБЕРОВ

**Материальный баланс** (определение расхода жидкого поглотителя). Для определения расхода жидкого поглотителя примем следующие обозначения:  $G$  — расход газовой смеси, кмоль/с;  $y_{II}$  и  $y_K$  — начальная и конечная концентрации извлекаемого компонента в газовой смеси, кмоль/кмоль смеси;  $L$  — расход жидкого поглотителя, кмоль/с;  $x_{II}$  и  $x_K$  — соответственно начальная и ко-

нечная концентрации извлекаемого компонента в жидком поглотителе, кмоль/кмоль поглотителя.

Воспользуемся уравнением материального баланса процесса массопередачи (7.3)

$$G(y_n - y_k) = L(x_k - x_n).$$

Расход жидкого поглотителя

$$L = G(y_n - y_k)/(x_k - x_n). \quad (7.63)$$

Удельный расход жидкого поглотителя на 1 кмоль газовой смеси

$$l = \frac{L}{G} = \frac{y_n - y_k}{x_k - x_n} \quad (7.64)$$

или

$$y_n - y_k = l(x_k - x_n). \quad (7.65)$$

Последнее уравнение, как и уравнение (7.5), на диаграмме равновесия (рис. 7.8) изображается прямой, угол наклона которой зависит от удельного расхода жидкого поглотителя. Это значит, что  $l$  влияет на размеры аппарата.

Рассмотрим предельные положения рабочей линии  $AB$  с принятыми нами начальными и конечными концентрациями фаз (см. рис. 7.8). При возрастании удельного расхода поглотителя увеличивается угол наклона рабочей линии, который может достигнуть  $90^\circ$ , и рабочая линия примет вертикальное положение  $AB_1$ . Как мы уже знаем, движущая сила процесса массопередачи тем больше, чем дальше рабочая линия отстоит от линии равновесия. Следовательно, средняя для процесса  $AB$  движущая сила  $y_{\text{ср}}$  увеличивается по мере ее приближения к вертикали. При этом удельный расход поглотителя стремится к бесконечности в процессе  $AB_1$ , для которого разность  $(x_k - x_n)$  равна нулю.

Минимальный расход поглотителя  $l_{\text{мин}}$  достигается в процессе  $AB_2$ , когда рабочая линия в точке  $B_2$  пересечет линию равновесия. В этом случае средняя движущая сила резко уменьшается, так как в

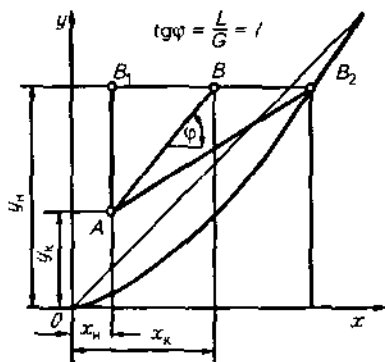


Рис. 7.8. Положение рабочей линии в зависимости от удельного расхода абсорбента

выходном для газа сечении движущая сила равна нулю. Значение  $l_{\min}$  можно рассчитать по уравнению (7.64), подставив вместо  $x_k$  равновесную концентрацию  $x_{p,k}$ :

$$l_{\min} = \frac{y_n - y_k}{x_{p,k} - x_n}. \quad (7.66)$$

Для реального аппарата удельный расход поглотителя всегда больше  $l_{\min}$ , так как  $x_n < x_{p,k}$ ; его рассчитывают с учетом коэффициента запаса поглотителя, определяемого экспериментально.

Заметим, что увеличение удельного расхода абсорбента, хотя и приводит к уменьшению высоты аппарата, влечет за собой увеличение его диаметра. Это связано с тем, что увеличение  $l$  приводит к увеличению общего расхода поглотителя  $L$ .

Оптимальный расчет поглотителя может быть получен только в результате многовариантного расчета для разных  $l$  с учетом всех возникающих затрат.

**Тепловой баланс** (определение температуры абсорбента). Абсорбция газов сопровождается выделением теплоты и повышением температуры фаз, что снижает движущую силу. Поэтому для поддержания высокой скорости процесса теплоту необходимо отводить.

В наших расчетах можно пренебречь нагреванием газа и считать, что вся выделяющаяся при абсорбции теплота затрачивается на нагрев жидкости.

Пусть линия равновесия при начальной температуре входящей в аппарат жидкости представляет собой прямую  $OD$  (рис. 7.9). Точка  $B$  на прямой  $OD$  соответствует равновесным концентрациям  $y_n$  и  $x_n$  при температуре жидкости  $t_n$ . По мере нагревания жидкости увеличивается угол наклона прямой равновесия [(см. уравнение (7.62)]. Построим ординату  $y_1$  для некоторой точки  $B_1$  на новой прямой равновесия, соответствующей температуре жидкости  $t_1$ . Для температуры жидкости  $t_2$  условия равновесия ( $y_2$  и  $x_2$ ) представлены точкой  $B_2$  и т. д. В результате при повышении температуры жидкости равновесие системы (при постоянном давлении) будет представлено кривой  $OB B_1 B_2 C$ .

Температуру жидкости  $t$  в произвольно выбранном сечении аппарата можно найти из уравнения теплового баланса для части аппарата, расположенной между этим сечением и крайним верхним сечением аппарата, куда подводится жидкость с начальной температурой  $t_n$ :

$$qM' = LC(t - t_n), \quad (7.67)$$

где  $q$  — дифференциальная теплота растворения газа, кДж/кмоль;  $M'$  — количество газа, поглощенного в рассматриваемой части абсорбера, кмоль/с;  $L$  — расход жидкого поглотителя, кмоль/с;  $C$  — удельная теплоемкость жидкости, кДж/(кг · К).

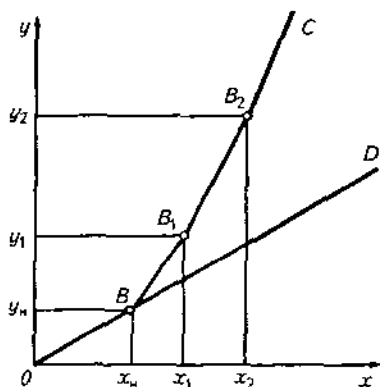


Рис. 7.9. Изменение равновесных концентраций при изменении температуры жидкости

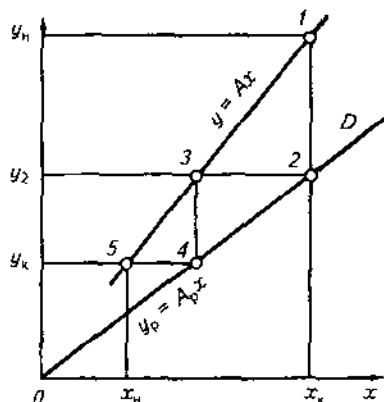


Рис. 7.10. Графическое определение числа ступеней изменения концентрации в процессе абсорбции

С другой стороны, из материального баланса

$$M' = L(x - x_n). \quad (7.68)$$

Подставив значение  $M'$  в уравнение (7.67), получим

$$q(x - x_n) = C(t - t_n). \quad (7.69)$$

Решая уравнение (7.69) относительно  $t$ , получим формулу для расчета температуры жидкости в любом сечении аппарата:

$$t = t_n + \frac{q}{C}(x - x_n). \quad (7.70)$$

По этой формуле можно рассчитать  $t_k$  — температуру жидкости на выходе из аппарата, а затем и количество теплоты, которое необходимо отвести.

**Определение числа ступеней изменения концентрации.** На диаграмме равновесия для идеальной двухфазной системы жидкость — газ (рис. 7.10) в соответствии с уравнением (7.65) построим рабочую линию процесса абсорбции. Отметим на рабочей линии точку 1, соответствующую начальной концентрации извлекаемого компонента в газовой смеси  $y_n$ . В этом же сечении аппарата находится жидкость, рабочую концентрацию которой узнаем, опустив перпендикуляр из точки 1 на ось  $x$ . Отметим цифрой 2 точку пересечения перпендикуляра с прямой равновесия. Проведем горизонталь через точку 2, получим значение рабочей концентрации  $y_2$  на выходе из первой ступени изменения концентрации и



точку 3 на рабочей линии. Отрезок прямой между точками 2 и 3 соответствует одной ступени изменения концентрации.

Продолжая подобные построения, определим необходимое число ступеней изменения концентрации для извлечения компонента при заданных начальной и конечной концентрациях  $y_n$  и  $y_k$  и удельном расходе поглотителя  $l$ .

**Определение размеров абсорбера.** Высоту насадочных колонн или барботажных колонн с тарелками определяют по уравнению

$$H = nh, \quad (7.71)$$

где  $H$  — высота колонны, м;  $n$  — число ступеней изменения концентрации;  $h$  — эквивалентная высота колонны, соответствующая одной ступени изменения концентрации, м.

Эквивалентную высоту находят в соответствующих справочниках для конкретных газов и поглотителей в зависимости от типов насадки или тарелки.

Для аппаратов с мешалками подобным образом определяют рабочий объем  $V$  ( $\text{м}^3$ ), если известен эквивалентный объем для одной ступени изменения концентрации  $v$ :

$$V = nv. \quad (7.72)$$

Диаметр колонны  $D$  можно определить из уравнения расхода для газа

$$W = wS,$$

а затем

$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}}, \quad (7.73)$$

где  $W$  — объемный расход газа,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $w$  — допустимая средняя рабочая скорость подъема газа, м/с;  $S$  — площадь живого сечения, свободного для прохода газа,  $\text{м}^2$ .

Сделаем некоторые пояснения относительно средней рабочей скорости газа. Скорости движения жидкой и газовой фаз, от которых зависит производительность колонны, не могут быть выбраны произвольно. Скорость движения жидкости выбирают так, чтобы обеспечить равномерное орошение всей поверхности насадки или заполнение всех тарелок. Излишне малая скорость движения газа не только приведет к снижению удельной производительности, но и значительно уменьшит коэффициент массопередачи. Увеличение скорости газа может привести к «захлебыванию» колонны. Так называют явление, при котором из-за возрастания гидравлического сопротивления жидкость заполняет часть свободного пространства аппарата, тем самым прекращая движение газа. Для каждого вида насадки и типа тарелок существуют свои допусти-

мые средние значения скорости движения газа. Они определены экспериментально и рекомендованы соответствующими справочниками.

## 7.4. АДСОРБЦИЯ

Процесс поглощения одного или нескольких компонентов из смеси газов, паров или жидких растворов поверхностью твердого вещества — адсорбента называется *адсорбцией*. Процесс адсорбции подобно процессу абсорбции избирателен, т. е. из смеси поглощаются только определенные компоненты. Как и при абсорбции, поглощенное вещество может быть выделено из адсорбента, например, при нагревании. Этот процесс регенерации — обновления адсорбента называется *десорбцией*.

Процессы абсорбции и адсорбции внешне похожи. Разница между ними заключается в том, что в одном случае вещество поглощается всем объемом жидкости, а в другом — только поверхностью твердого поглотителя — адсорбента.

В пищевой промышленности адсорбция применяется при очистке водно-спиртовых смесей в ликероводочном производстве, при очистке и стабилизации вин, соков и других напитков. В свеклосахарном производстве адсорбция используется для очистки диффузионного сока в процессе его сатурации, а также для обесцвечивания сахарных сиропов перед кристаллизацией.

### 7.4.1. УРАВНЕНИЯ ФРЕЙНДЛИХА И ЛАНГМЮРА. РАВНОВЕСИЕ ПРИ АДСОРБЦИИ

Как и в процессах абсорбции, количество вещества, поглощаемое твердым адсорбентом, увеличивается с увеличением давления. Но эти явления не подчиняются линейному закону Генри.

Количество вещества, поглощенного адсорбентом, зависит от концентрации поглощаемого вещества в парогазовой смеси или растворе, а также от температуры, при которой осуществляется процесс. *Условия равновесия для адсорбции*

$$x^* = f(y, T), \quad (7.74)$$

где  $x^*$  — относительная (по отношению к 1 кг адсорбента) концентрация поглощаемого вещества в адсорбенте, равновесная с относительной концентрацией этого вещества в газовой или жидкой фазе  $y$ , кг/кг.

Для изотермических процессов уравнение (7.74) принимает вид уравнения Фрейндлиха:

$$x^* = Cy^n, \quad (7.75)$$

где  $C$  и  $n$  — константы для данных веществ, зависящие от температуры.

Линии равновесия, соответствующие уравнению (7.74), получили название *изотерм адсорбции*. Изотермы адсорбции строят по опытным данным. На рис. 7.11 приведена изотерма адсорбции для паров этанола, поглощаемого из воздуха активированным углем.

Скорость процесса адсорбции зависит от свойств адсорбента, температуры, давления, свойств поглощаемых веществ и состава фазы, из которой они поглощаются.

Концентрацию поглощаемого из газа (или пара) вещества  $u$  можно заменить его парциальным давлением

$$x^* = C_1 p^{\frac{1}{m}}, \quad (7.76)$$

где  $C_1$ ,  $m$  — константы, зависящие от температуры.

По уравнению (7.76), используя опытные данные, строят кривые, характеризующие свойства адсорбента, также называемые *изотермами адсорбции*. В качестве примера на рис. 7.12 приведена типичная изотерма адсорбции. Вначале, при небольшом давлении, наблюдается почти прямая пропорциональность между  $p$  и  $x^*$ , а в конце кривая асимптотически приближается к предельному содержанию поглощаемого вещества в твердой фазе  $x_{\text{пр}}^*$ , что соответствует состоянию насыщения.

Отметим, что уравнения Фрейндлиха дают большую погрешность при малых значениях  $x^*$  и при  $x^*$ , близких к насыщению. Для более точного описания процесса адсорбции пользуются уравнением Лангмюра

$$x^* = x_{\text{пр}} \frac{p}{p + b}, \quad (7.77)$$

где  $b$  — коэффициент, зависящий от свойств адсорбента и поглощаемого вещества, имеет размерность давления.

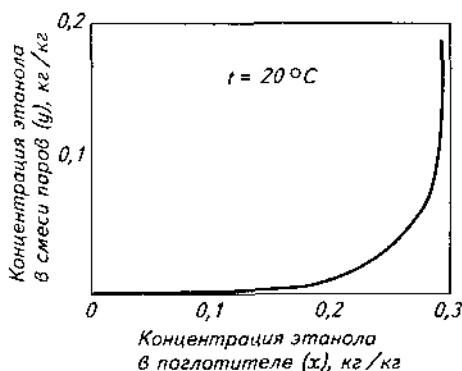


Рис. 7.11. Изотерма адсорбции для паров этанола

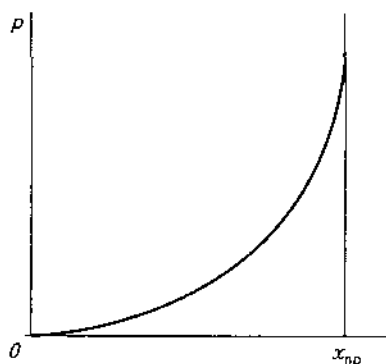


Рис. 7.12. Типичная изотерма адсорбции для твердого пористого адсорбента

В случае низких давлений ( $p \ll b$ ) величиной  $p$  можно пренебречь,  $x^*$  становится пропорциональной  $p$  [см. уравнение (7.76)]. При высоких давлениях ( $p \gg b$ ), пренебрегая  $b$ , получим  $x^* = x_{\text{пр}}$ , что также удовлетворяет уравнению (7.76).

Равновесная концентрация  $x^*$  уменьшается при повышении температуры и увеличивается при повышении давления. Для увеличения скорости адсорбции необходимо понижать температуру, т. е. отводить теплоту, или повышать давление.

*Десорбция* — процесс восстановления адсорбента — ускоряется при нагревании и понижении давления.

Адсорбенты характеризуются статической и динамической активностью.

*Статическая активность* — количество адсорбируемого вещества, которое поглощается к моменту достижения равновесия единицей массы или объема адсорбента при данной температуре и концентрации поглощаемого вещества в газе или жидкости в неподвижном состоянии.

*Динамическая активность* — количество адсорбируемого вещества, поглощенного единицей массы или объема адсорбента при пропускании через него газа или жидкости, содержащих поглощаемое вещество, до начала проскока.

*Проскок* — появление вещества в выходящем из адсорбера газе после того, как поверхность адсорбента будет в значительной мере насыщена поглощаемым веществом.

Динамическая активность всегда меньше статической.

## 7.4.2. АДСОРБЕНТЫ

Количество поглощаемого вещества зависит от площади поверхности поглотителя. Поэтому адсорбенты обладают чрезвычайно развитой поверхностью, что достигается за счет образования большого количества пор в твердом теле.

**Активный уголь.** Это самый распространенный адсорбент. Его получают сухой перегонкой дерева с последующей активацией — прокаливанием при температуре около  $900^\circ\text{C}$ . Суммарная поверхность 1 г активированного угля  $600\text{--}1700\text{ м}^2$ . Активированный уголь получают также из костей животных и других углеродсодержащих материалов. Размеры кусков активированного угля в зависимости от марки лежат в пределах от 1 до 5 мм. Активированный уголь лучше поглощает пары органических веществ, чем пары воды. Недостатками активированных углей являются их небольшая механическая прочность и горючесть.

**Силикагель.** Этот адсорбент получают обезвоживанием геля кремниевой кислоты, обрабатывая силикат натрия (жидкое стекло) минеральными кислотами или кислыми растворами их солей. Размер гранул силикагеля лежит в пределах от 0,2 до 7 мм. Сум-

марная поверхность 1 г силикагеля 400...770 м<sup>2</sup>. Силикагели эффективно поглощают пары органических веществ, а также влагу из воздуха и газов. Поэтому гранулы силикагеля иногда используют при упаковке на хранение приборов и материалов, впитывающих влагу. В отличие от активированного угля силикагель негорюч и обладает большой механической прочностью.

**Цеолиты.** Это пористые водные алюмосиликаты катионов элементов первой и второй групп периодической системы Д. И. Менделеева. Встречаются в природе и добываются карьерным способом. В промышленности чаще применяют синтетические цеолиты, обладающие весьма однородной структурой, с размерами пор, которые можно сравнить с размерами крупных молекул. Поэтому цеолиты обладают свойствами микрофильтрационных мембран.

Цеолиты отличаются высокой поглотительной способностью по отношению к воде и поэтому используются для глубокой осушки газов и воздуха с незначительным содержанием влаги. Гранулы промышленных цеолитов обычно имеют размеры от 2 до 5 мм.

**Иониты.** Это природные и искусственные адсорбенты, действие которых основано на химическом взаимодействии с очищаемыми растворами. Процессы с применением ионитов относят к хемосорбции — адсорбции, сопровождаемой химическими реакциями. Иониты, содержащие кислые активные группы и обменивающиеся с раствором электролита подвижными анионами, называются *анионитами*. Иониты, содержащие основные активные группы и обменивающиеся подвижными катионами, называются *катионитами*. Существует группа аморфных ионитов, способных к анионному и катионному обмену одновременно. Наибольшее распространение в промышленности получили ионообменные смолы. Так, в сахарорафинадном производстве с помощью ионообменных смол осуществляют обесцвечивание сиропов. Смолы применяют также в некоторых случаях при обработке воды. Последние успехи, полученные в области синтеза ионитов, позволяют надеяться на их успешное использование в нетрадиционных технологиях, например в производстве спирта-ректификата из спирта-сырца.

В пищевой промышленности в качестве естественных адсорбентов, например для осветления вин, используют мелкодисперсные глины: бентонит и каолин. С этой же целью применяют рыбий клей (желатин) и другие вещества.

#### 7.4.3. РАСЧЕТ АДСОРБЕРОВ

Порядок расчета адсорберов аналогичен порядку расчета абсорберов. И только фиксированная поверхность массообмена, которую несложно определить, позволяет воспользоваться некоторыми кинетическими уравнениями и более точно рассчитать тре-

буемые размеры аппарата, не прибегая к определению числа ступеней изменения концентрации.

**Материальный баланс.** Уравнение материального баланса процесса адсорбции аналогично уравнению (7.63):

$$G(y_{\text{н}} - y_{\text{к}}) = S(x_{\text{к}} - x_{\text{н}}), \quad (7.78)$$

где  $G$  — расход парогазовой или жидкой фазы, кг/с;  $y_{\text{н}}$  и  $y_{\text{к}}$  — соответственно начальная и конечная концентрации извлекаемого компонента в газе или жидкости, кг/кг;  $S$  — расход адсорбента, кг/с;  $x_{\text{н}}$  и  $x_{\text{к}}$  — соответственно начальная и конечная концентрации извлекаемого компонента в адсорбенте, кг/кг.

Уравнение (7.78) позволяет рассчитать количество адсорбента, необходимого для очистки газа или жидкости.

**Кинетика процесса адсорбции.** Процесс поглощения вещества при адсорбции в общем случае описывается критериальным уравнением для систем с твердой фазой:

$$\frac{x - x^*}{x_{\text{н}} - x_{\text{н}}^*} = f\left(\text{Bi}_D, \text{Fo}_D, \frac{d}{l}\right), \quad (7.79)$$

где  $x^*$  — текущая равновесная концентрация поглощаемого вещества в адсорбенте, соответствующая его рабочей концентрации  $x$ ;  $x_{\text{н}}^*$  — равновесная концентрация поглощаемого вещества, соответствующая начальной рабочей концентрации  $x_{\text{н}}$ .

Многочисленные опыты показывают, что при адсорбции диффузионное сопротивление внутри твердой фазы мало по сравнению с внешним диффузионным сопротивлением. Поэтому при расчетах установившихся процессов адсорбции обычно используется основное уравнение массопередачи (7.10, 7.15), написанное для парогазовой фазы,

$$M = k_y(y - y^*)F, \quad (7.80)$$

для которого принимают  $k_y = \beta_y$ .

Величины коэффициентов массоотдачи можно определить по следующим уравнениям:

для зернистого адсорбента:

при ламинарном движении ( $\text{Re} < 30$ )

$$\text{Nu}_D = 0,883\text{Re}^{0,47}(\text{Pr}_D)^{0,33}, \quad (7.81)$$

при турбулентном движении ( $\text{Re} = 30 \dots 150$ )

$$\text{Nu}_D = 0,53\text{Re}^{0,54}(\text{Pr}_D)^{0,3}; \quad (7.82)$$

для мелкозернистого адсорбента в кипящем слое

$$\text{Nu}_D = 46,25 \cdot 10^{-6} \text{Re}^{1,67}. \quad (7.83)$$

В уравнении (7.83)  $Re$  и  $Nu_D$  определяют по формулам

$$Re = \frac{w_0 d \rho}{\mu}; \quad Nu_D = \frac{\beta_V d^2}{D_t},$$

где  $w_0$  — фиктивная скорость парогазовой смеси, м/с;  $d$  — средний диаметр зерна, мм;  $\rho$  — плотность парогазовой смеси, кг/м<sup>3</sup>;  $\mu$  — вязкость парогазовой смеси, Н · с/м<sup>2</sup>;  $\beta_V$  — объемный коэффициент массоотдачи, кг/(м<sup>3</sup> · с · кг/м<sup>3</sup>);  $D_t$  — коэффициент диффузии в парогазовой фазе, м<sup>2</sup>/с.

Уравнение (7.80) дает возможность определить необходимую поверхность адсорбента  $F$ , а затем и расход адсорбента для выбранного типа адсорбера. Далее рассчитывают размеры аппарата, для которого была подобрана требуемая поверхность массообмена  $F$ .

Эту же задачу можно решить графоаналитическим способом, построив рабочую линию процесса на изотерме адсорбции и определив число ступеней изменения концентрации, как это было сделано при расчете абсорберов.

Удельную теплоту адсорбции  $r$  (Дж/моль) обычно определяют опытным путем и для разных веществ приводят в справочниках. При отсутствии опытных данных можно воспользоваться следующим уравнением:

$$r = \frac{4,575 \ln \frac{p_2}{p_1}}{\left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)}, \quad (7.84)$$

где  $p_1$  и  $p_2$  — равновесные давления поглощаемого вещества над адсорбентом, соответствующие абсолютным температурам  $T_1$  и  $T_2$ .

Количество теплоты узнаем, умножив количество адсорбируемого вещества  $M$  на удельную теплоту адсорбции  $r$ .

## 7.5. ЭКСТРАКЦИЯ

*Экстракция* — процесс избирательного извлечения одного или нескольких растворимых компонентов из растворов или твердых тел с помощью жидкого растворителя — экстрагента.

Если вещества извлекаются из жидких систем, процесс называют *жидкостной экстракцией*. В микробиологических производствах с помощью экстрагента извлекают молочную кислоту и антибиотики из ферментативных растворов. При этом экстрагент и жидкость, содержащая извлекаемые компоненты, должны обладать различной плотностью и не должны растворяться. Благодаря этим свойствам образованная неоднородная система легко разделяется.

В пищевых производствах экстрагированию чаще всего подвергают сырье растительного происхождения, например семена масличных культур, сахарную свеклу, фрукты и т. п. По физическим свойствам это сырье относится к твердым телам.

Строго говоря, под определение экстракции попадают и процессы растворения с той лишь разницей, что при растворении твердое вещество может перейти в раствор полностью, а при экстракции всегда остается существенная часть твердого тела, нерастворимая в экстрагенте.

При экстрагировании твердых тел, например минеральных руд, происходит растворение извлекаемого вещества с образованием пористого твердого скелета. На начальной стадии растворение идет с поверхности куска материала, но очень быстро процесс переходит в крупные, а затем и мелкие капилляры, образованные трещинами в результате «вымывания» вещества экстрагентом.

Растительное сырье перед экстрагированием дробят или нарезают на мелкие кусочки или стружку. При этом часть клеток на вновь образованной поверхности повреждается и внутриклеточное вещество, например свекловичный сок в сахарном производстве, сразу переходит в экстрагент. Подавляющая часть клеток в куске остается целой, а извлекаемое вещество диффундирует через клеточные мембраны в экстрагент. Пренебрегая количеством вещества, перешедшего из разрушенных клеток, можно считать, что вещество из растительного сырья в экстрагент переносится за счет диффузии.

Последнее обстоятельство привело к некоторой путанице в терминологии, сложившейся в сахарной промышленности. Огромные аппараты для экстрагирования свекловичной стружки работники сахарной промышленности называют диффузорами, хотя правильнее было бы их называть экстракторами.

Простейший процесс экстрагирования можно осуществить, заполнив аппарат подготовленным сырьем и жидким экстрагентом. В этом процессе концентрация вещества в сырье непрерывно уменьшается, а в экстрагенте увеличивается. Процесс нестационарен и закончится, когда концентрации сравняются. Скорость процесса значительно возрастает при перемешивании.

Другой тип процесса реализуется при фильтровании экстрагента через неподвижный слой сырья. Процесс этот также неустановившийся и при определенной продолжительности может закончиться практически полным извлечением вещества из сырья.

В процессах третьего типа сырье и экстрагент непрерывно перемещаются в противотоке. При этом в каждом сечении аппарата устанавливается постоянная разность концентраций, что соответствует стационарному режиму. Таким образом, в аппаратах непрерывного действия осуществляются процессы третьего типа.

В общем виде процесс экстрагирования растительного сырья можно разбить на четыре стадии:



проникновение экстрагента в поры растительного сырья;  
растворение извлекаемого вещества экстрагентом;  
диффузионный перенос извлекаемого вещества к поверхности куска или частицы сырья;  
перенос извлекаемого вещества с поверхности сырья в жидкую фазу — экстрагент.

В зависимости от вида перерабатываемого сырья отдельные стадии процесса могут отсутствовать вовсе, но чаще от скорости переноса на одной из стадий зависит скорость процесса в целом.

Расчет процесса экстрагирования выполняют, исходя из основного уравнения массопередачи (7.9). Так как при экстрагировании сочного растительного сырья, например сахарной свеклы, первая и вторая стадии процесса отсутствуют, то рассчитывают скорость переноса внутри куска (внутренняя диффузия) или скорость переноса с поверхности в окружающую жидкость (внешняя диффузия). В зависимости от величины сопротивления на каждой из этих стадий процесс может протекать по-разному.

В первом случае скорость внешней диффузии превышает скорость внутренней. Этот процесс осуществляется в аппаратах с совершенным перемешиванием фаз. Количество извлекаемого вещества  $M$  (кг), например при экстрагировании свекловичной стружки, в этом случае зависит от скорости внутренней диффузии и определяется по следующему уравнению:

$$M = \frac{D_{\text{вн}}}{l} F \Delta C \tau, \quad (7.85)$$

где  $D_{\text{вн}}$  — коэффициент внутренней диффузии,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;  $l$  — определяющий размер (для пластины или стружки это ее толщина),  $\text{м}$ ;  $F$  — суммарная поверхность стружки,  $\text{м}^2$ ;  $\Delta C$  — разность между средней концентрацией вещества внутри стружки и средней концентрацией вещества в растворе, окружающем стружку,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $\tau$  — продолжительность процесса,  $\text{с}$ .

Остановимся на понятии «коэффициент внутренней диффузии». Как известно, растительная клетка содержит внутриклеточную жидкость, окруженную сложной оболочкой (вакуоль). Последняя состоит из двух мембран, между которыми находится протоплазма. Перенос вещества изнутриклеточной жидкости за пределы клетки осуществляется за счет молекулярной диффузии через эту многослойную оболочку. Внутри стружки клетки плотно окружены другими клетками. Вещество из внутренних клеток должно продиффундировать через эти клетки. Предельно упрощенная картина переноса внутри измельченного сырья свидетельствует о большом сопротивлении внутренней диффузии. Для уменьшения сопротивления измельченное сырье подвергают тепловой или химической обработке, а иногда воздействию электрического тока. В результате этих обработок протоплазма клетки денатурирует и резко возрастает проницаемость оболочки.

Следует учитывать, что из-за малых размеров клеток (5...50 мкм) и еще более мелких размеров пор, по которым переносится вещество, скорость молекулярной диффузии даже после предварительной обработки сырья намного меньше, чем скорость молекулярной диффузии этого же вещества в чистой жидкости. Поэтому  $D$  называют *коэффициентом стесненной диффузии* или *коэффициентом массопроводности*, который входит в диффузионный критерий Био.

Во втором случае скорость внутренней диффузии превышает скорость внешней. Уравнение массопередачи для внешнего переноса, ограничивающего скорость экстрагирования, имеет вид

$$M = \frac{D_{\text{вн}}}{\delta} F \Delta C, \quad (7.86)$$

где  $D_{\text{вн}}$  — коэффициент внешней диффузии, м<sup>2</sup>/с;  $\delta$  — толщина пограничной пленки, м;  $\Delta C$  — разность между концентрацией извлекаемого вещества на границе твердого тела с площадью поверхности  $F$  и жидкости и средней концентрацией в окружающей жидкости, кг/м<sup>3</sup>.

Уравнение (7.86) аналогично уравнению массоотдачи Шукарева (7.40), а отношение  $D_{\text{вн}}/\delta$  имеет смысл коэффициента массоотдачи  $\beta$ .

В третьем случае скорости внешней и внутренней  $D_{\text{вн}}$  диффузии соизмеримы. При этом следует учитывать оба переноса:

$$M = \frac{D_{\text{вн}}}{l} F (C_1 - C_2) \tau; \quad (7.87)$$

$$M = \frac{D_{\text{вн}}}{\delta} F (C_2 - C_3) \tau, \quad (7.88)$$

где  $C_1, C_2, C_3$  — средние концентрации соответственно в твердом теле, на границе твердое тело — жидкость и в окружающей твердое тело жидкости, кг/м<sup>3</sup>.

Решив уравнения (7.87) и (7.88) относительно разности концентраций и сложив их, получим

$$C_1 - C_3 = \frac{M}{F\tau} \left( \frac{l}{D_{\text{вн}}} + \frac{\delta}{D_{\text{вн}}} \right) \quad (7.89)$$

или

$$M = \frac{l}{\left( \frac{l}{D_{\text{вн}}} + \frac{\delta}{D_{\text{вн}}} \right)} (C_1 - C_3) F \tau. \quad (7.90)$$

Для расчетов последнее уравнение используется в следующем виде:

$$M = \frac{l}{\left(\frac{l}{D_{\text{вн}}} + \frac{1}{\beta}\right)} (C_1 - C_3) F \tau, \quad (7.91)$$

где  $\beta$  — коэффициент массоотдачи, который рассчитывают по соответствующим критериальным уравнениям.

## 7.6. СУШКА

Удаление влаги из материалов (продуктов, изделий) при их подготовке к переработке, использованию или хранению называют *сушкой*. Этот процесс чрезвычайно широко распространен в пищевой промышленности и других отраслях народного хозяйства. Сушка обеспечивает сохранность зерна в сельском хозяйстве, увеличивает сроки хранения изделий, например сухарей, сахара.

Сушка также может быть включена в технологический процесс для придания перерабатываемым полуфабрикатам и изделиям, например пастиле, зефиру, определенного качества.

Различают сушку *конвективную* (в потоке нагретого газа), *контактную* (при соприкосновении с нагретой поверхностью), *сублимационную* (в вакууме), *высокочастотную* (диэлектрическим нагревом), *радиационную* (ИК-излучением).

Удаление влаги из материала может быть осуществлено различными способами. Наименее энергоемким способом является механический: прессование или отжим в центрифугах. Этот способ позволяет удалить лишь ту часть влаги в материале, которая заполняет поры и капилляры тела, так называемую несвязанную влагу. Механические способы обезвоживания были описаны ранее. Для полного удаления влаги применяют тепловые способы сушки, основанные на превращении влаги, содержащейся в материале, в пар с последующим удалением этого пара. Физико-химические способы сушки основаны на применении водопоглощающих средств (силикагель, концентрированная серная кислота, хлорид кальция). Эти способы промышленного распространения не получили и используются в лабораторной практике.

### 7.6.1. ВИДЫ СВЯЗИ ВЛАГИ С МАТЕРИАЛОМ

Сырье и материалы, подвергаемые сушке в пищевой промышленности, можно разделить на две группы: твердые кристаллические тела — сахар, лимонная кислота, поваренная соль и т. п. и кол-

лоидно-дисперсные системы, которые, в свою очередь, А. В. Лыков предлагал разделить на три группы. Первая группа — эластичные гели — тела, которые при обезвоживании сжимаются, но сохраняют эластичность. К эластичным гелям относятся прессованное мучное тесто, изделия на основе агар-агара (пастила, зефир) и желатина (мармелад). Вторая группа — хрупкие гели — тела, которые после сушки становятся хрупкими: макаронные изделия, керамика и т. п. Третью группу составляют коллоидные капиллярно-пористые тела: хлеб, зерно и т. п. Эластичные стенки капилляров этих тел деформируются при сушке, поэтому изделия могут изменять свой объем (усадка) и форму (крошение). После сушки коллоидные капиллярно-пористые тела могут стать хрупкими, как, например, сухари. Даже такое, весьма условное деление демонстрирует огромное многообразие типов объектов сушки, особенности которых должны учитываться при выборе способа сушки и назначения технологического регламента. Различные тела неодинаково взаимодействуют с содержащейся в них влагой, по-разному ее связывают. Академик П. А. Ребиндер предложил классификацию форм связи влаги на основе энергии связи:

а) *механическая* — влага смачивания, содержащаяся в капиллярах и макрокапиллярах. Эта форма связи наименее прочная. Такую влагу можно удалить путем механического воздействия, например прессованием или центрифугированием;

б) *физико-химическая форма связи* — адсорбционная, осмотическая и структурная влага, содержащаяся в клетках и микрокапиллярах. Для разрушения этой формы связи требуется намного больше энергии. Как правило, удаление такой влаги происходит в форме пара, т. е. необходимо предварительно превратить воду в пар, затратив значительное количество теплоты;

в) *химическая форма связи* наиболее прочная. Это ионная связь ( $\text{NaOH}$ ) и влага в кристаллогидратах ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ). Эта связь может быть разрушена либо путем химического воздействия, либо нагреванием до высоких температур — прокаливанием.

Анализируя формы связи влаги с материалом, можно сделать следующий вывод: сначала целесообразно удалить влагу из материала механическим способом и только затем перейти к тепловой сушке.

Самый распространенный способ тепловой сушки — *конвективный*. Этот способ предусматривает конвективный перенос теплоты от нагретого сушильного агента к материалу. В качестве сушильных агентов используются топочные и инертные газы, а также воздух. Сушильный агент выполняет и вторую, не менее важную задачу — поглощает образовавшийся водяной пар и выводит его из сушилки. Таким образом, интенсивность процесса зависит от скорости переноса теплоты при нагреве материала, испарения влаги и от скорости переноса массы этой влаги в сушильный агент. Так как топочные газы содержат в своем составе твердые

продукты сгорания, что приводит к загрязнению высушиваемых материалов, в пищевой промышленности они практически не применяются. Самый распространенным сушильным агентом является предварительно подогретый воздух.

Другие способы тепловой сушки, например кондуктивный, когда материал нагревается при непосредственном контакте с поверхностью сушилки, или сушка в инфракрасных лучах, как правило, комбинируют с конвективным способом. Поэтому подробно остановимся именно на конвективном способе сушки.

## 7.6.2. КИНЕТИКА СУШКИ

**Влагопроводность и термовлагопроводность.** При конвективной сушке влага удаляется из материала за счет испарения с поверхности материала. На смену испарившейся из глубины материала влаги под действием градиента концентрации перемещается следующий поток влаги. Эта привычная картина значительно искажается под действием температурного градиента, благодаря которому влага перемещается от более нагретых слоев на поверхности материала к менее нагретым — внутри. Это явление получило название *термовлагопроводности*. Таким образом, возникает два потока влаги: под действием градиента концентрации

$$M_w = -k_w F \frac{\partial C}{\partial x} \tau \quad (7.92)$$

и под действием градиента температуры

$$M_t = -k_t F \frac{\partial t}{\partial x} \tau, \quad (7.93)$$

где  $k_w$  и  $k_t$  — коэффициенты массопередачи в этих процессах, зависящие от структуры материала и вида связи влаги с материалом.

Суммарный поток перемещающейся влаги равен разности этих двух величин:

$$M = M_w - M_t \quad (7.94)$$

и зависит от величин действующих градиентов.

Чтобы избежать отрицательного влияния градиента температуры на скорость сушки, на практике стараются понизить температуру сушильного агента, прибегают к прерывистым процессам сушки с кратковременным нагревом, а затем охлаждением и т. д.

**Кривые сушки и кривые скорости сушки.** Для характеристики процесса сушки коллоидных капиллярно-пористых тел удобно

пользоваться графиками изменения влажности материала. Кривая сушки (рис. 7.13) показывает изменение влажности тела по времени. Как видно из графика, весь период сушки от начальной влажности  $w_n$  до конечной  $w_2$  можно разбить на три периода: краткий период подогрева материала, когда влажность его практически не изменяется; период постоянной скорости сушки, когда кривая сушки имеет форму наклонной прямой; и период убывающей (падающей) скорости сушки от точки  $K$ . Точка  $K$  называется *критической точкой* и фиксирует на графике момент, когда количество влаги, поступающей к поверхности материала, становится меньше, чем может испариться с его поверхности. Влажность материала в третьем периоде асимптотически приближается к равновесной в данных условиях влажности.

Кривая скорости сушки (рис. 7.14) может быть построена графическим дифференцированием кривой сушки. Период подогрева на этом графике изображается вертикальной прямой ( $w_n = \text{const}$ ). Период постоянной скорости — горизонтальная прямая до критической точки  $K$ . Характер изменения скорости сушки в третьем периоде зависит от структурных особенностей материала. Так, прямолинейный характер изменения скорости сушки (кривая 1) имеют грубопористые материалы, например бумага. Кривая 2 соответствует сушке макаронных изделий. Характер изменения скорости сушки сахарей представлен кривой 3.

**Уравнение скорости сушки. Продолжительность сушки.** Практически продолжительность периода прогрева материала ничтожно мала по сравнению с двумя другими периодами сушки. Поэтому продолжительность сушки зависит от скорости в периоды постоянной и падающей скорости сушки.

**Период постоянной скорости сушки.** На этом этапе свободная влага удаляется из материала путем испарения с ее поверхности. Движущую силу этого процесса можно выразить

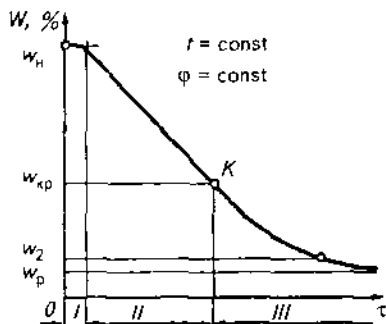


Рис. 7.13. Кривая сушки

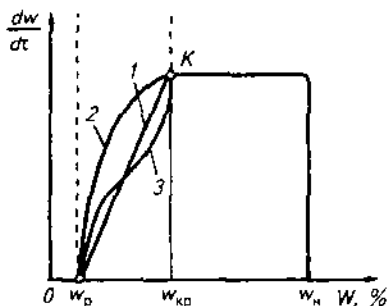


Рис. 7.14. Кривая скорости сушки

разностью парциальных давлений пара в поверхностной пленке материала  $p_{пл}$  и водяного пара в окружающем воздухе  $p_B$ .

Экспериментально получено следующее уравнение для скорости сушки в период постоянной скорости:

$$\frac{\partial w}{\partial \tau} = 0,0745 v_B \rho^{0,8} (p_{пл} - p_B), \quad (7.95)$$

где  $v_B$  — скорость воздуха над материалом, м/с;  $\rho$  — плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>.

Анализ уравнения (7.95) показывает, что скорость сушки на первом этапе зависит в основном от параметров сушильного агента. Проинтегрировав уравнение (7.95) в пределах изменения влажности от  $w_1$  до  $w_k$  и времени от 0 до  $\tau$ , получим

$$\tau_1 = \frac{w_H - w_k}{0,0745 v_B \rho^{0,8} (p_{пл} - p_B)}. \quad (7.96)$$

Период падающей скорости сушки. Характеризуется сложными кинетическими законами для различных материалов. Этот период начинается после удаления свободной влаги с поверхности материала, поэтому скорость сушки начинает зависеть от скорости перемещения влаги внутри материала к его поверхности. Движущую силу процесса в период падающей скорости сушки выражают разностью между влажностью материала  $w$  и равновесной влажностью  $w_p$ .

По аналогии с основным кинетическим уравнением (3.11) скорость сушки на втором этапе можно записать так:

$$\frac{\partial w}{\partial \tau} = k_c (w - w_p), \quad (7.97)$$

где  $k_c$  — коэффициент сушки, зависящий от интенсивности влагопереноса.

Начальная влажность материала на этом этапе соответствует критической влажности  $w_k$ , а конечная влажность  $w_2$  бывает задана технологическим регламентом.

Уравнение (7.97) можно проинтегрировать для простейшего случая прямолинейного изменения скорости. На рис. 7.15 кривая скорости сушки  $KA$  заменена прямой  $K_1A$ . Эту замену провели так, что площади между прямой  $K_1A$  и кривой  $KA$  сверху и снизу прямой равновелики.

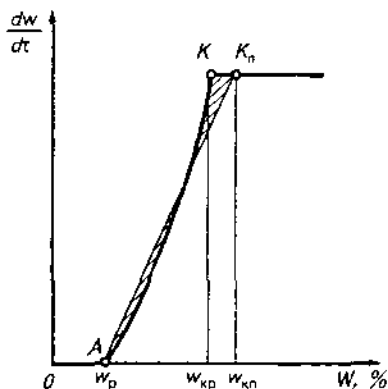


Рис. 7.15. К определению продолжительности периода падающей скорости сушки

Приведенной критической точке  $K_{п}$  соответствует влажность  $w_{кп}$ . Проинтегрировав уравнение (7.97) в пределах от  $w_{кп}$  до заданной конечной влажности продукта  $w_2$ , получим

$$\ln \frac{w_{кп} - w_p}{w_2 - w_p} = k_c \tau. \quad (7.98)$$

Продолжительность сушки на втором этапе

$$\tau_2 = \frac{1}{k_c} \ln \frac{w_{кп} - w_p}{w_2 - w_p}, \quad (7.99)$$

а общая продолжительность сушки

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 = \frac{w_H - w_K}{0,0745 v_{вп}^{0,8} (\rho_{лт} - \rho_{в})} + \frac{1}{k_c} \ln \frac{w_{кп} - w_p}{w_2 - w_p}. \quad (7.100)$$

### 7.6.3. РАСЧЕТ КОНВЕКТИВНОЙ СУШИЛКИ

Пусть свежий воздух параметров  $t_0$  и  $d_0$  подается вентилятором 2 (рис. 7.16) в калорифер 3, где при постоянном влагосодержании подогревается до температуры  $t$ , и затем подается в сушильную камеру 1, заполненную материалом. Отработавший воздух выходит из сушильной камеры с параметрами  $t_2$  и  $d_2$ .

**Материальный баланс.** Составим материальный баланс процесса сушки:

$$G_{н} = G_{к} + U, \quad (7.101)$$

где  $G_{н}$  — количество влажного материала, подаваемого в сушилку с начальной влажностью  $w_{н}$ , % (кг/с);  $G_{к}$  — количество сухого материала, выходящего из сушилки с конечной влажностью  $w_{к}$ , % (кг/с);  $U$  — количество удаленной из материала влаги, кг/с.

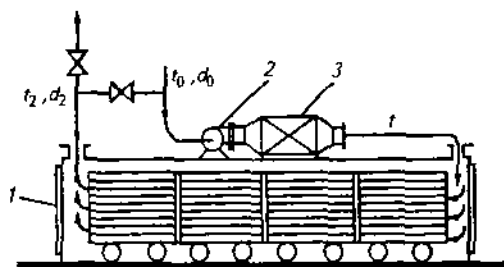


Рис. 7.16. Схема конвективной тоннельной сушилки



Воспользовавшись тем обстоятельством, что количество сухого вещества в материале во время сушки не изменяется, составим другое уравнение материального баланса:

$$G_n \left( 1 - \frac{w_n}{100} \right) = G_k \left( 1 - \frac{w_k}{100} \right). \quad (7.102)$$

Комбинируя уравнения (7.101) и (7.102), получим количество удаляемой влаги

$$U = G_n \frac{w_n - w_k}{100 - w_k},$$

или

$$U = G_k \frac{w_n - w_k}{100 - w_n}. \quad (7.103)$$

Составим материальный баланс сушильной установки, полагая, что в сушилку подается  $L$  (кг/с) сухого воздуха.

*Приход*

1. Сухой воздух  $L$ , кг/с
2. Влага, содержащаяся в свежем воздухе,  $Ld_0 \cdot 10^{-3}$ , кг/с
3. Влажный материал  $G_n$

*Расход*

1. Сухой воздух  $L$ , кг/с
2. Влага, содержащаяся в отработавшем воздухе,  $Ld_2 \cdot 10^{-3}$ , кг/с
3. Высушенный материал  $C_k$

Сложив входящее и выходящее количества воздуха, получим

$$L + Ld_0 \cdot 10^{-3} + G_n = L + Ld_2 \cdot 10^{-3} + C_k, \quad (7.104)$$

или

$$G_n - C_k = L(d_2 - d_0)10^{-3}.$$

С учетом уравнения (7.101) количество удаляемой влаги

$$U = L(d_2 - d_0)/1000, \quad (7.105)$$

а количество расходуемого воздуха

$$L = U \cdot 1000/(d_2 - d_0). \quad (7.106)$$

Поделив последнее уравнение на  $U$ , получим

$$l = 1000/(d_2 - d_0), \quad (7.107)$$

где  $l$  — удельный расход воздуха в сушилке — количество сухого воздуха, расходуемое на удаление 1 кг влаги из материала,  $\frac{\text{кг сух. возд.}}{\text{кг влаги}}$ ;  $l = L/U$ .

**Тепловой баланс.** Подобно предыдущему расчету составим тепловой баланс прихода и расхода теплоты в реальной сушильной установке.

- |   |  |
|---|--|
| <p>1. Теплота, вносимая свежим воздухом, <math>LI_0</math>, Дж/с</p> <p>2. Теплота, сообщаемая воздуху в калорифере, <math>Q_k</math>, Дж/с</p> <p>3. Теплота, вносимая влажным материалом, если его температура <math>\theta_{mn}</math>, а теплоемкость <math>C_{mn}</math>, Дж/с; <math>Q_{mn} = G_n C_{mn} \theta_{mn}</math></p> <p>4. Теплота, вносимая транспортными устройствами, Дж/с; <math>Q_{тр.н} = G_{тр} C_{тр} \theta_{тр.н}</math></p> <p>5. Дополнительная теплота, подводимая в сушильную камеру, <math>Q_{доп}</math>, Дж/с</p> | <p>1. Теплота, уносимая отработавшим воздухом, <math>LI_2</math>, Дж/с</p> <p>2. Теплота, уносимая высушенным материалом, если его температура <math>\theta_{mk}</math>, а теплоемкость <math>C_{mk}</math>, Дж/с; <math>Q_{mk} = G_k C_{mk} \theta_{mk}</math></p> <p>3. Теплота, уносимая транспортными устройствами, Дж/с; <math>Q_{тр.к} = G_{тр} C_{тр} \theta_{тр.к}</math></p> <p>4. Потери теплоты в окружающую среду <math>Q_{пот}</math>, Дж/с</p> |
|---|--|

Уравнение теплового баланса

$$LI_0 + Q_k + G_n C_{mn} \theta_{mn} + G_{тр} C_{тр} \theta_{тр.н} + Q_{доп} = LI_2 + G_k C_{mk} \theta_{mk} + G_{тр} C_{тр} \theta_{тр.к} + Q_{пот}. \quad (7.108)$$

Заметим, что  $Q_k = L(I_1 - I_0)$ . Сгруппировав подобные члены с учетом последнего замечания, получим

$$L(I_2 - I_1) = (G_n C_{mn} \theta_{mn} - G_k C_{mk} \theta_{mk}) + (G_{тр} C_{тр} \theta_{тр.н} - G_{тр} C_{тр} \theta_{тр.к}) + Q_{доп} - Q_{пот}. \quad (7.109)$$

Анализ правой части уравнения показывает, что теплота воздуха и дополнительно подводимая теплота в сушильной камере расходуются на подогрев материала, подогрев транспортных устройств и покрытие потерь в окружающую среду:

$$L(I_2 - I_1) = Q_m + Q_{тр} + Q_{доп} - Q_{пот}. \quad (7.110)$$

Дополнительный подвод теплоты в сушильную камеру может значительно компенсировать эти потери.

Вспомним, что основной задачей сушки является удаление влаги из материала, чему предшествует предварительное превращение этой влаги в пар. На это расходуется значительная часть теплоты воздуха, а в уравнение теплового баланса эти потери не вошли. Дело в том, что образовавшийся пар, несущий в себе все количество теплоты, затраченное на его образование, поглощается воздухом и, таким образом, теплосодержание воздуха в этом процессе как бы не изменяется.

Поделив уравнение (7.110) на  $U$ , получим в левой части вместо общего удельный расход воздуха, а в правой части — соответственно удельное количество теплоты, затрачиваемое на удаление 1 кг влаги:

$$l(I_2 - I_1) = q_m + q_{тр} + q_{доп} - q_{пот}. \quad (7.111)$$

Правую часть уравнения (7.111) принято обозначать знаком  $\Delta$  и называть поправкой на действительную сушилку. Это понятие связано с представлениями о теоретической сушилке, для которой  $\Delta = 0$ , т. е. в теоретической сушилке нет потерь теплоты на нагрев материала и транспортных устройств, внутрь сушильной камеры дополнительная теплота не подводится и нет потерь теплоты в окружающую среду.

Перепишем уравнение (7.111) так:

$$I(I_2 - I_1) = \Delta, \quad (7.112)$$

откуда

$$I_2 = I_1 + \frac{\Delta}{I}. \quad (7.113)$$

Последнее уравнение показывает, что характер изменения энтальпии воздуха в процессе сушки зависит от  $\Delta$ .

#### 7.6.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВОЗДУХА И ТЕПЛОТЫ С ПОМОЩЬЮ $I$ - $d$ -ДИАГРАММЫ

$I$ - $d$ -диаграмма влажного воздуха была создана в 1918 г. русским ученым Л. К. Рамзиным. Диаграмма (рис. 7.17) построена в косоугольной системе координат с углом  $135^\circ$  между вертикальной осью  $I$  и горизонтальной осью  $d$ . Такое расположение осей позволило развести изотермы  $t = \text{const}$ , располагающиеся под небольшим углом вверх от горизонталей, с линиями  $I = \text{const}$ , которые в этом случае идут не горизонтально, а под углом  $45^\circ$  вниз. Линии  $d = \text{const}$  проходят вертикально, параллельно оси  $I$ .

Для удобства все значения влагосодержания  $d$  спроецированы на вспомогательную горизонтальную ось  $d$ , что возвращает нас к привычной прямоугольной форме диаграммы. Все линии на  $I$ - $d$ -диаграмме построены по соответствующим аналитическим уравнениям, связывающим различные параметры влажного воздуха.

К основным линиям относятся также  $\varphi = \text{const}$ , веером расходящиеся из точки на оси  $I$ , где  $d = 0$ , а  $t = -273^\circ\text{C}$ . При температуре  $99,4^\circ\text{C}$  (температура насыщения водяного пара, соответствующая барометрическому давлению 745 мм рт. ст.) линии  $\varphi = \text{const}$  резко ломаются и идут вертикально вверх, параллельно линиям  $d = \text{const}$ .

Нижняя пограничная кривая  $\varphi = 100\%$  соответствует условиям полного насыщения воздуха влагой. На этой кривой в одной точке пересекаются изотермы сухого термометра  $t = \text{const}$  и «мокрого» термометра  $t_m = \text{const}$ , которые изображаются наклонными пунктирными линиями. Температурой «мокрого» термометра называют температуру адиабатного испарения воды в данных условиях за счет внутренней теплоты воздуха. Разность между показаниями

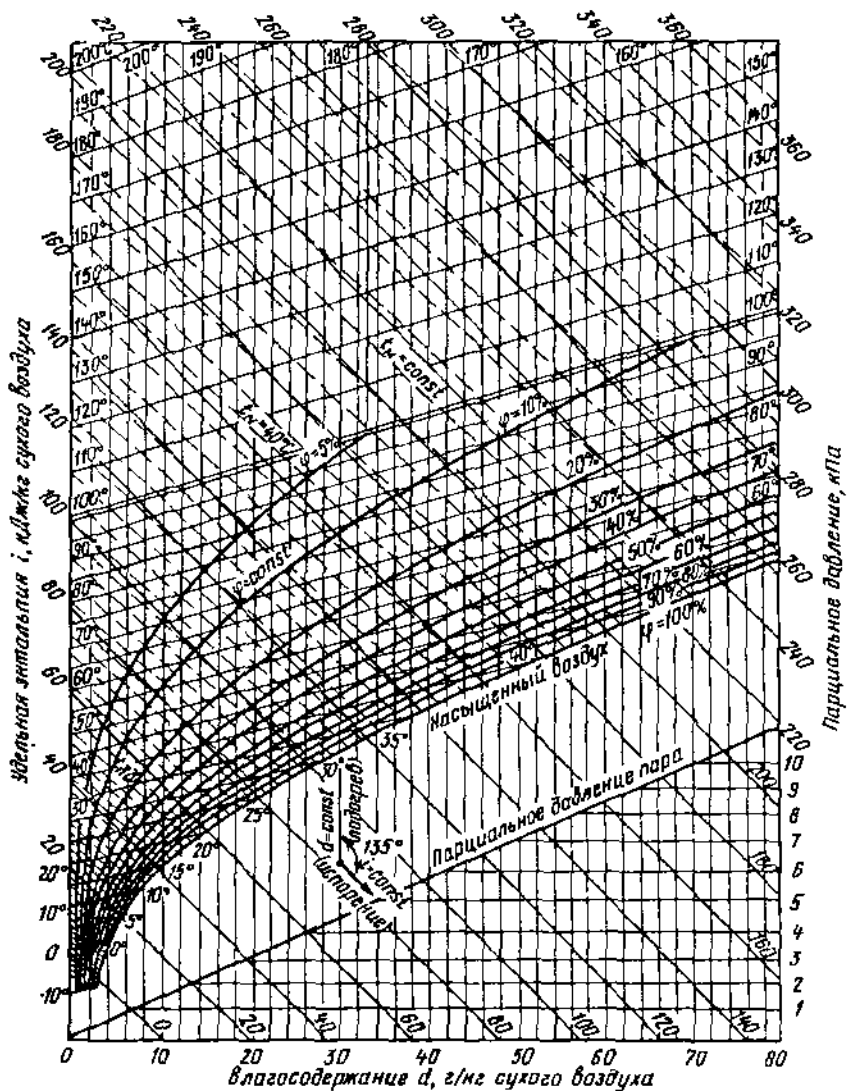


Рис. 7.17.  $I-d$ -диаграмма влажного воздуха

сухого и «мокрого» термометров называют *потенциалом сушки*. Чем выше эта разность, тем большей сушильной способностью обладает воздух.

В нижнем правом углу диаграммы расположена наклонная прямая — линия парциального давления водяного пара в воздухе.

Точку  $A$  на диаграмме (рис. 7.18) получим на пересечении линий  $d_0 = \text{const}$  и  $t_0 = \text{const}$ . Этот воздух подогрывается, увеличивая свою температуру от  $t_0$  до  $t_1$ , при постоянном влагосодержании. Процесс подогрева идет по линии  $d = \text{const}$  до ее пересечения с изотермой  $t_1 = \text{const}$  в точке  $B$ . Проведя через точку  $B$  линию постоянной энтальпии  $I_1 = \text{const}$  до пересечения с изотермой  $t_2 = \text{const}$  в точке  $C$ , получим линию теоретического сушильного процесса  $BC$  при условии  $\Delta = 0$ .

Перепишем уравнение (7.107) для удельного расхода воздуха

$$l = 1000 / (d_2 - d_0).$$

Из диаграммы видно, что отрезок (горизонталь)  $DC$ , проведенный через точку  $C$ , пропорционален разности  $(d_2 - d_0)$ , т. е.

$$DCM_d = (d_2 - d_0),$$

где  $M_d$  — масштаб диаграммы по оси  $d$ , г/кг сухого воздуха/мм.

Таким образом, для графического определения  $l$  достаточно знать длину отрезка  $DC$  и масштаб диаграммы:

$$l = \frac{1000}{DCM_d}. \quad (7.114)$$

Теплота, затрачиваемая в калорифере на подогрев воздуха,

$$Q_k = L(I_1 - I_0).$$

Поделив данное уравнение на  $U$ , перейдем к удельному значению

$$q_k = k(I_1 - I_0). \quad (7.115)$$

Как следует из диаграммы (см. рис. 7.17), разность  $(I_1 - I_0)$  пропорциональна длине отрезка  $AB$ , а с учетом уравнения (7.114) получим

$$q_k = \frac{1000}{DCM_d} ABM_l,$$

или

$$q_k = \frac{AB}{DC} M, \quad (7.116)$$

где  $M = \frac{M_l}{M_d} \cdot 1000$  — масштабный множитель для диаграммы.

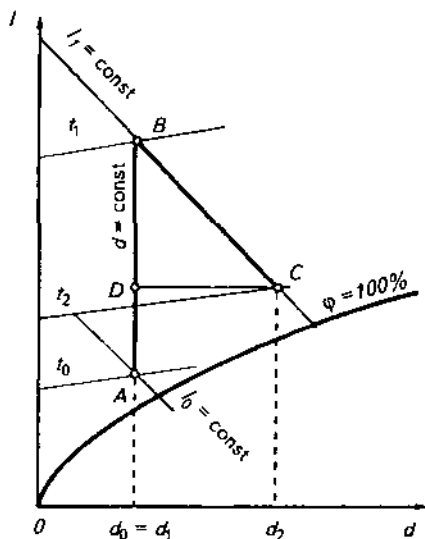


Рис. 7.18. Процесс теоретической сушки на  $I-d$ -диаграмме

Покажем, что полученные нами правила для определения  $l$  и  $q$  справедливы и для действительной сушилки, когда  $\Delta \neq 0$ .

Построим процесс в  $I-d$ -диаграмме для случая  $\Delta > 0$ , полагая, что величина  $\Delta$  предварительно определена из теплового баланса.

Воспользуемся уравнением (7.112), подставив значение  $l$ ,

$$\Delta = 1000(I_2 - I_1)/(d_2 - d_0). \quad (7.117)$$

Как и ранее, нанесем на диаграмме  $I-d$  точку  $A$  (рис. 7.19), характеризующую свежий воздух, и точку  $B$ , характеризующую воздух после калорифера. Затем через точку  $B$  проведем линию  $I_1 = \text{const}$ . На этой линии произвольно выберем точку  $E$  и через нее проведем горизонталь до пересечения с линией  $AB$  в точке  $F$ .

Воспользуемся уравнением (7.112)

$$I_2 = I_1 + \frac{\Delta}{l}.$$

На нашей диаграмме  $\Delta > 0$ , линия  $I_2 = \text{const}$  проходит над линией  $I_1 = \text{const}$ . Поэтому отложим от точки  $E$  вверх по вертикали отрезок  $EE_1$ , полагая, что точка  $E_1$  лежит на линии, изображающей процесс в реальной сушилке.

Перепишем уравнение (7.117), заменив координаты конечной точки процесса в реальной сушилке ( $I_2, d_2$ ) на текущие координаты произвольно выбранной точки на линии сушилки ( $I, d$ ):

$$\Delta = 1000(I - I_1)/(d - d_0).$$

В соответствии с рис. 7.19 разность энтальпий

$$I - I_1 = EE_1 M_B,$$

а разность влагосодержаний

$$d - d_1 = EFM_d.$$

Следовательно,

$$\Delta = \frac{EE_1 M_I}{EFM_d} \cdot 1000,$$

откуда

$$EE_1 = EF \frac{\Delta}{M}.$$

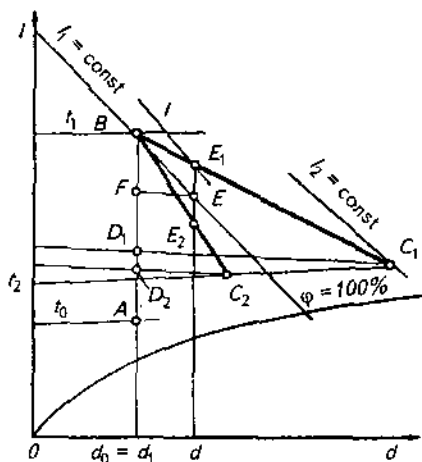


Рис. 7.19. Реальный сушильный процесс на  $I-d$ -диаграмме

Линию реального сушильного процесса получим, соединив

нив точки  $B$  и  $E_1$  и продлив прямую  $BE_1$  вниз. Конец этой линии — точку  $C_1$  найдем по любому одному из параметров воздуха на выходе из сушилки, например температуре  $t_2$ .

Для реальной сушилки при  $\Delta < 0$  отрезок  $EE_2$  откладываем вниз по вертикали (см. рис. 7.19) и далее, соединяя точки  $B$  и  $E_2$ , получим линию сушилки  $BC_2$ , как и в предыдущем случае.

Расчет удельного расхода воздуха  $l$  и удельного расхода теплоты в калорифере  $q$  выполняется, как и для теоретической сушилки. Проведя через точки  $C_1$  и  $C_2$  горизонталы, измерим отрезки  $C_1D_1$  и  $C_2D_2$  и определим  $l$  по формуле (7.114). Заметим, что и  $l$ , и  $q_k$  зависят от величины поправки на реальную сушилку  $\Delta$ .

### 7.6.5. РАСЧЕТ РЕЦИРКУЛЯЦИОННОЙ СУШИЛКИ

Основным недостатком описанного выше основного (классического) процесса сушки является необходимость подогрева воздуха до высокой температуры  $t_1$ , что создает жесткий режим сушки — высокая температура и низкая относительная влажность.

Для большинства материалов в пищевой промышленности такие режимы неприемлемы. Температуру воздуха на входе в сушилку можно понизить в процессе сушки с возвратом части отработавшего воздуха. Схема сушилки, изображенная на рис. 7.16, позволяет работать в режиме с рециркуляцией. Эта сушилка отличается от обычной тем, что в калорифер подается не свежий воздух с параметрами  $I_0$ ,  $d_0$  и т. д., а смесь, состоящая из одной части свежего воздуха и  $n$  частей отработавшего. Число  $n$  называется *кратностью смешения*.

Параметры смеси на входе в калорифер можем рассчитать, используя простые соотношения:

$$d_{см} = (d_0 + nd_2)/(1 + n). \quad (7.118)$$

Подобным образом для удельного теплосодержания

$$I_{см} = (I_0 + nI_2)/(1 + n). \quad (7.119)$$

Процесс сушки с рециркуляцией в  $I-d$ -диаграмме построим следующим образом (рис. 7.20). Отметим точку  $A$ , которая характеризует параметры свежего воздуха, и точку  $C$ , характеризующую воздух на выходе из сушилки. Прямая  $AC$  изображает процесс смешения воздуха двух различных состояний. Точку  $M$ , характеризующую состояние образованной смеси, получим, поделив линию  $AC$  на  $n + 1$  частей и отложив  $n$  частей от точки  $A$ . Смесь подогревается по линии  $d_{см} = \text{const}$  до температуры  $t_{см1}$ . Точку  $B_1$  получим на пересечении линии  $d_{см} = \text{const}$  и изотермы

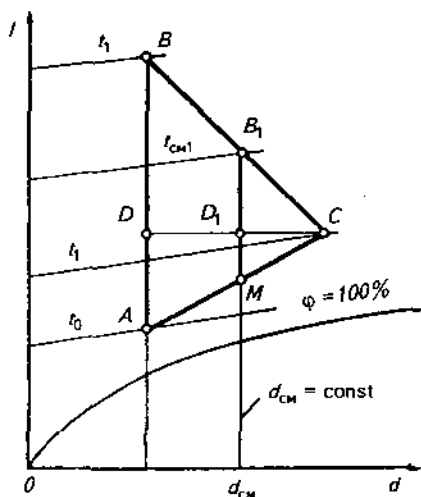


Рис. 7.20. Процесс сушки с рециркуляцией воздуха на  $t-d$ -диаграмме

$t_{cm1}$ . Сравним удельные расходы воздуха и теплоты в калорифере для процесса с рециркуляцией и основного процесса, построенного при тех же параметрах свежего и отработавшего воздуха. Удельный расход воздуха в основном процессе характеризует линия  $CD$ , а в процессе с рециркуляцией — линия  $CD_1$ . Исходя из уравнения (7.116), можно сделать вывод, что удельный расход воздуха в процессе с рециркуляцией больше, чем в основном процессе, так как  $CD > CD_1$ . Удельный расход теплоты в калорифере:

для основного процесса

$$q_k = \frac{AB}{CD} M;$$

для процесса с рециркуляцией

$$q'_k = \frac{MB_1}{CD_1} M.$$

Из подобия треугольников  $ABC$  и  $MB_1C$  следует, что

$$\frac{AB}{CD} = \frac{MB_1}{CD_1},$$

т. е.

$$q_k = q'_k.$$

По сравнению с основным процессом в процессе с рециркуляцией удельный расход воздуха больше, а удельные расходы теплоты в калорифере одинаковы. Следовательно, в процессе с возвратом части отработавшего воздуха нельзя добиться экономии энергии, но можно смягчить режим сушки за счет дополнительного подвода теплоты в сушильную камеру или сушилку с промежуточным подогревом воздуха при переходе его из камеры в камеру. В этих процессах удельные расходы воздуха и теплоты такие же, как и в основном процессе, построенном при тех же начальных и конечных параметрах.



1. В чем проявляется аналогия в переносах теплоты и массы?
2. От чего зависит величина коэффициента массопередачи? Поясните его физический смысл.
3. Какие массообменные процессы распространены в пищевых производствах?
4. Чем отличаются процессы абсорбции от процессов адсорбции?
5. Что называется теоретической ступенью изменения концентрации?
6. Как обеспечивается поверхность фазового контакта в массообменных аппаратах?
7. Назовите три формы связи влаги с материалом. Какая влага удаляется в процессе сушки?
8. Какими преимуществами обладают процессы сушки с рециркуляцией и промежуточным подогревом воздуха?

## Глава 8

### ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

В основе ряда пищевых технологий лежат химические превращения. К ним относят получение патоки, кристаллической глюкозы путем кислотного гидролиза крахмала, различных жиров способом гидрогенизации и переэтерификации, инвертного сахара путем кислотного гидролиза сахарозы. Важная роль отводится этим процессам на отдельных стадиях производства хлеба, мучных кондитерских изделий, сахара, шоколада, растительных масел, прессованных дрожжей, а также при хранении продуктов.

Скорость химических процессов имеет большое значение. Раздел физической химии, изучающий скорость химических реакций, механизм химического взаимодействия и влияние различных условий на скорость реакций, называется *химической кинетикой*.

Скорость химической реакции характеризуется изменением концентрации одного из реагирующих веществ в единицу времени. При расчете скорости реакции можно рассматривать одно из исходных веществ, концентрация которого в ходе реакции уменьшается, или один из продуктов реакции, концентрация которого в ходе реакции возрастает. Если изменение концентрации отнести к бесконечно малому промежутку времени, то производная концентрации во времени будет составлять истинную скорость реакции в данный момент

$$v = dc/dt. \quad (8.1)$$

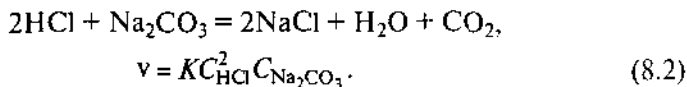
Поскольку скорость реакции всегда положительна, а изменение концентрации исходных веществ отрицательно, то в правой части уравнения ставят знак «минус». Для продуктов реакции изменение концентрации и производная концентрации положительны.

В зависимости от агрегатного состояния взаимодействующих веществ химические реакции могут быть гомогенными и гетерогенными. В гомогенных системах реагирующие вещества находятся в одной какой-либо фазе: газовой (Г), жидкой (Ж) или твердой (Т); в гетерогенных — в разных фазах. На практике наиболее часто встречаются следующие гетерогенные системы: Г — Ж; Г — Т; Ж — Т. В некоторых случаях такие системы могут быть трехфазными, например Г — Ж — Т; Г — Т — Т. Реакции в гомогенных системах протекают обычно быстрее, чем в гетерогенных, механизм технологического процесса проще и управлять им легче, поэтому на производстве, если это возможно, стремятся перевести твердые вещества в жидкое состояние, например, путем растворения.

### 8.1. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА СКОРОСТЬ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

Основные факторы, влияющие на скорость химических реакций, — это концентрация реагирующих веществ, температура, наличие катализатора.

**Концентрация.** Увеличение концентрации взаимодействующих веществ — один из самых распространенных приемов интенсификации процессов. Зависимость скорости химических реакций от концентрации определяется законом действия масс. Согласно этому закону скорость химической реакции прямо пропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ в степени, равной стехиометрическому коэффициенту, стоящему перед формулой вещества в уравнении реакции. Например, в производстве патоки для реакции нейтрализации хлороводородной кислоты карбонатом натрия скорость может быть вычислена по следующему уравнению:



Закон действия масс в общем виде:

$$v = K C_a^n C_b^m, \quad (8.3)$$

где  $K$  — коэффициент пропорциональности, который иначе называется константой скорости реакции;  $C_a$  и  $C_b$  — концентрации веществ  $a$  и  $b$ , участвующих в химической реакции;  $n$  и  $m$  — стехиометрические коэффициенты.

Если принять, что  $C_a = C_b = 1$ , то  $v = K$ , т. е. константа скорости реакции численно равна скорости реакции при концентрации реагирующих веществ, равной единице. Константа скорости зависит

от природы реагирующих веществ, температуры, наличия катализатора и не зависит от концентрации веществ, участвующих в химической реакции. Константа скорости данной реакции при данной температуре постоянна.

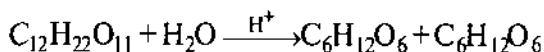
Для определения констант скорости реакции в зависимости от молекулярности и порядка реакции выведены соответствующие формулы.

Молекулярность реакции определяется числом молекул, участвующих в элементарном акте химического взаимодействия. Если для этого требуется одна молекула, то реакции называются *мономолекулярными*. Примером такой реакции может служить реакция разложения  $\text{CaCO}_3$  под действием высокой температуры при обжиге известняка в печах на свеклосахарных заводах:



Реакции при участии двух молекул называются *бимолекулярными*, трех — *тримолекулярными*. Это могут быть молекулы одного или разных веществ. Реакция взаимодействия хлороводородной кислоты с карбонатом натрия, приведенная выше, является тримолекулярной.

Порядок реакции — это сумма показателей степеней при концентрациях веществ в уравнении закона действия масс. Скорость реакции первого порядка пропорциональна концентрации в первой степени, скорости реакций второго и третьего порядков пропорциональны соответственно концентрациям во второй и третьей степени. Однако порядок реакции может быть ниже ее молекулярности, если какое-либо вещество находится в избытке и поэтому его концентрацию можно практически считать неизменной. Например, при инверсии сахарозы в водном растворе  $\text{HCl}$



изменение концентрации воды так незначительно, что им можно пренебречь. Следовательно, инверсию сахарозы рассматривают как реакцию первого порядка, хотя в соответствии с молекулярностью она бимолекулярна, так как в ней участвуют две молекулы: сахарозы и воды. В итоге только эксперимент может установить порядок реакции и только значение порядка реакции позволяет вычислить константу ее скорости.

Для реакции первого порядка константа скорости реакции

$$K_1 = \frac{2,3}{\tau} \lg \frac{a}{(a-x)}, \quad (8.4)$$

где  $a$  — начальная концентрация вещества;  $x$  — количество вещества, вступившее в реакцию за данный отрезок времени  $\tau$ ;  $(a-x)$  — концентрация вещества в момент времени  $\tau$ .

Для реакции второго порядка константа скорости реакции

$$K_2 = \frac{1}{\tau a(a-x)} \quad (8.5)$$

Знание порядка и константы скорости реакции позволяет определить оптимальное время проведения реакции.

Так, если начальная концентрация сахарозы составляет 100 %, то в 0,5 М растворе хлороводородной кислоты за 20 мин сахароза гидролизуеться на 50 %. Время, необходимое для гидролиза сахарозы на 90 %, рассчитывается следующим образом. Гидролиз сахарозы — это реакция первого порядка, поэтому константа ее скорости

$$K_1 = \frac{2,3}{20 \cdot 60} \lg \frac{100}{(100-50)} = 5,77 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}.$$

Время гидролиза

$$\tau = \frac{2,3}{5,77} \cdot 10^4 \lg \frac{100}{(100-90)} = 4000 \text{ с} \approx 67 \text{ мин.}$$

**Температура.** Температура — важный фактор, определяющий скорость реакции. С повышением температуры скорость реакции возрастает, что связано с увеличением константы скорости реакции. Согласно правилу Вант-Гоффа повышение температуры на 10 °С увеличивает скорость реакции в 2...4 раза (в среднем в 3 раза). Это правило приближенное и применимо к реакциям, протекающим в области температур от 0 до 300 °С и в небольшом температурном интервале.

Характер влияния температуры и концентрации реагирующих веществ на скорость химических реакций можно объяснить теорией активных столкновений. Согласно этой теории химическое взаимодействие между молекулами возможно только при их столкновении, однако к химическим реакциям приводят эффективные столкновения, т. е. в реакцию вступают не все сталкивающиеся молекулы, а только те молекулы, которые обладают определенной энергией, избыточной по сравнению со средней. Молекулы, обладающие такой энергией, называются *активными*. Избыточная энергия молекул называется *энергией активации* и зависит от природы вступающих в реакцию веществ.

Для протекания химических реакций необходимо разорвать внутримолекулярные связи в молекулах реагирующих веществ. Если сталкивающиеся молекулы обладают большой энергией и ее достаточно для разрыва связей, то реакция пойдет; если энергия молекул меньше необходимой, то столкновение будет неэффективным и реакция не пойдет.

При повышении температуры количество активных молекул увеличивается, число столкновений между ними возрастает, в результате чего растет скорость реакции. С увеличением концентрации реагирующих веществ общее число столкновений, в том числе эффективных, также возрастает, в результате увеличивается скорость реакции.

**Катализатор.** *Катализатор* — это вещество, которое резко изменяет скорость реакции. В присутствии катализаторов реакции ускоряются в тысячи раз, могут протекать при более низких температурах, что экономически выгодно. Велико значение катализаторов в органическом синтезе — в процессах окисления, гидрирования, дегидрирования, гидратации и др. Чем активнее катализатор, тем быстрее идут каталитические реакции. Катализаторы могут ускорять одну реакцию, группу реакций или реакции разных типов, т. е. они обладают индивидуальной или групповой специфичностью, а некоторые из них пригодны для многих реакций. Например, ионы водорода ускоряют реакции гидролиза белков, крахмала и других соединений.

Существуют каталитические реакции, в которых катализатором является один из промежуточных или конечных продуктов реакции. Эти реакции идут с малой скоростью в начальный период и с возрастающей — в последующий.

Катализаторами служат преимущественно металлы в чистом виде (никель, кобальт, железо, платина) и в виде оксидов или солей (соединения железа, магния, кальция, меди и т. п.). Неорганические катализаторы термостабильны, и реакции с ними протекают при сравнительно высоких температурах.

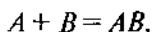
Наличие посторонних веществ в среде, где протекает реакция, влияет на катализатор по-разному: одни нейтральны, другие усиливают действие катализатора, третьи его ослабляют или подавляют. Вещества, отравляющие катализатор, называются *каталитическими ядами*.

В зависимости от того, находится катализатор в той же фазе, что и реагирующие вещества, будучи равномерно распределенным в реакционной среде, или образует самостоятельную фазу, говорят о гомогенном или гетерогенном катализе. В гетерогенном катализе реагирующие вещества, как правило, находятся в жидком или газообразном состоянии, а катализатор — в твердом, при этом реакция протекает на границе двух фаз, т. е. на поверхности твердого катализатора. Например, каталитическая реакция гидрирования жиров — трехфазная: катализатор (металлический никель) образует твердую фазу, водород — газообразную, а жир — жидкую. Поэтому в данном случае речь идет о гетерогенном катализе.

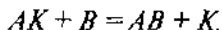
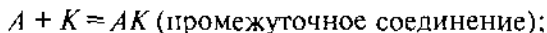
При гетерогенном катализе большое значение имеют способ получения катализатора, условия проведения процесса, состав примесей и т. д. Катализаторы должны обладать значительной селективностью, активностью и сохранять эти свойства длительное время.

Для того чтобы объяснить механизм гомогенного катализа, пользуются теорией промежуточных соединений. При внесении катализатора реакция проходит через несколько промежуточных стадий, требующих меньшей энергии активации, чем прямая реакция без катализатора, что приводит к колоссальному возрастанию скорости реакции.

Медленный процесс, например реакция



в присутствии катализатора  $K$  протекает в две стадии:



Каждая из этих стадий идет с малой энергией активации и, следовательно, с большой скоростью. Катализатор образует промежуточное соединение, которое при взаимодействии с другим веществом регенерирует катализатор.

Многие гомогенные реакции катализируются действием ионов  $H^+$  и  $OH^-$ . К таким реакциям относятся инверсия сахарозы, гидролиз сложных эфиров, в том числе жиров. Ионы металлов катализируют реакции окисления, гидролиза. Например, медь катализирует окисление аскорбиновой кислоты, поэтому оборудование для переработки плодов и овощей нельзя изготавливать из меди и ее сплавов. Окисление пищевых жиров ускоряется под действием ионов меди, железа, марганца, поэтому жиры нельзя хранить в металлической таре.

Основным недостатком гомогенного катализа является трудность выделения катализатора из конечной смеси (жидкости или газа), в результате чего часть его безвозвратно теряется, а продукт загрязняется им. Гетерогенный катализ не страдает этим недостатком, что служит одной из важнейших причин его большого распространения в промышленности. Этот вид катализа сопровождается образованием промежуточных соединений. Они формируются на отдельных участках поверхности катализатора, в так называемых активных центрах, занимающих небольшую часть его поверхности. Если активные центры блокировать, например, каталитическими ядами, то катализатор теряет свою активность. Для увеличения поверхности и, следовательно, количества активных центров катализатора его измельчают. Чтобы катализатор не уносился током газа, его наносят на инертный носитель с развитой поверхностью (силикагель, асбест, пемзу и т. п.).

Большинство каталитических реакций положительно, т. е. в присутствии катализатора их скорость возрастает. Однако встречается отрицательный катализ, когда катализатор замедляет ско-

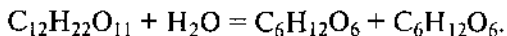
рость реакции. В данном случае катализатор называют *ингибитором*. Если ингибитор тормозит процесс окисления, его называют *антиокислителем* или *антиоксидантом*.

## 8.2. СУЩНОСТЬ ОТДЕЛЬНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ИХ РОЛЬ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Получение и хранение самых разнообразных пищевых продуктов сопровождаются протеканием химических процессов. Одни из них связаны с реакциями гидролиза, другие — с окислительно-восстановительными реакциями: меланоидинообразованием, дегидратацией, сульфитацией, окислением и др.

**Гидролиз.** Реакция разложения сложных веществ (белков, жиров, углеводов) до более простых под действием кислот и щелочей с присоединением молекулы воды называется *гидролизом*.

Сахароза при нагревании с кислотами гидролизуеться, образуя инвертный сахар (смесь равных количеств глюкозы и фруктозы),



Характерная особенность сахарозы — исключительная легкость ее гидролиза: скорость этого процесса примерно в тысячу раз больше, чем скорость гидролиза, при этих же условиях таких дисахаридов, как мальтоза или лактоза.

Инвертный сироп обладает двумя свойствами — свойствами антикристаллизатора и гигроскопичностью. Первое свойство связано с его вязкостью, а второе — с присутствием фруктозы, являющейся самым гигроскопичным из всех известных сахаров и способным поглощать влагу из окружающего воздуха даже при его относительной влажности 45...50 %.

Антикристаллизационные свойства инвертного сиропа позволяют широко использовать его при производстве карамели. В качестве антикристаллизатора можно применять также патоку, имеющую большую вязкость, чем инвертный сироп, и обладающую свойством задерживать скорость кристаллизации в большей степени. Патоку можно частично заменять инвертным сиропом.

Карамель — продукт, получаемый увариванием сахаропаточного или сахароинвертного сиропа до карамельной массы влажностью 1...3 %. Чистый сахарный сироп при такой низкой влажности кристаллизуется. Для предотвращения этого явления и получения карамели, т. е. аморфного вещества, вводят антикристаллизаторы.

Инвертный сироп получают непосредственно на фабриках, используя в качестве катализатора сильную кислоту, например хлороводородную. Чаще всего для этих целей используют органические кислоты — молочную, лимонную и винную. В первом случае в 80 %-й раствор сахара при температуре 90 °С вводят 0,02...0,03 %

хлороводородной кислоты в виде 10%-го раствора. Гидролиз длится 20...30 мин в зависимости от количества вводимой кислоты. По окончании инверсии сироп нейтрализуют 10%-м раствором гидрокарбоната натрия до слабокислой реакции. Нейтрализацию ведут при температуре 65 °С, чтобы предотвратить потемнение раствора.

Во втором случае органические кислоты оказывают более слабое инвертирующее действие и нарастание инвертного сахара идет более медленно. Нейтрализацию кислоты не проводят, инвертный сахар образуется непрерывно с момента введения кислоты до получения готовой карамели. Чаще всего используют молочную кислоту, которая обладает наименьшей инвертирующей способностью из всех названных кислот. Количество вводимой кислоты рассчитывают так, чтобы содержание редуцирующих веществ составляло 18...20 %. Подобный способ варки сиропа называется *кислотным*. Чаще всего его применяют в том случае, когда карамель готовят на инвертном сахаре с добавлением патоки. Последняя обладает буферной способностью, и в ее присутствии нарастание инвертного сахара происходит медленно и равномерно. Этот способ позволяет получать более светлую карамельную массу.

Гидролиз сахарозы может играть отрицательную роль, например в сахарном производстве, так как при этом увеличиваются потери сахарозы за счет ее разложения. При получении сахара измельченную свеклу обрабатывают горячей водой, получая диффузионный сок, в котором растворены сахароза и другие вещества. Некоторые из этих соединений придают соку кислую реакцию. Для предотвращения гидролиза сахарозы диффузионный сок на первых стадиях очистки нейтрализуют.

Свойства антикристаллизатора и гигроскопичности инвертного сахара широко используются в различных отраслях кондитерской промышленности.

Так, гигроскопичность инвертного сиропа широко используется при хранении кондитерских изделий. Она ограничивает применение инвертного сиропа при производстве карамели, так как при хранении карамель «намокает». В то же время гигроскопичность инвертного сахара используется при введении его в рецептуру мучных кондитерских изделий для увеличения срока хранения готового продукта.

Высокое содержание (не менее 30 %) инвертного сахара во фруктово-ягодных начинках при производстве карамели также предотвращает их от засахаривания при хранении из-за высокой гигроскопичности фруктозы.

При уваривании яблочно-сахарной смеси в производстве фруктово-ягодного мармелада происходит инверсия сахарозы. Образующийся инвертный сахар предотвращает засахаривание мармеладной массы и образование грубокристаллической корочки. Од-



нако гидролиз сахарозы не должен проходить чрезмерно глубоко, так как избыток инвертного сахара может вызвать намокание поверхности мармелада при его хранении.

Не менее важная роль принадлежит гидролизу крахмала. При кипячении с кислотами крахмал превращается в глюкозу. В качестве промежуточных продуктов в большем или меньшем количестве образуются полисахариды разной молекулярной массы — декстрины. На первых этапах гидролиза появляются декстрины, мало отличающиеся от крахмала по размерам и свойствам. Они имеют довольно высокую молекулярную массу, в присутствии иода дают сине-фиолетовую окраску. Это так называемые амилодекстрины. В процессе дальнейшего гидролиза крахмала молекулярная масса декстринов снижается, образуются эритродекстрины, в присутствии иода они дают темно-бурое, затем красное окрашивание. И наконец, ахро- и мальтодекстрины, которые цвет иодной пробы не изменяют. По мере снижения молекулярной массы декстринов снижается их удельное вращение и уменьшается растворимость в спиртовых растворах. Продукт неполного гидролиза крахмала разбавленными кислотами (соляная) или ферментами называется *патокой*. В ее состав кроме декстринов входят мальтоза и глюкоза. Сырьем для получения патоки служит картофельный и кукурузный крахмал.

Гидролиз крахмала — процесс каталитический. В качестве катализатора при гидролизе крахмала применяют минеральные кислоты, обычно хлороводородную кислоту. На скорость реакции оказывают влияние примеси, содержащиеся в крахмале. Реагируя с кислотой, они понижают ее концентрацию в растворе, в результате чего скорость реакции уменьшается. Наиболее сильно связывают кислоту фосфаты и аминокислоты. В зависимости от глубины гидролиза получают патоку разных состава и свойств. Для производства карамели используют следующие виды патоки: карамельную низкоосахаренную (КН), карамельную высшего сорта (КВ) и карамельную первого сорта (КІ), причем содержание редуцирующих сахаров в ней возрастает от патоки КН к патоке КІ, а количество декстринов соответственно снижается. Декстрины, обладая высокой вязкостью, придают патоке свойства антикристаллизатора. Как указывалось выше, редуцирующие вещества также в некоторой степени обладают свойствами антикристаллизатора, однако эти свойства у них выражены гораздо слабее, чем у декстринов. Наилучшим антикристаллизатором является патока КН, при добавлении которой можно получить карамель, наиболее стойкую при хранении. Редуцирующие вещества патоки характеризуются гигроскопичностью, поэтому карамель, приготовленная на патоке КІ, имеет ограниченный срок хранения. Промышленность вырабатывает еще один вид патоки — глюкозную высокоосахаренную (ГВ), отличающуюся высоким содержанием (до 44...60 %) редуцирующих веществ. Эта патока характеризуется вы-

сокой сладостью, пониженной вязкостью. Она более гигроскопична, чем карамельные патоки, поэтому ее используют при производстве помадных изделий, пирожных, кексов и других мучных кондитерских изделий для улучшения их качества и увеличения сроков хранения. Патока ГВ применяется также в производстве столовых сиропов, при получении варенья, повидла и других фруктовых консервов, предотвращая их засахаривание.

**Меланоидинообразование.** Это сложный окислительно-восстановительный процесс, включающий в себя ряд реакций, которые протекают последовательно и параллельно. В упрощенном виде сущность этого процесса можно свести к следующему. Низкомолекулярные продукты распада белков (пептиды, аминокислоты), содержащие свободную аминную группу ( $-NH_2$ ), могут вступать в реакцию с соединениями, в состав которых входит карбонильная группа  $=C=O$ , например, с различными альдегидами и восстанавливаемыми сахарами (фруктозой, глюкозой, мальтозой), в результате чего происходит разложение как аминокислоты, так и реагирующего с ней восстанавливающего сахара. При этом из аминокислоты образуются соответствующий альдегид, аммиак и диоксид углерода, а из сахара — фурфурол и оксиметилфурфурол. Альдегиды обладают определенным запахом, от которого зависит в значительной степени аромат многих пищевых продуктов. Фурфурол и оксиметилфурфурол легко вступают в соединения с аминокислотами, образуя темноокрашенные продукты, называемые *меланоидинами*. Белки тоже могут вступать во взаимодействие с сахарами, но менее активно, чем аминокислоты, так как содержат меньше свободных аминных групп.

Образование меланоидинов — основная причина потемнения пищевых продуктов в процессе их изготовления, сушки и хранения. Особенно интенсивно эта реакция протекает при повышенных температурах во время выпечки хлебобулочных и мучных кондитерских изделий; в процессе уваривания сахарных сиропов при производстве сахарного песка; при сушке солода; при самонагревании зерна; в процессе тепловой обработки вин; при приготовлении ирисных и помадных масс типа крем-брюле. Реакция меланоидинообразования сопровождается потемнением продуктов (фруктово-ягодного пюре, соков, повидла), которое наблюдается при длительном нагревании этих продуктов при высокой температуре, а также при их фасовании в горячем виде и хранении при повышенной температуре.

При производстве ряда пищевых продуктов создают специальные условия для реакции меланоидинообразования. В хлебопечении, например, для получения пшеничного хлеба приятного вкуса, аромата, с румяной корочкой технологический процесс необходимо вести так, чтобы к моменту выпечки в тесте содержалось определенное количество сахара (около 2...3 % к массе сухих веществ муки) и необходимое количество аминокислот, которые

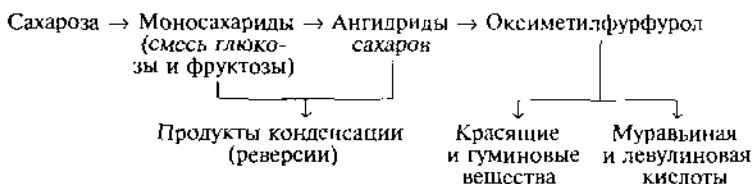
могут вступить в химическое взаимодействие. Для этого мука должна обладать нормальной сахаробразующей способностью, т. е. в ней должен пройти процесс гидролиза крахмала под действием ферментов с образованием необходимого количества мальтозы. Этот процесс протекает на стадии брожения теста. На этой же стадии должно образоваться соответствующее количество продуктов расщепления белка.

При получении темного пивоваренного солода реакция меланоидинообразования протекает в процессе сушки. Накопление веществ, необходимых для образования аромата и цвета, происходит на предшествующей стадии проращивания зерна и в основном на первых этапах сушки. Для получения солода с заранее заданными свойствами выбирают ячмень с высоким содержанием белка. Его замачивают до относительно высокой влажности 45...47 %, в первые дни проращивают при температуре 15...17 °С, а затем температуру повышают до 22...23 °С, что способствует гидролизу углеводов и белков. Сушку солода ведут медленно, поэтапно, увеличивая температуру на каждом этапе с 50 до 70, с 90 до 105 °С с соответствующей выдержкой в течение нескольких часов на каждом этапе. При низких температурах сушки продолжают процессы расщепления крахмала и белка до низкомолекулярных продуктов, а при дальнейшем ее повышении образовавшиеся сахара и аминокислоты вступают в химическое взаимодействие, образуя меланоидины.

При производстве ржаного солода, имеющего коричневую окраску и специфический аромат, создают дополнительные условия, способствующие образованию меланоидинов. Для этого после проращивания зерно подвергают специальной технологической обработке — ферментации, которую проводят в течение нескольких суток при постепенно повышающейся температуре (от 40 до 65 °С). При этом создаются благоприятные условия для воздействия протеолитических, амилолитических и цитолитических ферментов, идет интенсивный гидролиз белков, углеводов и других веществ, в результате чего в солоде накапливаются аминокислоты и сахара. При сушке солода с повышением температуры процесс меланоидинообразования, начавшийся в период ферментации, интенсивно продолжается.

**Дегидратация.** Одна из реакций, протекающая в процессе меланоидинообразования, связана с дегидратацией и разложением сахаров при нагревании. В то же время эта реакция может протекать самостоятельно под воздействием высоких температур на сахара (сахарозу, глюкозу, фруктозу), вызывая ряд их превращений. Характер этих превращений различен и зависит от условий нагревания (степени и продолжительности теплового воздействия), реакции среды и концентрации сахара. Моносахариды, в частности глюкоза, при нагревании в кислой или нейтральной среде дегидратируют, т. е. разлагаются с выделением одной или двух молекул воды и образованием ангидридов глюкозы. Эти соединения явля-

ются реакционно способными и могут соединяться друг с другом или с неизменной молекулой глюкозы и образовывать так называемые продукты конденсации (реверсии). При длительном тепловом воздействии отщепляется третья молекула воды и образуется оксиметилфурфурол, который при дальнейшем нагревании может распадаться с разрушением углеродного скелета и образованием муравьиной, леволиновой кислот и окрашенных соединений. В общем виде схему химических изменений сахарозы можно представить в следующем виде:



Наиболее чувствительной к нагреванию является фруктоза. Аналогичные процессы наблюдаются при нагревании патоки, инвертного сиропа. Продукты разложения сахаров обладают различными свойствами. Оксиметилфурфурол, красящие и гуминовые вещества повышают цветность и гигроскопичность продуктов и отрицательно влияют на качество сахара и карамели. Ангидриды и продукты конденсации способны задерживать кристаллизацию сахарозы из карамельной массы и не оказывают влияния на гигроскопичность и цветность готового продукта.

При нагревании концентрированных растворов сахара (70...80%-й концентрации), особенно при их плавлении, образуются продукты конденсации. Если концентрация растворов низкая (10...30%-я), то реакция дегидратации идет в основном с образованием оксиметилфурфурола и сопровождается нарастанием цветности.

На характер реакции оказывают влияние температура (при повышении на каждые 10 °С нарастание цветности увеличивается в 3 раза) и pH среды (с повышением кислотности, а также в щелочной среде усиливается накопление окрашенных продуктов).

Эти свойства сахаров учитывают при разработке параметров технологических процессов. Для предотвращения потемнения готового продукта в сахарном производстве уваривание сиропа с концентрацией сухих веществ 65 % проводят в вакуум-аппаратах, что позволяет снизить температуру уваривания со 120 до 75...80 °С. В производстве карамели карамельный сироп уваривают в змеевиковых вакуум-аппаратах, что не только снижает температуру уваривания, но и сокращает длительность процесса до 2...2,5 мин. Применение более совершенной аппаратуры, например пленочных аппаратов роторного типа для получения карамельной массы,

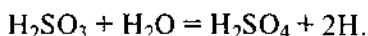
позволяет провести процесс за минимально короткое время и практически полностью исключить разложение сахаров, нарастающие цветности и увеличение гигроскопичности карамели. Для предотвращения потемнения инвертного сахара и патоки в процессе их получения эти продукты стремятся как можно быстрее охладить на завершающей стадии технологического процесса. В производстве тех пищевых продуктов, где охлаждение невозможно из-за особенностей технологии, потемнение предотвращают, регулируя pH среды. Так, в паточном производстве нейтрализацию кислот после гидролиза крахмала ведут до pH 4,6...4,9, избегая перещелачивания раствора.

**Сульфитация.** При производстве ряда пищевых продуктов реакция меланоидинообразования нежелательна, например при получении сахара-песка. Существуют и другие причины, например, при переработке овощей и плодов потемнение происходит за счет протекания биохимических процессов и образования меланинов. С образованием меланинов связано потемнение очищенных и нарезанных яблок, картофеля при непродолжительном хранении на воздухе. Для предотвращения потемнения пищевых продуктов их сульфитируют, т. е. обрабатывают диоксидом серы или его производными, чаще всего  $H_2SO_3$ . Диоксид серы как химический агент вызывает обесцвечивание многих растительных красящих пигментов и может быть использован для улучшения внешнего вида готового продукта. Диоксид серы получают путем сжигания серы в специальной печи, пропуская через нее воздух.

При сульфитации продукта идет образование сернистой кислоты, которая является сильным восстановителем:



Частично сернистая кислота переходит в серную:



Выделяющийся при этом водород оказывает обесцвечивающее действие. Органические красящие вещества всегда содержат не-

предельные хромофорные группы (  $\begin{array}{c} | \quad | \\ - C = C - \end{array}$  ).

При восстановлении их сернистой кислотой по месту разрыва двойных связей присоединяется водород, в результате окрашенные вещества превращаются в бесцветные лейкосоединения. Эффект обесцвечивания может достигать 30 %.

Сульфитации подвергают, например, в сахарном производстве диффузионный сок при его очистке, овощи и плоды при их переработке. Кратковременная, в течение нескольких минут, обработка картофеля, абрикосов, яблок перед сушкой позволяет улучшить внешний вид готового продукта, предотвратить его потемнение.

В то же время понятие сульфитации имеет более широкий смысл, когда речь идет о сульфитации как о способе консервирования пищевых продуктов. Диоксид серы, сернистая кислота и ее соли в этом случае выполняют роль антисептика, вызывая глубокие изменения в клетках микроорганизмов, особенно молочнокислых и уксуснокислых бактерий. Действие ее на микроорганизмы связано с восстанавливающими свойствами: являясь акцептором кислорода, сернистая кислота задерживает дыхание микроорганизмов, реагируя с промежуточными продуктами жизнедеятельности микроорганизмов, а также с ферментами, нарушает обмен веществ. Все это ведет к гибели микрофлоры.

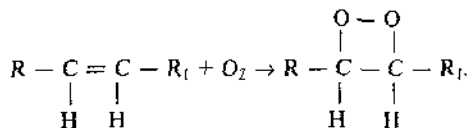
Сернистая кислота оказывает влияние на растительную ткань сульфитированных продуктов. Под ее влиянием происходит коагуляция протоплазмы клеток, нарушается тургор и сок частично выходит в межклеточное пространство, в результате чего ткань плода размягчается.

Являясь сильным восстановителем, сернистая кислота препятствует окислению химических веществ плодов. Блокируя ферменты, катализирующие необратимое окисление витамина С, сернистая кислота способствует его сохранению.

Вступая в соединение с красящими веществами плодов, сернистая кислота вызывает сильное обесцвечивание продукта. Все плоды и ягоды, имеющие красную, синюю и другую окраску (вишня, малина, слива, черная смородина и т. п.), после сульфитации теряют свой первоначальный цвет.

**Окисление.** Этот процесс играет большую роль при хранении жиров, масел и жиродержащих продуктов. Жиры при длительном хранении приобретают неприятные вкус и запах — прогоркают, что связано как с химическими превращениями, происходящими под действием света и кислорода воздуха, так и с действием некоторых ферментов. Наиболее простой случай прогоркания, часто наблюдаемый при хранении коровьего масла и маргарина, заключается в омылении жира и появлении в свободном виде масляной кислоты, которая придает продукту неприятный запах, свойственный этой кислоте.

Однако наиболее распространенный тип окисления жиров — прогоркание, обусловленное окислением ненасыщенных жирных кислот кислородом воздуха. При этом кислород присоединяется по месту двойных связей, образуя пероксиды,



В результате дальнейшего разложения пероксидов жирных кислот образуются альдегиды, придающие жиру неприятные запах и вкус.

При отсутствии кислорода воздуха процесс не идет, таким образом, при хранении жира в вакууме он не прогоркает. Присутствие в жирах солей металлов, особенно меди, которые являются катализаторами, увеличивает скорость окисления. На интенсивность реакции окисления жиров влияет степень ненасыщенности жирных кислот: чем ненасыщенность выше, тем быстрее жир окисляется. Наличие в жире белковых и слизистых веществ также ускоряет порчу жира, поэтому при получении жиров стремятся в максимальной степени избавиться от этих примесей.

В то же время присутствие в жирах и жирсодержащих продуктах антиоксидантов снижает скорость их окисления. Наиболее активными естественными антиокислителями являются токоферолы (витамин E). Медленное окисление какао-масла, кунжутного масла и длительное хранение халвы, особенно тахинной, приготовленной на основе кунжута и продуктов его переработки, объясняется наличием в этих маслах природных антиокислителей. При производстве и очистке жиров антиокислители частично удаляют, что резко снижает стойкость жиров при хранении. Аналогичные процессы протекают при тепловой обработке пищевых концентратов, в результате которой жиры легко прогоркают. Добавление к ним антиокислителей позволяет значительно увеличить сроки хранения.

Животные жиры, как правило, очень бедны токоферолами, поэтому введение в состав жиров антиокислителей резко повышает стойкость их к прогорканию.

В последние годы синтезирован ряд веществ, обладающих антиокислительным действием. К ним относятся производные фенолов — бутилоксианизол, бутилокситолуол и др. Введение этих соединений в малых количествах (0,01 % к массе жира) резко замедляет процесс прогоркания жира. Фенолы и их производные входят в состав копильной жидкости, содержатся в древесном дыме, поэтому копченые продукты, как правило, обладают стойкостью при хранении.

Использование смесей антиокислителей дает больший эффект, чем применение отдельного антиоксиданта. Суммарное действие смеси веществ, превышающее действие каждого компонента в отдельности, называется *синергизмом*. Подобным действием обладают также вещества, не являющиеся антиокислителями. К таким веществам относятся лимонная, аскорбиновая, виннокаменная кислоты, фосфатиды, сульфгидрильные соединения и др.

Рассмотренные выше химические процессы являются общими для получения ряда пищевых продуктов.

#### *Контрольные вопросы*

1. Какие факторы влияют на скорость химических реакций?
2. При получении каких пищевых продуктов происходит кислотный гидролиз сахарозы и какое воздействие он может оказывать на качество готового продукта?

3. В чем заключается кислотный гидролиз крахмала? Получение каких продуктов связано с этой химической реакцией?

4. В чем сущность реакции меланоидинообразования и как предотвратить нежелательное потемнение продукта?

5. В чем состоит химизм окисления жиров и масел и какими путями можно увеличить срок их хранения?

## Глава 9

### ДИСПЕРСНЫЕ СИСТЕМЫ

Важная роль в пищевой технологии принадлежит дисперсным и коллоидным системам и их свойствам.

Дисперсные системы гетерогенны и состоят из двух фаз. Одна из них — сплошная, называется *дисперсионной средой*. Другая — раздробленная и распределенная в первой, называется *дисперсионной фазой* (см. главу 5).

Дисперсными системами являются большинство продуктов питания, сырье и полуфабрикаты: хлеб, мука, шоколад, сыры, творог, сухое молоко, соки, шампанское, пиво, конфеты и т. п.

Частицы веществ дисперсионной фазы могут иметь различные размеры и форму: сферическую, цилиндрическую, прямоугольную, а чаще — неправильную. Образование различных дисперсий можно проиллюстрировать на примере уменьшения размеров куба по трем его осям. При значительном уменьшении размера в одном его измерении образуется пленка или поверхностный слой, при уменьшении размеров куба одновременно в двух измерениях образуются нити или капилляры, а уменьшение его размеров по всем трем измерениям приводит к образованию мелких частиц. Раздробленность определяется размером тела по той оси, уменьшением которой она достигнута, т. е. наименьшим размером  $a$ . Раздробленность характеризуется также величиной, обратной размеру  $a$ , т. е.  $1/a$ . Эта величина называется *дисперсностью*  $D$ . Кроме этого раздробленность характеризуется величиной удельной поверхности  $S_{уд}$ , определяемой отношением площади межфазной поверхности к объему тела  $S/V$ . Все три характеристики раздробленности связаны между собой: с уменьшением размера  $a$  увеличиваются дисперсность  $D$  и удельная поверхность  $S_{уд}$  (табл. 9.1).

Таблица 9.1

Изменение удельной поверхности  $S_{уд}$  при дроблении 1 см вещества на частицы (кубики) меньшего размера

Длина грани кубика $a$ , см	Число кубиков	Удельная поверхность, см <sup>2</sup>
1	1	6
$1 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^3$	60
$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^9$	$6 \cdot 10^3$
$1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{15}$	$6 \cdot 10^5$
$1 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{21}$	$6 \cdot 10^7$



Увеличение размеров частиц и связанное с этим увеличение размеров удельной поверхности влекут за собой некоторое изменение свойств дисперсных систем.

## 9.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

Все дисперсные системы классифицируют по степени дисперсности. Дисперсные системы с частицами, размер которых превышает  $10^{-3}$  см, относятся к *грубодисперсным системам* (рис. 9.1). Эти частицы при распределении в жидкости или газе, где они постепенно оседают или всплывают, наблюдаются визуально. Системы с частицами, размер которых лежит в пределах от  $10^{-5}$  до  $10^{-3}$  см (от 0,1 до 10 мкм), называются *микростероженными*. Частицы таких систем видны только в микроскоп, в газовой или жидкой среде они также оседают или всплывают.

Гетерогенные системы с частицами размером от  $10^{-7}$  до  $10^{-5}$  см (от 1 до 100 нм) относят к *ультрамикростероженным*. Такие системы называют *коллоидными*. Частицы в них настолько малы, что вещество, из которого они состоят, почти целиком находится в коллоидном состоянии, т. е. практически содержит только поверхностные атомы и молекулы. Такие частицы по сравнению с отдельной молекулой обладают определенным агрегатным состоянием, т. е. таким состоянием, которого не имеет молекула. При увеличении числа молекул в частице она постепенно приобретает все свойства фазы. Коллоидные системы вследствие большой удельной поверхности обладают значительной поверхностной энергией, что обуславливает неустойчивость системы, — она всегда стремится к самопроизвольному уменьшению межфазной поверхности, т. е. к снижению дисперсности. Способность коллоидных систем увеличивать размеры частиц путем их агрегации называется *агрегативной неустойчивостью*.

Дисперсные системы классифицируются не только по размерам частиц, но и по агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды. Сочетание трех агрегатных состояний (твердое, жидкое и газообразное) дает 9 типов дисперсных систем (табл. 9.2). Условно их обозначают дробью, числитель которой указывает на агрегатное состояние дисперсной фазы, а знаменатель — дисперсионной среды. Например, обозначение Г/Ж показывает, что сис-

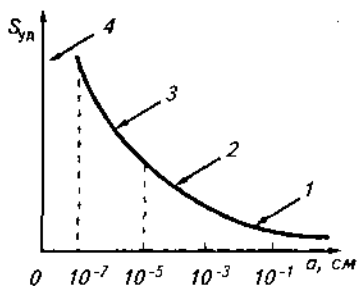


Рис. 9.1. Зависимость удельной поверхности от поперечного размера частиц для систем:

1 — грубодисперсной; 2 — микростероженной; 3 — коллоидной; 4 — молекулярно-дисперсной

тема состоит из газообразной дисперсной фазы и жидкой дисперсионной среды (газообразное вещество в жидкости).

Таблица 9.2

**Классификация дисперсных систем по агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды**

Дисперсная фаза	Дисперсионная среда	Условное обозначение системы	Название системы и примеры
Твердая	Твердая	Т/Т	Твердые гетерогенные системы: шоколад, кристаллический ирис
Жидкая	»	Ж/Т	Капиллярные системы (жидкость в пористых телах): мармелад, бисквитное тесто
Газообразная	»	Г/Т	Пористые тела, твердые пены: пастилла, зефир, пористый шоколад
Твердая	Жидкая	Т/Ж	Суспензии и лиозоли: взвеси, пасты, какао тертое, помадные массы
Жидкая	»	Ж/Ж	Эмульсии: кремы, молоко, масло, сметана
Газообразная	»	Г/Ж	Газовые эмульсии и пены: шампанское, пиво
Твердая	Газообразная	Т/Г	Аэрозоли (пыли, дымы), порошки: мучная, сахарная пыль, какао-порошок, крахмал
Жидкая	»	Ж/Г	Аэрозоли: туманы, в том числе и промышленные, распыленные для высушивания соки, молоко
Газообразная	»	Г/Г	Коллоидная система не образуется

Следует отметить, что грубодисперсные системы отличаются низкой кинетической устойчивостью и вследствие этого быстрым оседанием частиц с размерами более  $10^{-3}$  в суспензиях и порошках. На этой способности основано разделение грубодисперсных частиц на составные части (см. главу 5). Так, в производстве сахара utfель разделяют на кристаллический сахар и сироп, в технологии пива отделяют пивное сусло от хмелевой дробины и т. д.

Коллоидные, микрогетерогенные системы и молекулярные коллоиды обладают рядом особых свойств, которые рассматриваются в следующих разделах.

## 9.2. КОЛЛОИДНЫЕ СИСТЕМЫ

Коллоидное состояние характеризуется следующими основными признаками: определенными размерами частиц ( $10^{-7}$ ... $10^{-3}$  см), гетерогенностью и многокомпонентностью.

Дисперсные системы с частицами коллоидных размеров принято называть *золями* (от латинского слова *solutio* — раствор).

Системы с газовой дисперсионной средой независимо от природы газа называют *аэрозолями*. Системы с жидкой дисперсион-

ной средой — *лиозолями* (от греческого слова *lios* — жидкость). В зависимости от природы жидкости лиозоли называют гидрозолями (вода), органозолями (органическая среда) или более конкретно — алкозолями (спирты), этерозолями (эфир) и т. д.

По размеру частиц золи занимают промежуточное положение между истинными растворами и грубодисперсными системами — порошками, суспензиями и эмульсиями. Коллоидные системы образуются двумя путями: диспергированием — дроблением крупных частиц грубодисперсных систем до коллоидной дисперсности; конденсацией — соединением атомов ионов или молекул в более крупные частицы коллоидных размеров. При этом необходимыми условиями образования коллоидных систем являются нерастворимость вещества дисперсной фазы в дисперсионной среде; достижение частицами дисперсной фазы коллоидной дисперсности; наличие стабилизатора, придающего коллоидной системе агрегативную устойчивость.

Стабилизаторами могут быть вещества, специально вводимые в дисперсионную среду, например поверхностно-активные вещества или продукты взаимодействия дисперсной фазы с дисперсионной средой. Стабилизаторы создают вокруг коллоидных частиц адсорбционный защитный слой, препятствующий их агрегатированию.

В производстве различных пищевых продуктов диспергирование и конденсация занимают одно из ведущих мест. Это обусловлено особенностями вещества в дисперсном состоянии, которые обеспечивают удобство фасования, транспортирования, дозирования, способствуют увеличению скоростей химических и биохимических реакций и процессов растворения, сорбции, экстракции и других процессов.

Диспергирование используют при дроблении и измельчении зерна в муку, какао-бобов в какао тертое и какао-порошок, сахара в сахарную пудру, в консервной промышленности при гомогенизации плодово-ягодных пюре и т. п.

Конденсация возникает в ректификационных аппаратах при получении спирта, кристаллизации сахара, выпаривании растворов, оклейке вин и т. д.

Коллоидные системы обладают молекулярно-кинетическими свойствами, обусловленными самопроизвольным движением частиц. Это такие свойства, как диффузия, осмотическое давление и распределение частиц по высоте.

Причиной диффузии (самопроизвольное выравнивание концентраций) частиц в коллоидных системах является броуновское движение, которое, в свою очередь, является следствием теплового движения молекул дисперсионной среды. Скорость диффузии обратно пропорциональна размеру диффундирующих частиц, поэтому в коллоидных системах, частицы которых имеют размеры порядка  $10^{-7} \dots 10^{-5}$  см, т. е. значительно больше молекул обычных низкомолекулярных веществ, скорость диффузии невелика.

На коллоидные частицы, распределенные в дисперсионной среде, действуют две противоположно направленные силы: сила

тяжести и сила диффузии. Под действием силы тяжести частицы стремятся осесть на дно — седиментировать (от латинского слова *sedimentum* — осадок). Силы диффузии же стремятся распределить частицы равномерно по всему объему системы. Таким образом, дисперсные системы способны сохранять определенное распределение частиц по объему. Эта способность называется *седиментационной или кинетической устойчивостью*. Грубодисперсные системы кинетически неустойчивы, их частицы велики и поэтому под действием силы тяжести оседают на дно. Молекулярные системы (газы, растворы) обладают очень высокой кинетической устойчивостью. Кинетическая устойчивость коллоидных систем зависит от размеров их частиц: чем меньше размер частиц, тем более кинетически устойчива коллоидная система.

### 9.3. МИКРОГЕТЕРОГЕННЫЕ СИСТЕМЫ

К микрогетерогенным системам с размером частиц  $10^{-5} \dots 10^{-3}$  см относят суспензии (Т/Ж), эмульсии (Ж/Ж), пены (Г/Ж), аэрозоли (Т/Г и Ж/Г) и порошки (Т/Г). Как правило, эти системы непрозрачны, частицы гетерогенных систем быстро оседают на дно. Все эти системы широко распространены в природе и имеют большое значение в пищевой промышленности.

**Суспензии.** Представляют собой дисперсные системы с твердой дисперсной фазой и жидкой дисперсионной средой. К ним относятся фруктовые и овощные пасты, помадные конфетные массы, какао тертое и др.

Суспензии имеют ряд общих свойств с порошками; эти системы подобны им по дисперсности. В пищевой промышленности суспензии образуются при получении крахмала, при осаждении осадков в производстве сахара, пива, вина, в кондитерской промышленности и др.

**Эмульсии.** Дисперсные системы, состоящие из жидкой дисперсной фазы и жидкой дисперсионной среды, называются *эмульсиями*. Обязательное условие образования эмульсии — нерастворимость вещества дисперсной фазы в дисперсионной среде.

Обычно эмульсии получают методом механического диспергирования. Для этого используют различные мешалки, смесители, гомогенизаторы, коллоидные мельницы и ультразвук.

Жидкости, из которых получают эмульсии, нерастворимы друг в друге и, следовательно, отличаются по своим свойствам. Практически одной из жидкостей всегда является вода, а другой — какая-либо неполярная, нерастворимая в воде жидкость, например масло.

Эмульсии — неустойчивые системы. Неустойчивость этой системы проявляется в самопроизвольном слиянии (коалесценции) капелек дисперсной фазы, что приводит к разрушению эмульсии и разделению ее на два слоя. Устойчивость эмульсиям может придать только третий компонент — стабилизатор или эмульгатор. Роль

эмульгатора в образовании устойчивой эмульсии заключается, во-первых, в том, что он адсорбируется на границе раздела фаз масло — вода (М/В) и снижает межфазное поверхностное натяжение, т. е. является поверхностно-активным веществом, а во-вторых, концентрируясь на поверхности капелек дисперсной фазы, эмульгатор образует механически прочный слой (пленку). Наличие такой защитной пленки на поверхности частиц дисперсной фазы препятствуют их слиянию, т. е. предохраняет эмульсию от коалесценции.

Природа эмульгатора определяет не только устойчивость, но и тип эмульсии. Эмульгаторы, растворимые в воде, способствуют образованию прямых эмульсий (М/В); эмульгаторы, растворимые в неполярных жидкостях, дают обратные эмульсии (В/М).

К представителям эмульсий относится ряд важнейших жиродержащих продуктов, например молоко, сливки, сливочное масло, сметана и майонез. Все это — эмульсии.

Жиры — необходимая составная часть продуктов питания, но так как они нерастворимы в воде, то лучше усваиваются в эмульгированном состоянии. Поэтому употребляемые в пищу жидкие или твердые жиры (растительное масло, животные жиры) в организме сначала переводятся в эмульгированное состояние под действием желчи, а потом усваиваются.

**Аэрозоли и порошки.** Это дисперсные системы, дисперсионной средой которых является газ (воздух), а дисперсной фазой могут быть твердые частицы или капельки жидкости. Обычно аэрозоли классифицируются по агрегатному состоянию дисперсной фазы. Аэрозоль с жидкой дисперсной фазой называют *туманом*, с твердой — *дымом* и *пылью*. Аэрозоли с твердой дисперсной фазой, размеры частиц которой больше, чем у дымов, называют обычно *пылью*. Это деление достаточно условно. Размеры частиц аэрозолей лежат в пределах от  $10^{-5}$  до  $10^{-2}$  см. Аэрозоли имеют большое практическое значение в ряде отраслей пищевой промышленности. К типичным аэрозолям относятся водяной туман, топочный дым, мучная и сахарная пыль. В ряде случаев в промышленности прибегают к искусственному получению аэрозолей. Так, для высушивания соки, пюре, молоко распыляют до мельчайших капелек в сухом горячем воздухе. Из образующегося аэрозоля благодаря его большой удельной поверхности испарение влаги идет очень интенсивно и сушка заканчивается за 15...20 с.

Образование аэрозолей может привести к нежелательным и опасным последствиям. Так, пыль, образованная при производстве, например, муки, сахара, крахмала, угля, образует с воздухом взрывоопасные смеси.

Порошки можно рассматривать как осажденные аэрозоли с твердыми частицами. Однако частицы в них могут быть более крупными и достигать в диаметре 1...2 мм. Размер частиц промышленных порошков определяется их целевым назначением и часто является одним из основных показателей качества продукта. Например,

дисперсность и распределение частиц по размерам в какао-порошке влияют на вкусовые качества и пищевую ценность этого продукта. Степень помола зерна оказывает влияние на качество муки.

Частицы порошка всегда находятся в контакте и по этой причине имеют свойство текучести, которое, в свою очередь, зависит от плотности, размера и формы частиц, состояния их поверхности, влажности и других свойств. Повышение дисперсности приводит к уменьшению текучести вследствие роста общей поверхности контакта. Увеличение влажности также снижает текучесть порошков.

**Пены.** Высококонтрированные дисперсные системы, в которых дисперсионная среда — жидкость, а дисперсная фаза — газ, называются *пенами*. Пузырьки газа в пенах имеют большие размеры, форму многогранников и отделены друг от друга очень тонкими слоями дисперсионной среды. Для получения пен применяют диспергационные методы: интенсивное встряхивание или перемешивание жидкости.

Устойчивую пену можно получить только в присутствии стабилизатора — пенообразователя. Это связано с тем, что поверхность жидкости, соприкасающаяся с газообразной средой, находится в особых условиях по сравнению с основной массой жидкости. Эти условия создаются потому, что молекулы поверхностного слоя жидкости в отличие от молекул, находящихся в глубине, подвергаются неодинаковому притяжению молекул жидкости и газа. Каждая молекула внутри жидкости со всех сторон притягивается соседними молекулами, расположенными на расстоянии радиуса сферы действия межмолекулярных сил (рис. 9.2). В результате силы притяжения компенсируются и равнодействующая этих сил равна нулю. У молекул поверхностного слоя часть сферы действия межмолекулярных сил находится в газовой фазе, плотность которой меньше плотности жидкости, поэтому равнодействующая всех сил притяжения будет направлена внутрь жидкости перпендикулярно к ее поверхности. Вследствие этого поверхностные молекулы жидкости всегда находятся под действием силы, стремящейся втянуть их внутрь. В результате чего поверхность жидкости всегда стремится сократиться. Этим объясняются и шарообразная форма капли жидкости (шар имеет минимальную поверхность), и идеально гладкая поверхность жидкости в широком сосуде. При увеличении поверхности некоторое число молекул из глубины жидкости переходит на поверхность. Процесс переноса молекул из равновесного состояния в особое состояние молекул поверхностного

слоя требует затраты внешней работы. Работа по увеличению пло-

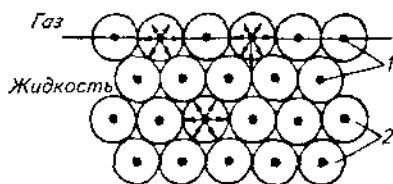


Рис. 9.2. Схема возникновения поверхностного натяжения:

1 — молекулы; 2 — сферы действия межмолекулярных сил

щади поверхности жидкости переходит в потенциальную энергию молекул поверхностного слоя — поверхностную энергию. Последняя, в свою очередь, отнесенная к единице поверхности, называется *поверхностным натяжением*

$$\sigma = F/S,$$

где  $F$  — поверхностная энергия;  $S$  — площадь поверхности.

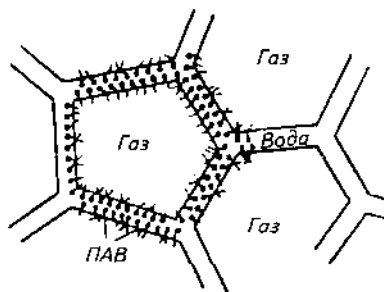


Рис. 9.3. Схема структуры пены

Пенообразующие вещества с длинной молекулярной цепью уменьшают поверхностное натяжение, облегчают образование пены и придают ей стабильность, так как они адсорбируются на границе вода — воздух и образуют высоковязкую структурированную пленку, препятствующую стеканию жидкости (рис. 9.3). В этом случае толщина слоя жидкости между пузырьками воздуха уменьшается медленно и пена может существовать длительное время.

Пенообразователями могут служить поверхностно-активные вещества (ПАВ), молекулы которых имеют достаточно длинную углеводородную цепь. Многие молекулы органических веществ состоят из двух частей: полярной группы и неполярного углеводородного радикала. К полярным группам относятся  $-\text{COOH}$ ,  $-\text{OH}$ ,  $-\text{NH}$ ,  $-\text{SH}$ ,  $-\text{CN}$  и т. д. Эти группы гидрофильны, т. е. хорошо смачиваются водой. В отличие от них углеводородные радикалы гидрофобны, т. е. не смачиваются водой. Схематически дифильные, состоящие из гидрофильной и гидрофобных частей молекулы изображают в виде символа  $\bullet\text{---}$ , в котором прямой чертой обозначают неполярный радикал, а кружком — полярную группу.

К типичным пенообразователям водных пен относятся спирты, мыла, белки. Пенообразование имеет важное практическое значение. В частности, многие продукты, такие, как хлеб и ряд кондитерских изделий (зефир, пастила), имеют структуру пены, что определяет их вкусовые свойства и пищевую ценность.

#### 9.4. МОЛЕКУЛЯРНЫЕ КОЛЛОИДЫ (РАСТВОРЫ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ)

Вещества, имеющие молекулярную массу от 10 000 до нескольких миллионов, называются *высокомолекулярными соединениями* (ВМС). Размеры макромолекул этих соединений в вытянутом состоянии могут достигать 1000 нм и более, т. е. они соизмеримы с размерами частиц ультрамикрорегерогенных (коллоидных) дисперсных систем и, обладая рядом свойств, присущих этим системам, имеют характерные особенности, обусловленные молекуляр-

ной массой и строением. Поэтому ВМС рассматривают как отдельную группу дисперсных систем. Вследствие большой молекулярной массы и гибкости цепей макромолекулы ВМС и их растворы обладают специфическими свойствами: способностью образовывать волокна и пленки, эластичностью, набухаемостью, структурообразованием.

К важнейшим природным полимерам относятся белки и полисахариды.

Белки являются основой всех живых организмов, они составляют существенную часть живой клетки и обеспечивают ее жизнедеятельность. Белки входят в состав кожи, мышц, сухожилий, нервных волокон, крови, ферментов и гормонов, они содержатся во многих растительных и животных продуктах: молоке, яйцах, зерне, бобовых растениях и др. По химической структуре белки являются полиамидами, исходными мономерами для их синтеза служат  $\alpha$ -аминокислоты.

Полисахариды представляют собой соединения, состоящие из многих сотен и даже тысяч моносахаридных звеньев. К наиболее важным полисахаридам относятся крахмал, целлюлоза, лектин и др.

Растворы ВМС по своим свойствам аналогичны коллоидным системам. Так же, как и у коллоидных растворов, у них сравнительно невелика скорость диффузии, небольшое осмотическое давление, они не проходят через полупроницаемые мембраны.

В отличие от зольей растворы ВМС образуются самопроизвольно и не нуждаются в стабилизаторе. Растворению ВМС предшествует его набухание.

*Набухание* — это самопроизвольный процесс поглощения низкомолекулярного растворителя высокомолекулярным веществом, сопровождающийся увеличением массы и объема последнего. Набухание часто является начальным этапом растворения высокомолекулярных веществ. Существует ограниченное и неограниченное набухание. При ограниченном набухании объем и масса полимера достигают определенных значений и дальнейший контакт полимера с растворителем не приводит к каким-либо изменениям. Ограниченно набухший полимер называется *студнем*. Процесс неограниченного набухания не имеет предела набухания. С течением времени полимер поглощает все большее количество жидкости и набухание переходит в растворение.

Причиной набухания является диффузия молекул низкомолекулярного растворителя в высокомолекулярное вещество. Между макромолекулами полимера обычно имеются небольшие промежутки, размер которых соизмерим с размером молекул растворителя. Благодаря этому молекулы низкомолекулярной жидкости достаточно быстро проникают между макромолекулами, раздвигая молекулярные цепи. Если макромолекулы полимера гибкие, то благодаря их тепловому движению диффузия растворителя ускоряется. Полимеры с жесткими молекулярными цепями всегда набухают значительно хуже.



Набухание включает не только *простую диффузию* — проникание молекул жидкости в полимер, но и *сольватацию* макромолекул, т. е. взаимодействие молекул растворителя с молекулами полимера. Макромолекулы полимеров состоят из полярных и неполярных групп. При взаимодействии высокомолекулярного вещества с полимером сольватируется не вся макромолекула. Если растворитель полярен, то сольватируются полярные группы, если неполярен, то сольватируются неполярные группы. В зависимости от того, каких групп в полимере больше, он будет быстрее набухать в полярном или неполярном растворителе. Обычно набухание — избирательное явление, так как полимер набухает в жидкостях, близких к нему по химическому строению. Так, углеводородные полимеры типа каучука набухают в неполярных жидкостях — бензине, бензоле. Полимеры, в состав молекул которых входят полярные группы, набухают в воде и спиртах.

Процесс набухания можно разбить на две основные стадии. На первой стадии низкомолекулярный растворитель, диффундируя в высокомолекулярное вещество, сольватирует его макромолекулы. Образование сольватной (гидратной, если средой является вода) оболочки молекулы полимера сопровождается выделением теплоты, поэтому первая стадия набухания сопровождается тепловым эффектом.

Молекулы растворителя в сольватной оболочке обладают плотной упаковкой, которая обуславливается близким расположением молекул около сольватируемых групп, и, следовательно, растворитель в сольватной оболочке имеет более высокую плотность. Вследствие сжатия растворителя в сольватных оболочках на первой стадии набухания наряду с увеличением объема полимера происходит уменьшение суммарного объема всей системы. Сумма объемов полимера до набухания и поглощенной полимером жидкости больше, чем объем набухшего полимера. Это явление называется *внутренним сжатием* или *контракцией*.

На второй стадии набухания, идущей без теплового эффекта, а иногда и с поглощением теплоты, обычно наблюдается основное увеличение объема полимера. Молекулы жидкости на этой стадии набухания диффундируют в полимер, в результате чего происходит смешивание больших и гибких макромолекул с молекулами растворителя. Из-за односторонней диффузии, характеризующей эту стадию, ее называют *осмотической*.

Иногда на второй стадии набухания происходит переход некоторой части макромолекул в низкомолекулярный растворитель. Ограниченное набухание заканчивается на второй стадии, неограниченное набухание приводит к растворению полимера.

Набухание полимера характеризуется степенью набухания

$$a = (m - m_0)/m_0,$$

где  $m_0$  и  $m$  — масса полимера до и после набухания.

Степень набухания зависит от прочности и числа межмолекулярных связей в полимере. Чем прочнее межмолекулярные связи и чем их больше, тем хуже набухает полимер.

Если набухание высокомолекулярного вещества идет в каком-либо ограниченном пространстве, препятствующем увеличению объема, то возникает давление набухания, достигающее на начальной стадии набухания нескольких мегапаскалей. Оно может стать причиной разрыва емкостей, наполненных набухающими материалами. При хранении и перевозке многих пищевых продуктов, таких, как зерно, крупа, мука, необходимо учитывать возможность их набухания.

Чаще всего жидкой дисперсионной средой в пищевых производствах служит вода. При этом следует учитывать, что часть воды находится в свободном состоянии, а часть — в связанном.

В системах, в состав которых входят биополимеры (высокомолекулярные природные соединения — белки, полисахариды), часть воды, прочно связанная с поверхностью этих макромолекул, образует гидратную оболочку. Например, 1 г яичного альбумина связывает 0,25 г воды, образуя гидратный слой толщиной 0,25 нм. В связи с присутствием макромолекул связанная вода значительно отличается по своим свойствам от обычной воды. Ее нельзя использовать в качестве растворителя веществ, она не замерзает даже при  $t = -70^\circ\text{C}$ . Для связанной воды характерна пониженная электропроводность. Свободная же вода служит реакционной средой и растворителем веществ. При участии гидролитических ферментов она вступает во множество реакций, в результате которых образуются новые вещества. Таким образом, свободная вода является и активным участником биохимических реакций.

Ярким примером процесса набухания высокополимеров служит процесс замеса и образования теста из пшеничной муки, ведущая роль в котором принадлежит гидратации (сольватации в водных растворах) ВМС муки. Мука, состоящая главным образом из сухих протеиновых гелей и крахмальных зерен, при замешивании теста (при взаимодействии с водой) проявляет коллоидные свойства.

Крахмал муки, смоченный водой при комнатной температуре, может адсорбционно связать 35...40 % влаги. При более высокой температуре и достаточном количестве воды связывание крахмала с водой увеличивается, а при температуре  $60^\circ\text{C}$  и избытке воды происходит процесс клейстеризации крахмала, т. е. нарушение структуры крахмальных зерен и образование коллоидного раствора.

Крахмал, смоченный водой в любом соотношении и в любых условиях, не образует связного теста.

Ведущая роль в образовании теста принадлежит белкам пшеничной муки.

Белки способны набухать в холодной воде и удерживать воду в количестве в 2...2,5 раза больше своей массы. При замешивании теста из пшеничной муки белки при достаточном количестве воды

легко и сравнительно быстро (через 3...5 мин) образуют тончайшие нити и пленки, связывающие и склеивающие между собой зерна увлажненного крахмала. Благодаря этому пшеничное тесто приобретает упруговязкопластичные свойства, какими не обладает тесто из других злаков.

Взаимодействие белков с водой состоит из двух основных стадий, тесно связанных между собой.

Первая стадия набухания — связывание ничтожных количеств воды благодаря активности гидрофильных групп белков с образованием вокруг них сольватированных оболочек. На этой стадии набухания значительного увеличения объема не происходит, так как количество связанной воды невелико — около 30 %.

Вторая стадия набухания протекает без выделения теплоты, но со значительным увеличением объема, так как количество воды, связанное белками на этой стадии, составляет свыше 200 %. Белки пшеничной муки неоднородны и представляют собой комплекс различных фракций с разной молекулярной массой и различной водопоглотительной способностью. Низкомолекулярная фракция легко подвергается разрыхляющему действию воды и частично пептизируется, т. е. распадается на более мелкие частицы. Последнее создает в белковом комплексе осмотическое давление, которое обуславливает диффузию воды внутрь комплекса, сопровождающуюся увеличением объема.

Крахмал муки состоит из двух основных фракций — амилозы и амилопектина. Амилоза содержится внутри крахмальных зерен, а амилопектин образует их наружную оболочку. Амилоза отличается меньшей величиной частиц и меньшей молекулярной массой (около 80 000), а амилопектин — большей величиной частиц и большей молекулярной массой (115 000). Это позволяет рассматривать зерно крахмала как осмотическую ячейку, внутри которой находится растворимая низкомолекулярная фракция — амилоза, обуславливающая избыточное осмотическое давление и приток воды внутрь ячейки.

Гидратация муки при разных температурах зависит от поведения белков и крахмала. В температурном интервале 25...40 °С гидратация муки происходит преимущественно за счет белков клейковины. Повышение температуры до 60 °С приводит к резкому усилению этого процесса в результате значительного увеличения гидратации крахмала при понижении этой способности у белков клейковины.

Таким образом, набухание пшеничной муки при низкой температуре (25...40 °С) в основном протекает вследствие осмотического набухания белков, а при более высокой температуре (60 °С) — в результате осмотического связывания воды крахмалом.

В связи с этим схему образования теста можно представить в следующем виде.

Белки, содержание которых в пшеничной муке составляет 10...20 %, при температуре замеса около 30 °С поглощают незначи-

тельное количество воды за счет взаимодействия гидрофильных групп белка с водой, а значительное количество воды диффундирует внутрь белка в результате наличия в нем избыточного осмотического давления.

Крахмал, содержание которого в пшеничной муке достигает 70 %, при той же температуре теста поглощает до 30 % воды благодаря активности гидрофильных групп. Так как в муке количественно преобладает крахмал, то содержание влаги, связанное крахмалом и белками клейковины, приблизительно одинаково.

При неограниченном оводнении коллоидов муки часть воды находится в капиллярах теста в свободном состоянии. Незначительная часть растворимых белков, а также сахара и неорганические соли находятся в растворе.

Набухшие белки во время замеса плотно соприкасаются друг с другом и образуют сплошную белковую сетку с адсорбционно связанными с ними, слабо набухшими крахмальными зёрнами. В белковую сетку, кроме того, входят другие нерастворимые вещества. Это приводит к образованию массы (теста), обладающей упруговязкопластичными свойствами.

Недостаточное количество воды при замесе теста приводит к получению несвязной массы увлажненного сырья. При избыточном количестве воды, добавляемой к муке, не образуется связного теста, а получается мучная болтушка, в которой частицы набухшего белка разделены водными оболочками, препятствующими соприкосновению их и образованию клейковинных нитей.

Тесто, используемое для мучных кондитерских изделий, — более сложное, так как в состав его кроме муки и воды входят и другие виды сырья, в первую очередь сахар и жир, влияющие на набухаемость коллоидов муки.

Сахар, присутствующий в кондитерском тесте в виде водного раствора, оказывает влияние на степень набухания белков клейковины. С увеличением концентрации сахара степень набухания белков снижается.

Жир, адсорбируясь на поверхности белков, образует пленки, препятствующие проникновению воды внутрь макромолекул белков, что ослабляет связь между ними, при этом уменьшается упругость и увеличивается пластичность теста.

Таким образом, регулируя количество сахара и жира, добавляемых при замесе теста, можно получить тесто с определенными физическими свойствами.

## 9.5. СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ В ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМАХ

Одно из важных свойств дисперсных систем и растворов высокополимеров — способность их к структурообразованию. Коллоидные системы, частицы которых удалены друг от друга на достаточно большое расстояние и практически не взаимодействующие

между собой, называются *свобододисперсными системами*. Такие коллоидные системы по своим свойствам похожи на обычные жидкости. Их вязкость очень мало отличается от вязкости дисперсионной среды. Дисперсные системы, в которых частицы связаны между собой и не способны к взаимному перемещению, называются *связнодисперсными системами*. В таких системах частицы дисперсной фазы образуют пространственную сетку, или структуру.

Если коллоидные частицы имеют форму палочек или вытянутых пластинок, то при частичном снижении агрегативной устойчивости происходит уменьшение толщины ионного слоя или сольватной оболочки частиц, причем на концах частиц эти факторы устойчивости почти полностью утрачиваются (рис. 9.4). В результате частицы соединяются своими концами, образуя пространственную сетку — структуру, ячейки которой заполнены дисперсионной средой (рис. 9.5).

Переход коллоидного раствора из свобододисперсного состояния в связнодисперсное называется *гелеобразованием*, а образующаяся при этом структурированная коллоидная система — *гелем*. Если коллоидные частицы полностью теряют агрегативную устойчивость, то они будут соединяться в крупные агрегаты, образуя плотный осадок — *коагулят*.

При механическом воздействии, например перемешивании, встряхивании, связи между частицами в коагуляционной сетке могут быть разрушены и гель превратится в текучий *золь*. Если оставить этот золь в покое, через некоторое время связи самопроизвольно восстановятся и вновь образуется нетекучий гель. Это свойство структурированных систем называется *тиксотропией* (в переводе с греческого «тиксос» означает прикосновение, «тропе» — изменение).

Тиксотропные свойства могут иметь не только коллоидные системы. Некоторые концентрированные суспензии, эмульсии, студни высокомолекулярных соединений также тиксотропны.

Гели с течением времени уменьшаются в объеме, выделяя при



Рис. 9.4. Схема изменения фактора устойчивости частиц дисперсной фазы:

*a* — частица дисперсной фазы; *б, в* — частицы дисперсной фазы, частично и полностью потерявшие фактор устойчивости

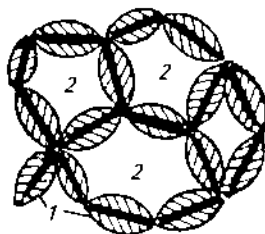


Рис. 9.5. Схема образования геля:

*1* — частицы дисперсной фазы, частично теряющие фактор устойчивости; *2* — дисперсионная среда

этом дисперсионную среду. Это явление называется *синерезисом*. Число контактов между частицами в течение времени увеличивается, что приводит к уплотнению структуры и выделению дисперсионной среды. В большинстве случаев синерезис — нежелательное явление.

В растворах высокополимеров при их достаточно высокой концентрации возможно образование ассоциатов макромолекул. Взаимодействуя друг с другом, ассоциаты и макромолекулы могут образовывать пространственные структуры. С увеличением концентрации полимера может образоваться настолько прочная структура, что раствор потеряет текучесть, т. е. превратится в студень.

Большая группа кондитерских изделий (в частности, мармелад) имеет студнеобразную структуру. В качестве студнеобразователей используются природные полимеры, способные при определенных условиях образовывать студни (пектин, агар, агароид, фуцелларан и т. д.).

Мармеладный студень образуется из горячей жидкой мармеладной массы (пектиновой золя). Структурные частицы пектина в сильно диспергированном виде с адсорбированными на их поверхности молекулами дисперсионной среды, находясь в ней в состоянии беспорядочного теплового движения, распределены в дисперсионной среде. Молекулы адсорбированной жидкой фазы (водный раствор сахара, кислоты и другие экстрактивные вещества, фруктово-ягодное пюре) образуют сольватную (гидратную) оболочку вокруг вытянутых частиц пектина. Заполняя объем дисперсионной жидкости, эти частицы вначале не соприкасаются между собой и не образуют структуры.

Следствие наличия в растворе пектина диссоциированных карбоксильных групп пектиновые частицы в нем обладают отрицательным зарядом высокой плотности. Благодаря этому явлению они взаимно отталкиваются.

Для образования студневого каркаса, состоящего из ассоциированных частиц пектина, необходимо прежде всего устранить или ослабить силы электростатического отталкивания пектиновых частиц.

Присутствие в растворе кислоты, более диссоциированной, чем пектин, или добавление кислоты в реакционную смесь снимает степень диссоциации пектина, т. е. уменьшает электрический заряд его частиц.

Одновременно под влиянием сахара происходят дегидратация и связанное с ней понижение сольватации частиц пектина, препятствующей их сцеплению. На последних стадиях появляется некоторое количество оголенных участков, лишенных заряда, полярности. Частицы пектиновой твердой фазы ассоциируются друг с другом через десольватированные участки, слабо или совершенно не защищенные сольватной оболочкой.

Силы притяжения частиц сосредоточены на их концах, что способствует образованию пространственной сетки (см. рис. 9.5). Если

бы эти силы были распределены равномерно по всей поверхности частиц, то в результате соединения их между собой по продольным осям должен был бы сформироваться массивный агрегат вместо сетчатого каркаса, т. е. структура студня не образовалась бы.

Сформирующаяся пектиновая сетка как «объемное кружево» пронизывает всю систему.

Укрепление этой сетки происходит за счет водородных мостиков, образуемых между карбоксильными и гидроксильными группами смежных цепей пектиновой молекулы.

Пространство между сплетением молекул пектина заполнено дисперсионной жидкостью — сахарокислотным раствором, который сравнительно слабо связан с пектиновой сеткой и может быть отделен от нее при известных условиях.

В действительности при центрифугировании некоторых студней, полученных при охлаждении, жидкая фаза удалялась из студня, при этом образовывался ксерогель (от греческого слова «ксерос» — сухой), который при насыщении его спиртом превращался в алкоголь вместо гидрогеля, и наоборот.

Выделение жидкой фазы из пектинового студня под влиянием механического воздействия наблюдается иногда на практике при изготовлении мармелада в виде толстых пластов, когда под влиянием собственной тяжести слоя происходит выпрессовывание из него жидкого сахарокислотного сиропа.

Для того чтобы обеспечить стабильность студня, необходимо, чтобы силы притяжения пектиновых частиц между собой (силы когезии) находились в равновесии с противодействующими им силами притяжения частиц к частицам дисперсионной среды (силами адгезии). Если первые преобладают над вторыми, то это приводит к выделению жидкой фазы студня (синерезису), в обратном случае происходит расслабление всего студня.

Студни обладают свойством тиксотропии. Это свойство пектинового студня имеет важное значение для производства, так как в случае преждевременного застудневания можно при помощи механического перемешивания устранить формирование студня или разрушить образующийся студень без ущерба для последующего процесса студнеобразования.

Используя способность высокополимеров к образованию студней, можно получить более сложные дисперсные системы, например пенообразные кондитерские массы (пастилу). Эти изделия являются в основном агаровым студнем. Однако этот студень отличается от мармеладного, так как имеет пористую структуру с ячейками микроскопических размеров (до 20 мкм).

В пастильном студне распределены мелкие воздушные пузырьки, и готовая сухая пастила напоминает по своей структуре твердый крем. В производстве пастилы процесс обычного студнеобразования мармелада сочетается с процессом пенообразования (сбивания) яблочно-сахарной смеси.

При сбивании пастилы путем продолжительного встряхивания яблочно-сахарной смеси происходит вспенивание ее, т. е. масса насыщается воздухом; при этом воздух захватывается яблочно-сахарной массой и дробится на мелкие частички. По мере увеличения скорости механического взбалтывания степень раздробленности воздуха увеличивается, размеры пузырьков воздуха уменьшаются, а вязкость массы повышается. Постепенно образуется густая пена, состоящая из мелких пузырьков воздуха, затянутых в тонкую пленку из окружающей полужидкой яблочно-сахарной смеси.

В физико-химическом смысле пена представляет собой двухфазную систему газ — жидкость. В данном случае дисперсной фазой является газ — воздух, а дисперсионной средой — полужидкий раствор сахара, кислоты и пектина. Этот раствор образует оболочку дисперсных частиц газа (воздуха), которая несет на себе поверхностный пограничный слой, отделяющий одну фазу от другой.

В процессе образования пены происходит сильное развитие поверхности раздела на границах газообразной и жидкой фаз. Увеличение поверхности раздела зависит от размеров образующихся воздушных ячеек. Чем меньше размеры последних, тем больше эта поверхность и тем больше сила поверхностного натяжения  $\sigma$ .

Сила поверхностного натяжения всегда стремится сократить до минимума общую поверхность раздела всей системы, сделать ее наименьшей. В данном случае она стремится сократить до возможных пределов общую сумму поверхностей отдельных капелек, образующих пенную эмульсию. При действии этой силы отдельные пузырьки воздуха в пене стремятся соединиться в одну массу. Пленка капелек прорывается, отдельные капельки, постепенно сливаясь (агрегируясь) друг с другом, образуют новые пузырьки — капли более крупных размеров, степень дисперсности уменьшается, пена «опадает». Процесс самопроизвольного разрушения пены и эмульсии называется *коалесценцией*.

В пенах процесс коалесценции идет весьма интенсивно благодаря близкому расположению капелек по отношению друг к другу.

Чтобы сделать пену более устойчивой, стабилизировать ее, в качестве пенообразующего средства (ПАВ) при сбивании пастилы обычно используют белок куриного яйца, который, располагаясь в поверхностном слое пленки пузырьков пены, увеличивает механическую прочность этого слоя и тем самым препятствует прорыванию пленки пузырьков и агрегированию последних.

Механизм совмещения студневой и пен-

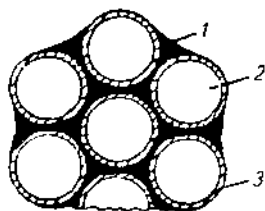


Рис. 9.6. Схема совмещения пенной и студневой структур пастилы:

1 — агаро-сахаро-водный студень; 2 — воздух; 3 — пектино-белково-сахаро-водная пленка



ной структур при смешивании сбитой массы с агаровой (или мармеладной) можно представить так: при смешивании с холодной сбитой массой горячая масса агарового сиропа или мармелада заполняет воздушные пространства между пузырьками сбитой массы, вытесняя оттуда воздух (рис. 9.6). При этом прочность пленки структурных элементов массы значительно увеличивается. Последняя возрастает благодаря тому, что температура всей массы поднимается до 50 °С и адсорбированный альбуминовый гель пленки при указанной температуре, близкой к свертыванию альбумина, фиксируется в ней в виде плотного коагулята. Одновременно же по мере остывания массы в пространстве между пузырьками происходит формирование прочного агарового (или пектинового) студень. Смешивание сбитой массы с горячей желейной (или мармеладной) массой создает, таким образом, необходимые условия для образования структуры пастилы.

После остывания массы получается характерный пастильный студень, который отличается от мармеладного только пористой структурой благодаря мельчайшим воздушным включениям, равномерно распределенным в массе.

#### *Контрольные вопросы*

1. Что такое дисперсная система?
2. Как классифицируются дисперсные системы?
3. Что такое коллоидная система? Каковы особенности коллоидного состояния?
4. Какие основные методы получения коллоидных систем вы знаете?
5. Какие системы относят к микрогетерогенным?
6. Что такое набухание и какие стадии в нем различают?
7. В чем сущность процессов образования мучного теста?
8. Какие системы называются студнями?
9. Какие факторы влияют на структурообразование?

## **Глава 10**

### **БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ**

Биохимические процессы протекают при участии ферментов и имеют большое практическое значение, так как лежат в основе технологий получения хлеба и хлебобулочных изделий, вина, пива, чая, аминокислот, органических кислот, витаминов и антибиотиков. Эти процессы играют важную роль при хранении пищевого сырья и готовой продукции (зерна, плодов, овощей, жира, жиродержащих продуктов и др.).

Зная характер протекания биохимических процессов в пищевом сырье, можно установить те или иные особенности процесса, определить дефекты данной партии сырья, наметить наиболее правильный режим технологического процесса.

## 10.1. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА СКОРОСТЬ БИОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Кинетика биохимических процессов зависит от ряда факторов: химической природы реагирующих веществ, концентраций фермента и субстрата, температуры и рН среды, наличия активаторов и ингибиторов.

Скорость биохимических процессов зависит от природы субстрата и его атакуемости. Под *атакуемостью* понимают его податливость действию фермента, которая зависит от структуры субстрата. Например, атакуемость амилазами крахмала, полученного из зерна различных культур или из разных частей одного и того же зерна, неодинакова. Она увеличивается с уменьшением размера крахмальных зерен, т. е. с увеличением их относительной поверхности, а также при механическом воздействии на структуру зерен крахмала, например при длительном помолоте зерна. Однако действие амилаз на неизмененный крахмал или на механически поврежденный весьма незначительно по сравнению с их действием на клейстеризованный крахмал. Поэтому в тех отраслях пищевой промышленности, где крахмал служит источником образования сахаров за счет расщепления его амилалитическими ферментами, для увеличения степени осахаривания чаще всего его клейстеризуют путем заваривания муки. Подобная обработка субстрата применяется в спиртовой, хлебопекарной (при производстве заварного хлеба, для улучшения качества пшеничной муки, при получении питательной среды для жидких дрожжей), в паточной промышленности.

Атакуемость белка протеиназами зависит от строения белковой молекулы: чем плотнее и прочнее структура белка, тем ниже его атакуемость ферментами. Количество в молекуле определенных химических групп, например сульфгидрильных, аминных и др., влияет на атакуемость белка. Если эти группы каким-то образом блокировать, то меняется атакуемость субстрата ферментами. При восстановлении дисульфидных групп белка пшеницы в сульфгидрильные увеличивается атакуемость белка и возрастает скорость его расщепления.

Скорость биохимических процессов зависит от концентраций самого фермента и реагирующих веществ. При избытке субстрата скорость реакции определяется прежде всего концентрацией фермента: чем она выше, тем быстрее идут реакции.

При невысоких концентрациях субстрата зависимость скорости реакции от концентрации участвующих в реакции веществ носит линейный характер, т. е. с увеличением концентрации субстрата она возрастает. Однако по мере увеличения концентрации реагирующих веществ скорость реакции замедляется, достигает максимального значения и в дальнейшем остается постоянной. В то же время большие концентрации субстрата могут выполнять роль ингибитора. В итоге скорость реакции падает.

Наиболее существенное влияние на активность ферментов и скорость биохимических процессов оказывают температура и реакция среды. С повышением температуры активность ферментов возрастает, достигает максимума, а затем снижается. Оптимальной для действия фермента является та температура, при которой его активность наибольшая. Температурный оптимум для ферментов растительного происхождения составляет около 40...50 °С. Снижение активности фермента при высоких температурах связано с процессами денатурации белка. Полное прекращение деятельности фермента происходит при температурах, близких к 100 °С, однако это не относится к термофильным ферментам, которые выдерживают кратковременное нагревание при температуре выше 100 °С.

Каждый фермент проявляет свое действие в узких пределах значений рН. В определенной зоне активность фермента наибольшая, эта зона называется *оптимальной зоной рН*. Разные ферменты сильно отличаются по оптимальным для их действия значениям рН. Одни из них имеют наибольшую активность в кислой среде, другие — в нейтральной, третьи — в щелочной. Пепсин желудочного сока имеет оптимальное действия при рН 2,0, солодовая  $\alpha$ -амилаза — при рН 4,7...5,2. Оптимальное значение рН для действия ферментов зависит в основном от субстрата. Например, при действии папаина на желатин оптимальное значение рН 5,0, а при действии на денатурированный яичный альбумин — 7,5.

Скорость биохимических процессов может быть увеличена в присутствии активаторов. Многие ферменты активизируются под действием соединений восстанавливающего действия, в частности веществами, содержащими сульфгидрильные группы: цистеином, глутатионом. Последний может быть представлен в двух формах: окисленной и восстановленной, активатором является восстановленная форма. Активизирующее действие этих соединений основано на том, что они восстанавливают дисульфидные связи фермента в сульфгидрильные, необходимые для проявления ферментом своей каталитической активности, а сами при этом окисляются за счет превращения сульфгидрильных связей в дисульфидные.

Существуют и ингибиторы ферментов, подавляющие их активность. Действие ингибиторов основано на блокировании сульфгидрильных связей фермента и превращении их в дисульфидные группы. Ингибирование фермента может происходить под действием так называемых белковых осадителей — веществ, образующих с белками нерастворимые осадки. Такими веществами являются соли тяжелых металлов (свинца, ртути, вольфрама), трихлоруксусная кислота и др. Эти соединения не являются специфическими, и любое из них может быть использовано для осаждения фермента и полного прекращения его действия. Однако существуют специфические ингибиторы. Оксид углерода СО, например, ингибирует ряд окислительно-восстановительных ферментов, в состав которых входит железо или медь.

## 10.2. СТРОЕНИЕ, СВОЙСТВА И КЛАССИФИКАЦИЯ ФЕРМЕНТОВ

Ферменты (энзимы) — органические катализаторы белковой природы, обладающие специфичностью к субстрату. Они обеспечивают последовательность и взаимосвязанность многих сложных биохимических превращений в клетках растений, животных и микроорганизмов.

По строению все ферменты можно разделить на две группы:

ферменты, состоящие только из белка, обладающего каталитическими свойствами, и являющиеся однокомпонентными;

ферменты, состоящие из белковой части (апофермента) и связанного с ней органического вещества небелковой природы, называемого *простатической группой*. Эти ферменты являются *двухкомпонентными*. Апофермент оказывает решающее действие на специфичность фермента, а соединение белка с простетической группой приводит к огромному возрастанию его каталитической активности. Основная масса ферментов являются двухкомпонентными.

Простетическими группами многих ферментов являются витамины и их производные, например, простетические группы ряда окислительно-восстановительных ферментов содержат производные ниацина (витамина РР) или рибофлавин (витамина В<sub>2</sub>). В состав простетических групп ферментов могут входить производные витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>12</sub>, а также пантотеновая, фолиевая кислоты и биотин.

В состав многих ферментов входят металлы, придающие им активность. Такие металлы называются *кофакторами*. Например, кофактором  $\alpha$ -амилазы является кальций, а каталазы — железо. Ряд ферментов усиливает свою активность в присутствии магния, марганца, цинка, меди, молибдена.

Характерной особенностью ферментов является их высокая каталитическая активность, в значительной степени превосходящая активность химических катализаторов. Ферменты обладают способностью ускорять реакции в  $10^8 \dots 10^{11}$  раз. Механизм действия ферментов, как и химических катализаторов, связан с тем, что они снижают энергию активации, необходимую для осуществления определенной реакции, направляя ее обходным путем через промежуточные реакции, которые требуют значительно меньше энергии активации. Однако ферменты гораздо сильнее понижают энергию активации, чем химические катализаторы. Например, для гидролиза сахарозы с образованием глюкозы и фруктозы без участия катализатора необходима энергия активации около 133,76 кДж (32 ккал) на грамм-молекулу. Если реакция катализируется неорганическим катализатором HCl, то энергия активации составляет 107,0 кДж (25,6 ккал), а если происходит ферментативный катализ, то она снижается до 39,2 кДж (9,4 ккал).

Второй особенностью ферментов является избирательность их действия. Например, инвертаза разлагает сахарозу, но не действу-

ет на другие дисахариды, в частности мальтозу, т. е. некоторые ферменты катализируют превращение практически только одного какого-либо вещества.

Многие ферменты действуют только на определенный вид связей. Например, пепсин гидролизует пептидные связи в молекуле белка, образованные ароматическими аминокислотами. Ряд ферментов катализирует определенные группы реакций. Так, ферменты, называемые липазами, катализируют гидролиз любых сложных эфиров, включая и жиры.

Третьим свойством, отличающим ферменты от химических катализаторов, является их большая лабильность, т. е. чувствительность к внешним воздействиям среды (влиянию температуры, концентрации водородных ионов, наличию активаторов и ингибиторов и др.).

Преимуществом ферментов перед химическими катализаторами является то обстоятельство, что они действуют при нормальном давлении и при относительно низких температурах — от 20 до 70 °С.

По типу катализируемой реакции все ферменты делятся на шесть классов:

*оксидоредуктазы*, катализирующие окислительно-восстановительные реакции;

*трансферазы* (ферменты переноса), катализирующие реакции переноса метильных или аминогрупп от субстрата (донора) к акцептору. Такими группировками могут быть остатки фосфорной кислоты, аминокислот, сахаров и др.;

*гидролазы*, осуществляющие реакции гидролиза, т. е. расщепления различных сложных соединений (субстратов) при участии воды на более простые;

*лиазы*, катализирующие негидролитическое расщепление субстратов и отщепление от них тех или иных групп;

*изомеразы*, катализирующие превращения органических соединений в их изомеры;

*лигазы* (ранее называвшиеся синтетазами), катализирующие соединения двух молекул субстрата путем образования связей C—O, C—S, C—N или C—C.

### 10.3. ФЕРМЕНТНЫЕ ПРЕПАРАТЫ

Биохимические процессы, протекающие при производстве пищевых продуктов и их хранении, связаны с действием собственных ферментов сырья или с действием ферментов, вырабатываемых микроорганизмами и используемых в виде ферментных препаратов (ФП).

В промышленных условиях ФП растительного происхождения получают из таких растений, как папайя, ананас и инжир. На мясоперерабатывающих предприятиях ферменты и ФП получают из

органов и тканей животных. Однако наиболее широко ФП получают из культур микроорганизмов.

Источником получения биомассы микроорганизмов, используемой для выделения ферментов, являются культуры плесневых грибов, бактерий, дрожжей и актиномицетов. Микроорганизмы дают значительно больше биомассы, из которой проще и экономичнее выделить данный фермент, чем из тканей высших растений и животных. Так,  $\alpha$ -амилазу получают из плесневых грибов (*Aspergillus niger*, *A. oryzae* и др.) и бактерий (*Bacillus subtilis*), глюкоамилазу — чаще всего из плесневого гриба *Aspergillus awamori*, пектолитические ферменты — из грибов *Aspergillus*, например *A. awamori*, протеиназы — из бактерий и грибов, относящихся к родам *Bacillus*, *Aspergillus*, *Penicillium* и др.

В специально созданных условиях микроорганизмы способны синтезировать огромное количество разнообразных ферментов. Микроорганизмы неприхотливы к составу питательной среды, легко переключаются с синтеза одного фермента на другой и имеют сравнительно короткий цикл роста (16...100 ч).

Культивирование микроорганизмов можно вести двумя способами: поверхностным и глубинным. Поверхностным способом можно вырастить только аэробную культуру микроорганизма на твердой сыпучей питательной среде; глубинным способом выращивают микроорганизмы в жидкой питательной среде. Этим способом можно вырастить как аэробные, так и анаэробные микроорганизмы. Глубинный способ имеет ряд преимуществ по сравнению с поверхностным: не требует больших производственных площадей, упрощает механизацию производства, позволяет рациональнее использовать питательные вещества сред и получать ФП с меньшим содержанием примесей.

Ферментные препараты отличаются от ферментов тем, что помимо активного белка содержат балластные вещества. Подавляющее количество ФП являются комплексными, содержащими кроме основного еще значительное количество сопутствующих ферментов, хотя существуют ФП, в состав которых входит только один фермент. В комплексном препарате основной фермент преобладает и имеет наибольшую активность.

Название ФП складывается из сокращенного названия основного фермента, видового названия продуцента и суффикса «ин». Например, амилолитические препараты, получаемые из культур *Aspergillus oryzae* и *Bacillus subtilis*, называются соответственно амилоризином и амилосубтилином. Протеолитический препарат, получаемый из культуры *Bacillus subtilis*, называется протосубтилином. В названии препарата отражается способ культивирования микроорганизмов: при глубинном способе после названия ставится буква Г, а при поверхностном — буква П; далее следует обозначение 2х, 3х, 10х, 15х или 20х, отражающее возрастающую степень очистки препарата от балластных веществ. Индексами 15, 18, 20 обозна-

чают препараты, частично освобожденные не только от балластных веществ, но и от сопутствующих ферментов. Неочищенный ФП представляет собой культуру микроорганизма вместе с остатками питательной среды, высушенную при мягком режиме до влажности не более 8...12%. В названии такого ФП присутствует только буква х.

В пищевой промышленности (в хлебопечении, пивоварении, виноделии, крахмалопаточном, консервном, пищекопцентратном производствах) используются очищенные ФП, частично или полностью освобожденные от балластных веществ. Они могут быть получены в виде порошков или жидких концентратов.

Часто возникает необходимость использования не только какого-либо конкретного фермента, но и их определенного сочетания, где учитывались бы все свойства ферментов, необходимых для конкретной области применения. Эти препараты получили название *мультиэнзимных комплексов (МЭК)*.

При использовании ФП следует учитывать то влияние, которое могут оказать сопутствующие ферменты на технологический процесс. Создавая оптимальные условия для действия основного фермента, можно в значительной степени ослабить активность других нежелательных ферментов. Например, присутствие активной протеиназы вместе с  $\alpha$ -амилазой в препаратах для хлебопечения нежелательно, и наоборот, при осахаривании зерна и крахмала в спиртовой промышленности необходимо одновременное воздействие этих двух ферментов.

При использовании ФП часто фермент после однократного использования инактивируется, при этом обрабатываемый материал загрязняется препаратом, так как ферменты трудно отделить от продуктов реакции. В настоящее время выпускаются ФП многократного использования, так называемые *иммобилизованные ФП*. Иммуобилизация ферментов — это прикрепление фермента в активной форме к водонерастворимой основе или заключение его в полупроницаемую мембрану. Такие ФП называют еще связанными, сшитыми, прикрепленными, матрицированными.

Иммобилизованные ФП состоят из фермента, носителя и связующего их звена. Носители могут иметь зернистую структуру и быть выполнены в виде волокон, пленок и мембран. В качестве носителей применяют органические полимерные природные и синтетические соединения и неорганические вещества. В качестве основы для носителей могут быть использованы целлюлоза, декстрин, губчатый крахмал, кремнеземные сорбенты, различные виды глины, керамика, силикагели, металлы, их оксиды и т. д.

Фермент, входящий в ферментный препарат, прикрепляется к основе (носителю) за счет химических связей или путем механического включения фермента в органический или неорганический гель. Основные способы получения иммобилизованных ФП: ковалентное присоединение молекул ферментов к водонерастворимому носителю; ковалентная сшивка молекул ферментов друг с другом

или с инертными белками без носителя; захват фермента в сетку геля или полимера; адсорбция ферментов на водонерастворимых носителях; микрокапсулирование в полупроницаемые оболочки.

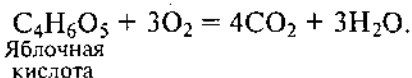
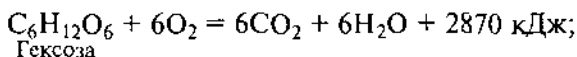
Иммобилизованные ФП отличаются от нативных по своим свойствам, так как при их получении изменяется пространственная структура белковой молекулы. Они характеризуются стабильностью фермента в более широкой зоне рН и температуры, устойчивостью к действию ингибиторов, что важно при длительном их использовании.

Применение ФП в пищевой промышленности позволяет интенсифицировать технологические процессы, улучшить качество готовой продукции, увеличить ее выход, улучшить условия труда, экономить ценное пищевое сырье. Если прежде основным источником активных ферментов был солод, получаемый из ячменя, ржи и других зерновых культур, то, применяя ФП, можно отказаться от зерна и использовать его на другие цели.

#### 10.4. РОЛЬ ФЕРМЕНТОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ И ХРАНЕНИИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

**Роль ферментов в дыхании растительного сырья.** Большую роль во взаимосвязи растительного сырья с окружающей средой играет дыхание, под которым понимают окислительно-восстановительные процессы, регулируемые ферментами. Эти процессы являются экзотермическими. Выделяющаяся энергия, накопленная в органических веществах растений при фотосинтезе, используется для поддержания жизненных процессов клетки. Дыхательный газообмен обеспечивает нормальное течение окислительных процессов, благодаря которым разрушаются токсины растительных клеток, а также токсины, выделяемые микроорганизмами, повышает естественный иммунитет растительного сырья, предохраняя его от порчи. При дыхании происходит распад сахаров и кислот. Расходуемые органические вещества, в первую очередь сахара, систематически пополняются за счет разложения сложных соединений на более простые, в частности за счет гидролиза крахмала или окисления до сахаров других соединений.

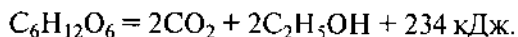
Различают *аэробное дыхание*, происходящее в присутствии кислорода воздуха, и *анаэробное* (интрамолекулярное), не требующее кислорода. Суммарные уравнения аэробного дыхания:





Последняя реакция имеет место при аэробном дыхании в плодах.

Анаэробное дыхание протекает по схеме



Реакция анаэробного дыхания аналогична реакции брожения. По сравнению с анаэробным аэробное дыхание является более выгодным энергетическим процессом, так как для получения одного и того же количества энергии требуется значительно меньше сахара. Приведенные реакции лишь обобщенно характеризуют процессы дыхания и не отражают всей сложности многочисленных ферментативных реакций, осуществляемых комплексом ферментов, главным образом оксидоредуктазами и лиазами. На первом этапе, в процессе которого глюкоза ферментативным путем превращается в пировиноградную кислоту ( $CH_3COCOON$ ), аэробное и анаэробное дыхание протекает по единому принципу. В дальнейшем разложение пировиноградной кислоты, осуществляемое под действием ферментов, зависит от вида дыхания: в аэробных условиях пировиноградная кислота окисляется до уксусной или полностью до диоксида углерода и воды, а в анаэробных — она превращается в ацетальдегид и  $CO_2$ . Ацетальдегид, в свою очередь, может образовать как этанол, так и уксусную кислоту. Кроме этанола при анаэробном дыхании выделяются высшие спирты, летучие соединения и др. Значительное накопление спирта и ацетальдегида вызывает функциональные расстройства клеток, снижает иммунитет и ведет к отмиранию ткани.

В растительном сырье всегда происходят анаэробные процессы, однако отрицательное влияние их сказывается лишь в том случае, если они преобладают. Чтобы ослабить анаэробное дыхание, сырье хранят при дополнительном доступе воздуха.

Для характеристики процесса дыхания служит дыхательный коэффициент, показывающий отношение объема выделившегося при дыхании диоксида углерода к объему затраченного кислорода. При аэробном распаде гексоз дыхательный коэффициент равен 1, а при распаде яблочной кислоты — 1,33. Дыхательный коэффициент меньше 1, если одновременно с аэробным дыханием происходят какие-либо процессы, сопровождающиеся потреблением дополнительного количества кислорода, например при созревании плодов, когда кислород используется на образование в плодах органических кислот. Высокие значения дыхательных коэффициентов наблюдаются при прорастании некоторых семян, плотная оболочка которых недостаточно проницаема для кислорода.

Интенсивность дыхания зависит прежде всего от температуры и влажности сырья. Снижение этих параметров уменьшает интенсивность дыхания и увеличивает срок хранения сырья. Сухое сырье, например зерно, отличается высокой лежкостью, т. е. способ-

ностью долго храниться (4...5 лет) без видимых признаков порчи. Сочное сырье (плоды, овощи) обладает меньшей лежкостью. Основным способом продления периода покоя этого сырья — хранение его в охлажденном состоянии. Одновременно активность дыхания сочного сырья можно снизить путем частичной замены кислорода воздуха инертными газами ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$  и др.).

**Роль оксидоредуктаз.** Из класса оксидоредуктаз большое практическое значение имеет полифенолоксидаза, которая действует в присутствии кислорода воздуха на монофенолы, *o*-дифенолы, полифенолы, дубильные вещества с образованием темноокрашенных соединений — меланинов. В состав этого фермента входит медь. Если каким-либо способом связать медь, то фермент полностью теряет свою активность.

Полифенолоксидаза играет важную роль в производстве чая. При переработке зеленые листья подсушиваются и скручиваются в трубочку. В процессе последней операции происходит механическое разрушение значительной части клеток, что обеспечивает хороший контакт дубильных веществ чайного листа (субстрата) с ферментом. Затем скрученный лист выдерживают определенное время при соответствующей температуре и высокой относительной влажности воздуха, т. е. создают условия для ферментации, при которой происходят окисление дубильных веществ полифенолоксидазой и образование темноокрашенных соединений, придающих цвет чаю.

Процессы ферментации, связанные с окислением дубильных веществ ферментами, протекают при обработке какао-бобов, в результате которой содержание дубильных веществ снижается, что сопровождается смягчением горького и вяжущего вкуса какао-бобов и изменением их цвета (какао-бобы приобретают коричневую окраску). Для проведения ферментации в оптимальные сроки необходима высокая температура, которую постепенно увеличивают до 45...50 °С.

Этот фермент имеет также большое значение при производстве ржаного хлеба. При выпечке хлеба полифенолоксидаза муки действует на свободный тирозин муки, образуя меланины.

В ряде производств эта биохимическая реакция может играть отрицательную роль, например при использовании пшеничной муки, способной к потемнению при получении хлеба и макаронных изделий. Мука темнеет уже в процессе приготовления теста, но особенно интенсивно потемнение происходит при выпечке хлеба и сушке макарон, чему способствует высокая температура. В результате готовые макаронные изделия, выработанные из макаронной муки, приобретают коричневую окраску и не соответствуют по цвету сорту муки, из которой они получены. Пшеничный хлеб из такой муки имеет темный мякиш. Это явление можно объяснить тем, что в переработку попала мука, полученная из дефектного (проросшего или морозобоинного) зерна, в состав кото-

рой входит свободный тирозин. Мука нормального качества в процессе переработки не темнеет, хотя в ней находится в активном состоянии полифенолоксидаза. Причина состоит в том, что в такой муке нет субстрата — свободного тирозина для действия фермента. При производстве макаронных изделий стандарт не разрешает использовать муку из дефектного зерна. В хлебопечении муку, темнеющую в процессе переработки, следует смешивать со светлой и нетемнеющей мукой.

Действием полифенолоксидазы объясняется потемнение на воздухе срезов картофеля, яблок, что ухудшает цвет продуктов их переработки (хрустящего картофеля, сухофруктов и др.).

Существуют различные способы предотвращения нежелательного потемнения изделий. Один заключается в химической обработке продукта перед сушкой — сульфитации. Другие способы состоят в термической обработке картофеля, плодов и овощей перед сушкой. Чаще всего этого достигают путем бланширования: продукт на несколько секунд погружают в кипяток или же обрабатывают паром. Фермент при этом разрушается и в процессе сушки уже не действует, а продукт получается светлым.

Аскорбинатоксидаза окисляет аскорбиновую кислоту в дегидроаскорбиновую. Действие этого фермента нежелательно при сушке различных пищевых продуктов, в частности яблок, картофеля, овощей, так как образующаяся дегидроаскорбиновая кислота легко подвергается распаду, в результате чего снижается содержание в продукте витамина С, что сказывается на его пищевой ценности. Для инактивации фермента применяют сульфитацию или бланширование продуктов.

Липоксигеназа в присутствии кислорода воздуха окисляет ненасыщенные жирные кислоты, в основном линолевую и линоленовую, превращая их в пероксиды. Последние являются сильными окислителями, они действуют на насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты, каротиноиды, витамин А, аскорбиновую кислоту и аминокислоты. В результате образуются альдегиды и кетоны, которые придают изделиям неприятные запахи и вкус.

Липоксигеназа имеет большое значение как фактор, от которого зависит качество макарон, а именно их цвет. Макаронная мука отличается желтым цветом, который обусловлен содержанием в ней пигментов — каротиноидов. Каротиноиды — нестойкие вещества, легко окисляемые кислородом воздуха и при этом теряющие свой естественный цвет. При хранении муки красящие вещества сохраняются, так как они растворимы в жирах, которые покрывают их тонкой жировой пленкой, препятствующей окислительному воздействию кислорода воздуха. При изготовлении макаронных изделий липоксигеназа разрушает жировую оболочку и каротиноиды обесцвечиваются, а образовавшиеся пероксиды усиливают негативное воздействие кислорода воздуха. В итоге макаронные

изделия теряют желтую окраску и приобретают белый оттенок, что ухудшает их потребительские свойства.

При слабом действии липоксигеназы в небольшом количестве образуются пероксиды, оказывающие укрепляющее действие на структурно-механические свойства клейковины. На этом основан способ улучшения качества пшеничного хлеба с использованием жидкой окислительной фазы. Для этого к пшеничной муке добавляют некоторое количество соевой муки, особенно богатой активной липоксигеназой, и растительное масло в качестве источника жирных кислот. Смесь вносят в основную массу теста. В результате полученный хлеб отличается повышенным объемом, хорошей пористостью и светлым мякишем.

Велика роль этого фермента при хранении различных продуктов переработки зерна. На первых стадиях хранения липоксигеназа оказывает на качество пшеничной муки благоприятное действие. Свежесмолотая мука для производства хлеба не используется. Такая мука дает мажущееся, липкое, распыляющееся тесто, которое связывает при замесе пониженное количество воды. Хлеб получается плотным, с плохой пористостью, с коркой, покрытой трещинами. При отлежке мука созревает. За счет окисления каротиноидов она становится светлее. На начальном этапе в результате действия липоксигеназы и образования пероксидных соединений происходит укрепление структурно-механических свойств клейковины, качество хлеба улучшается. В этом процессе важная роль также принадлежит ферменту липаза. Однако при длительном хранении мука прогоркает за счет образования в итоге большого количества альдегидов и кетонов. Этот же процесс наблюдается и при прогоркании крупы.

**Роль гидролаз.** При производстве пищевых продуктов наибольшее значение имеют липаза, амилазы, протеолитические, пектолитические, целлюлолитические и гемицеллюлазные ферменты и др.

К числу важнейших гидролаз относится л и п а з а, гидролизующая распад жира с образованием глицерина и свободных жирных кислот. Действие липазы имеет большое значение при хранении муки и крупы, особенно содержащих большое количество жира, например овсяной. В целом зерне липаза и липоксигеназа неактивны. В продуктах переработки зерна их активность увеличивается, особенно если зерно или муку хранят при повышенной температуре и высокой относительной влажности воздуха. При этом вначале возрастает кислотность продукта. При длительном хранении продукт прогоркает. Этот процесс является следствием действия двух ферментов — липазы и липоксигеназы. Образующиеся за счет действия липазы свободные жирные кислоты быстрее окисляются липоксигеназой, чем связанные, т. е. липаза подготавливает субстрат для действия липоксигеназы.

Для предотвращения прогоркания муки и крупы необходимо

инактивировать оба фермента. Для этого зерно перед помолом обрабатывают паром.

Наибольшее значение из амилолитических ферментов имеют  $\alpha$ -,  $\beta$ -амилазы и глюкоамилаза.  $\alpha$ -Амилаза расщепляет крахмал с образованием низкомолекулярных декстринов и незначительного количества мальтозы. Под действием  $\beta$ -амилазы на крахмал в основном образуются мальтоза и небольшое количество высокомолекулярных декстринов. Полное расщепление крахмала до мальтозы возможно при одновременном действии  $\alpha$ - и  $\beta$ -амилаз. Глюкоамилаза гидролизует крахмал с образованием преимущественно глюкозы и небольшого количества декстринов.

Семена растений различаются по содержанию в них  $\alpha$ - и  $\beta$ -амилаз. В непроросших зернах пшеницы и ячменя содержится только  $\beta$ -амилаза;  $\alpha$ -амилаза образуется при прорастании. В зерне ржи присутствуют оба фермента —  $\alpha$ - и  $\beta$ -амилазы; при прорастании количество и активность  $\alpha$ -амилазы резко возрастают.

$\alpha$ - и  $\beta$ -Амилазы различаются по своей термолабильности и температурному оптимуму действия.  $\alpha$ -Амилаза более устойчива к действию высоких температур, ее температурный оптимум лежит выше температурного оптимума  $\beta$ -амилазы. Поэтому зерновая  $\alpha$ -амилаза может действовать в процессе выпечки хлеба. Эти два фермента существенно отличаются по своему отношению к pH среды.  $\alpha$ -Амилаза более чувствительна к подкислению, чем  $\beta$ -амилаза. Если подкислить тесто, то  $\alpha$ -амилаза быстро теряет свою активность. Это свойство имеет большое значение при переработке муки из проросшего зерна. Наличие  $\alpha$ -амилазы в муке ухудшает ее хлебопекарные свойства.

Амилазы имеют большое значение при оценке хлебопекарных свойств пшеничной муки, а именно при оценке ее газо- и сахаробразующей способности. В пшеничном тесте под действием зимазного комплекса дрожжей происходит спиртовое брожение, интенсивность которого зависит прежде всего от количества сахара, присутствующего в муке и тесте. Собственных сахаров в муке немного, и они расходуются на самых первых этапах брожения. В дальнейшем в спиртовом брожении участвует мальтоза, которая образуется в тесте за счет расщепления крахмала  $\beta$ -амилазой.

Диоксид углерода, возникающий при брожении, поднимает и разрыхляет тесто, определяя в итоге пористость хлеба. В процессе брожения теста сахара используются не полностью, часть их участвует на стадии выпечки в реакции меланоидинообразования, которая определяет в итоге цвет, вкус и аромат хлеба.

Если пшеничная мука имеет пониженную сахаробразующую способность, то для получения из нее хлеба хорошего качества необходимо активизировать гидролиз крахмала. Для этого увеличивают атакуемость крахмала, чаще всего путем заваривания муки и клейстеризации крахмала, или усиливают глубину его гидролиза, добавляя  $\alpha$ -амилазу, которая способствует образованию декстри-

нов, являющихся субстратом для последующего действия  $\beta$ -амилазы.

Источниками  $\alpha$ -амилазы являются солод (проросшее зерно) и ферментные препараты.  $\alpha$ -Амилаза плесневых грибов гидролизует клейстеризованный крахмал, образуя больше мальтозы и меньше декстринов, чем  $\alpha$ -амилаза бактериального происхождения.

Кроме того, бактериальная  $\alpha$ -амилаза по сравнению с  $\alpha$ -амилазой, полученной из плесневых грибов, отличается большей термостойкостью. В хлебопечении чаще используют ФП грибного происхождения, в которых  $\alpha$ -амилаза быстро инактивируется при выпечке хлеба, что предотвращает нежелательное накопление избытка декстринов.

Реакция гидролиза крахмала ферментами является основной в ряде пищевых технологий. При получении жидких дрожжей в состав питательной среды для размножения дрожжевых клеток должны входить сахара. Они образуются за счет добавления в заваренную муку светлого солода, при этом клейстеризованный крахмал быстро гидролизует амилазами солода до мальтозы.

В спиртовой промышленности источником сахара, который сбраживается в дальнейшем дрожжами до этанола и диоксида углерода, обычно является крахмал зерна или картофеля. Сырье предварительно тонко измельчают, в результате улучшаются условия гидролиза его составных частей, в том числе частично и целлюлозы, гемицеллюлоз и пентозанов клеточных стенок. При разваривании крахмалсодержащего сырья крахмал клейстеризуется и переходит в коллоидный раствор. Затем его осахаривают либо солодом, либо ферментными препаратами плесневых грибов, которые содержат глюкоамилазу или смесь этого фермента и  $\alpha$ -амилазы. Замена солода ферментными препаратами позволяет экономить солод, увеличивает выход спирта, снижает его себестоимость и значительно интенсифицирует процесс осахаривания.

В пивоваренной промышленности основным сырьем является ячменный солод, богатый ферментами. После дробления солод смешивают с водой (эта операция называется затиранием, а смесь солода с водой — затором). При затирании в результате ферментативного гидролиза не только крахмала, но и гемицеллюлоз, гумми-веществ, белков часть сухих веществ затора переходит в раствор. Особенность производства состоит в том, что осахаривание крахмала не доводят до конца, так как в пиве должны остаться неосахаренные декстрины, придающие пиву свойственные ему вкус и вязкость и способствующие пенообразованию. При добавлении к солоду зерна, не подвергавшегося прорастиванию, для разжижения и осахаривания такого затора необходимо применять амилолитические ферментные препараты грибного происхождения. Такой способ производства пива дает значительную экономию за счет сокращения расхода солода без ухудшения качества готового продукта.

Использование глюкоамилазы из плесневых грибов для производства кристаллической глюкозы и патоки позволяет обойтись без кислотного гидролиза крахмала. На первом этапе крахмал подвергают разжижающему действию с помощью амилосубтилина Г10х, а затем полученный гидролизат осаживают глюкоамилазой до глюкозы. Данный способ позволяет значительно упростить технологический процесс, требующий использования дорогого оборудования, причем не следует повышать температуру и давление. Кроме того, увеличивается выход готового продукта (до 97 %) и повышается его чистота.

Протеолитические ферменты (протеиназы и пептидазы) катализируют расщепление пептидной связи белков и полипептидов. Под действием этих ферментов белок превращается в пептоны, полипептиды, конечным продуктом реакции являются аминокислоты.

Гидролиз белковых веществ определяет водопоглощительную, газо- и формоудерживающую способность пшеничной муки, т. е. силу муки. Чем глубже идет реакция, тем слабее мука. Для производства большинства мучных кондитерских изделий необходима слабая мука, позволяющая получать пластичное тесто и тестовые заготовки неискаженной формы. В пшеничной муке нормального качества активность протеиназ невелика, поэтому целесообразно усилить расщепление белков введением протеолитических ферментных препаратов. При этом снижается вязкость теста, изменяются его реологические свойства в нужную сторону, интенсифицируются замес и отлежка теста, сокращается количество прокаток и улучшается качество изделий. В хлебопечении для получения хлеба хорошего качества используют среднюю по силе пшеничную муку. Для этого в ней в определенной степени должен протекать протеолиз. Однако слишком интенсивный протеолиз отрицательно сказывается на качестве готового хлеба. Свойствами типично слабой муки обладает мука, полученная из зерна, пораженного клопом-черепашкой. Она отличается высокой активностью протеолитических ферментов, внесенных в зерно клопом-черепашкой, тесто быстро разжижается, хлеб получается расплывшимся, с пониженным объемом и пористостью. Для улучшения качества хлеба из такой муки необходимо затормозить в ней протеолиз, например, путем добавления в тесто улучшителей окислительного действия — аскорбиновой кислоты и перекисных соединений. Свежесмолотая мука также является слабой, поэтому она должна пройти процесс созревания. Образующиеся при этом за счет гидролиза жира свободные жирные кислоты, замедляя протеолиз, оказывают укрепляющее действие на свойства клейковины и теста.

Регулируя протеолиз в пшеничном тесте путем изменения длительности его брожения и расстойки, температуры, добавления улучшителей, можно получить хлеб с заданными свойствами из муки различного качества.

Применение протеолитических ферментов позволяет гидролизовать белки, пептоны и полипептиды сырья до аминокислот, которые являются ценным азотистым питанием для дрожжей, что улучшает технологический процесс, особенно в пивоварении, виноделии и спиртовой промышленности.

В пивоварении образующиеся при расщеплении пептоны и полипептиды обуславливают пенообразование и обеспечивают вкус пива.

Белковые вещества могут быть причиной помутнения пива и вина в процессе их хранения, если эти денатурированные соединения не выпали в осадок в процессе производства. Наиболее простой способ стабилизации пива и вина — гидролиз белков протеолитическими ферментными препаратами. Например, для борьбы с так называемой «холодной» мутью в пиве протеолитические ферменты вносят на стадии его дображивания с таким расчетом, чтобы растворить белки мути, но не вызвать глубокого расщепления белков, с тем чтобы не изменить стойкость пены и вкус пива.

Комплексные ФП, содержащие протеиназы, используют также в пищевконцентратной и консервной промышленности для приготовления продуктов из трудноразвариваемого сырья (круп, гороха, фасоли и др.).

Пектолитические ферменты гидролизуют пектиновые вещества, представляющие собой полисахариды, состоящие из остатков *D*-галактуроновой кислоты, связанных  $\alpha$ -1,4-связью, и метоксильных групп ( $\text{OCH}_3$ ), присоединенных к шестому углеродному атому эфирной связи. Предельная степень этерификации 16,2 %.

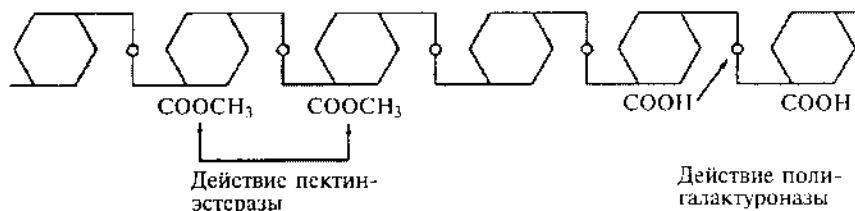
К пектиновым веществам относят протопектин, пектин, пектиновую и пектовую кислоты. Все пектиновые вещества, кроме протопектина, растворимы в воде. Строение протопектина точно не установлено. В нем очень длинная цепь метоксилированной полигалактуроновой кислоты связана с другими веществами: целлюлозой, остатками фосфорной кислоты, сахарами и др.

Пектин — метоксилированная полигалактуроновая кислота, образующаяся из протопектина за счет действия пектолитических ферментов. Степень этерификации 14,9...15,2 %. При ферментативном расщеплении от пектина отделяется часть метоксильных групп с образованием пектиновой кислоты и метанола. Пектовая кислота полностью лишена метоксильных групп. Пектин обладает желирующей способностью, которая тем выше, чем длиннее цепочка полигалактуроновой кислоты и чем больше степень ее метоксилирования.

Пектолитические ферменты включают в себя ряд ферментов. Превращение протопектина в пектин, как предполагают, осуществляется под действием протопектиназы; пектинэстераза (ПЭ) гидролизует эфирные связи пектина и пектиновой кислоты с образованием частично или полностью деметоксилированной по-



лигалактуроновой кислоты и метанола. Полигалактуроноза (ПГ) действует на пектин, катализируя расщепление  $\alpha$ -1,4-глюкозидных связей между остатками галактуроновой кислоты, не содержащими метоксильных групп. Действие ПЭ и ПГ показано на схеме.



Процесс гидролиза пектиновых веществ имеет большое значение для переработки плодов, ягод и овощей. Пектиновые вещества, являясь гидрофильными коллоидами, повышают водоудерживающую способность растительной ткани и тем самым препятствуют полному отделению сока, задерживают выделение взвешенных частиц в соке, сусле, вине, что приводит к образованию устойчивой неоседающей мути, придает соку высокую вязкость и затрудняет его осветление и фильтрование. Обработка плодов и ягод пектолитическими ферментами ведет к значительному расщеплению пектиновых веществ, прежде всего пектина, что увеличивает и ускоряет сокоотдачу, снижает вязкость сока, облегчает процесс его фильтрования и осветления.

Поскольку активность пектолитических ферментов плодов и ягод, особенно у таких плодов, как слива, алыча, абрикос, персик и др., не очень высока, для ускорения гидролиза пектиновых веществ и повышения сокоотделения при производстве овощных пюре, виноградных вин и различного вида консервов из плодов используют пектолитические ферментные препараты, чаще всего грибного происхождения. Использование ФП позволяет на 5...25 % повысить выход сока с единицы перерабатываемого сырья и получить высокий экономический эффект.

Пектолитические ферменты используют также при получении фруктово-ягодных напитков с мякотью, содержащих высокое количество пектина. Ферменты расщепляют пектин и снижают нежелательный желирующий эффект, что обеспечивает возможность получения концентрированных жидких соков.

Пектолитические ферменты применяют также в качестве дополнительного компонента при кормлении сельскохозяйственных животных и птиц, особенно если в кормах присутствует свекловичный жом, что резко повышает их усвояемость.

$\beta$ -Фруктофуранозидаза — фермент, расщепляющий сахарозу на глюкозу и фруктозу. Он продуцируется плесневыми

грибами, бактериями и дрожжами, из которых его обычно выделяют в виде очищенных ферментных препаратов.  $\beta$ -Фруктофуранозидаза, содержащаяся в виноградном сусле, играет важную роль в начальный период образования вина, так как способствует инверсии сахарозы сразу же после раздавливания винограда. Препараты этого фермента применяют в кондитерской промышленности при производстве помадки и других кондитерских изделий, включающих помадные массы. Под действием фермента в готовых изделиях протекает медленная инверсия сахарозы, поэтому они дольше сохраняют оптимальную консистенцию и медленнее высыхают.

$\beta$ -Фруктофуранозидазу можно использовать при получении сгущенного молока, искусственного меда, плодово-ягодных соков, экстрактов и варенья, так как образующийся инвертный сахар является антикристаллизатором и предохраняет изделия от засахаривания. Препараты этого фермента используют при приготовлении инвертных сиропов с концентрацией сахара до 72...73 % в ликероводочной и безалкогольной промышленности. Такие сиропы не кристаллизуются, что облегчает проведение технологического процесса.

$\beta$ -Галактозидаза катализирует расщепление лактозы на глюкозу и галактозу. Она содержится в лактозных дрожжах, вызывающих брожение молочных продуктов, в бактериях и плесневых грибах. В последние годы для обогащения хлеба в тесто добавляют молоко, пашту и другие продукты переработки молока, содержащие большое количество лактозы, которая не сбраживается пресованными дрожжами. Добавление в тесто препаратов  $\beta$ -галактозидазы приводит к усилению процессов брожения теста за счет образования глюкозы и к улучшению качества хлеба, его вкуса, цвета и аромата.

Обработка молока и молочных продуктов препаратами  $\beta$ -галактозидазы позволяет использовать данные молочные продукты в пищу людям, страдающим лактазной недостаточностью. Использование этого фермента при приготовлении кисломолочных продуктов способствует более быстрому развитию молочнокислых микроорганизмов, что позволяет ускорить технологический процесс. Гидролиз 20...30 % лактозы молока при приготовлении мороженого предотвращает его кристаллизацию и уменьшает на 1...2 % количество вводимой сахарозы.

ФП глюкоизомеразы получают из актиномицетов и бактерий. Они способствуют изомеризации глюкозы во фруктозу (на 45...50 %) и применяются для получения глюкозо-фруктозных сиропов (ГФС). Для получения ГФС сначала проводят ферментативный гидролиз крахмала  $\alpha$ -амилазой, а затем глюкоамилазой до глюкозы. ГФС можно добавлять в хлебобулочные, кондитерские изделия для увеличения срока их хранения, в продукты детского и диетического питания и т. п.

Целлюлолитические и гемицеллюлазные препараты — наиболее перспективны для гидролиза целлюлозы и гемицеллюлозы из растительного сырья и получения глюкозы, которая в дальнейшем может использоваться при производстве ГФС, спирта, ксилита, кормовых препаратов и других продуктов микробиологического синтеза. Эти препараты повышают выход готовой продукции, поэтому их можно использовать при создании безотходных технологий, при получении новых источников пищевых ресурсов на основе непищевого сырья. Однако целлюлоза является сложным субстратом для расщепления ферментами. Во всем мире ищут производители, которые были бы экономически рентабельными для получения целлюлолитических и гемицеллюлазных ФП.

В настоящее время препараты этих ферментов, получаемые из плесневых грибов, применяют в спиртовой и пивоваренной промышленности: они гидролизуют некрахмалистые полисахариды (клетчатку, гемицеллюлозу, пентозаны), увеличивая выход продукции.

#### *Контрольные вопросы*

1. Какие факторы влияют на скорость биохимических процессов?
2. Что такое ферментные препараты и где они применяются?
3. Какую роль играют ферменты в дыхании растительного сырья?
4. Какую роль играют оксидоредуктазы при производстве и хранении пищевых продуктов?
5. Какова роль амилалитических и протеолитических ферментов при производстве и хранении пищевых продуктов?

## **Глава 11**

### **МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ**

Микробиологические процессы, в основе которых лежит использование биологических систем и процессов, ими вызываемых, широко применяются в различных отраслях народного хозяйства.

В настоящее время с помощью микроорганизмов производят кормовые белки, ферменты, витамины, аминокислоты и антибиотики, органические кислоты, липиды, гормоны, препараты для сельского хозяйства и т. д.

#### **11.1. ОСНОВНЫЕ ГРУППЫ МИКРООРГАНИЗМОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

В пищевой промышленности микроорганизмы используются при получении ряда продуктов. Так, алкогольные напитки (вино, пиво, коньяк, спирт) и другие продукты получают при помощи

дрожжей. В хлебопекарной промышленности используют дрожжи и бактерии, в молочной промышленности — молочнокислые бактерии и т. д.

Среди многообразия вызываемых микроорганизмами процессов одним из существенных является брожение.

Под *брожением* понимают превращение углеводов и некоторых других органических соединений под воздействием ферментов, продуцируемых микроорганизмами, в новые вещества. Известны различные виды брожения. Обычно их называют по конечным продуктам, образующимся в процессе брожения, например спиртовое, молочнокислое, уксуснокислое и др.

Многие виды брожения, например спиртовое, молочнокислое, ацетонобутиловое, уксуснокислое, лимоннокислое и др., вызываются различными микроорганизмами. Например, в производстве этанола, хлеба, пива, вина применяют дрожжи; в производстве лимонной кислоты — плесневые грибы; в производстве уксусной и молочной кислот, ацетона — бактерии. Основная цель указанных производств — превращение субстрата (питательной среды) под действием ферментов микроорганизмов в необходимые продукты. В других производствах, например в производстве хлебопекарных дрожжей, главной задачей является накопление максимального количества культивируемых дрожжей.

Основные группы микроорганизмов, используемых в отраслях пищевой промышленности, — бактерии, дрожжевые и плесневые грибы.

**Бактерии.** Используют в качестве возбудителей молочнокисло-го, уксуснокисло-го, маслянокисло-го, ацетонобутилового брожения.

Культурные молочнокислые бактерии используют при получении молочной кислоты, в хлебопечении, иногда в спиртовом производстве. Они превращают сахар в молочную кислоту.

В производстве ржаного хлеба важная роль принадлежит молочнокислым бактериям. В процессе получения ржаного хлеба участвуют истинные (гомоферментативные) и неистинные (гетероферментативные) молочнокислые бактерии. Истинные бактерии участвуют только в кислотообразовании, а неистинные наряду с кислотообразованием оказывают существенное влияние на разрыхление теста, являясь энергичными газообразователями.

Гетероферментативные молочнокислые бактерии наряду с молочной кислотой образуют летучие кислоты (в основном уксусную), спирт и диоксид углерода. Молчнокислые бактерии ржаного теста существенное влияние оказывают также на вкус хлеба, так как он зависит от общего количества кислот, содержащихся в хлебе, и от их соотношения. Кроме того, молочная кислота оказывает влияние на процесс образования и структурно-механические свойства ржаного теста.

В спиртовой промышленности молочнокислое брожение при-

меняют для подкисления дрожжевого сусла. Дикие молочнокислые бактерии неблагоприятно влияют на ход технологических процессов в бродильном производстве, ухудшают качество готовой продукции. Образующаяся при молочнокислом брожении молочная кислота стимулирует развитие дрожжей и подавляет жизнедеятельность посторонних микроорганизмов.

Маслянокислое брожение, вызываемое маслянокислыми бактериями, используют для производства масляной кислоты, эфиры которой применяют в качестве ароматических веществ, но для спиртового производства эти бактерии опасны, так как масляная кислота подавляет развитие дрожжей и инактивирует  $\alpha$ -амилазу.

К особым видам маслянокислых бактерий относятся ацетонобутиловые бактерии, которые используют в качестве возбудителей брожения в ацетонобутиловом производстве.

Уксуснокислые бактерии используют для получения уксуса (раствора уксусной кислоты), так как они способны окислять этанол в уксусную кислоту по уравнению



Следует отметить, что уксуснокислое брожение является вредным для спиртового производства, так как приводит к снижению выхода спирта, а в пивоварении ухудшает качество пива, вызывая его порчу.

**Дрожжи.** Широко применяются в качестве возбудителей брожения при получении спирта и пива, в виноделии, в производстве хлебного кваса, а также в хлебопечении для разрыхления теста.

Для пищевых производств имеют значение совершенные дрожжи — сахаромикеты, которые образуют споры, и несовершенные дрожжи — несхаромикеты (дрожжеподобные грибы), не образующие спор. Семейство сахаромикетов делится на несколько родов. Наиболее важное значение из этого семейства имеет род *Saccharomyces* (сахаромикеты). Род подразделяется на виды, отдельные разновидности вида, отличающиеся по некоторым признакам, называют *расами*. В каждой отрасли применяются определенные расы дрожжей. Различают дрожжи пылевидные и хлопьевидные. У первых на протяжении всего периода жизнедеятельности клетки изолированы друг от друга, а у вторых клетки склеиваются между собой, образуя хлопья, и быстро оседают.

Культурные дрожжи относятся к семейству сахаромикетов *S. cerevisiae*. Температурный оптимум для размножения дрожжей находится в пределах 25...30 °С, а минимальная температура около 2...3 °С. При 40 °С рост прекращается и дрожжи отмирают, но низкие температуры дрожжи переносят хорошо, хотя размножение их приостанавливается.

Различают дрожжи верхового и низового брожения. В каждой из этих групп имеется несколько отдельных рас.

Дрожжи верхового брожения в стадии интенсивного брожения выделяются на поверхности сбраживаемой среды в виде довольно толстого слоя пены и остаются в таком состоянии до окончания брожения. Затем они оседают, но не дают плотного осадка. Эти дрожжи относятся к пылевидным дрожжам и не склеиваются друг с другом в отличие от хлопьевидных дрожжей низового брожения, оболочки которых являются клейкими, что приводит к слипанию и быстрому осаждению клеток.

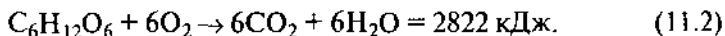
Из культурных дрожжей к дрожжам низового брожения относятся большинство винных и пивных дрожжей, а к дрожжам верхового брожения — спиртовые, хлебопекарные и некоторые расы пивных дрожжей. Первоначально были известны только дрожжи верхового брожения, так как брожение различных соков происходило при обычной температуре. Желая получить напитки, насыщенные  $\text{CO}_2$ , стали вести брожение при низкой температуре. Под влиянием изменившихся внешних условий получились дрожжи низового брожения, нашедшие широкое распространение в промышленности.

Как отмечалось ранее, в процессе спиртового брожения из глюкозы образуется два основных продукта — этанол и диоксид углерода, а также промежуточные вторичные продукты: глицерин, янтарная, уксусная, лимонная и пировиноградная кислоты, ацетальдегид, 2,3-бутиленгликоль, ацетоин, эфиры и так называемые сивушные масла (изоамиловый, изопропиловый, бутиловый и другие спирты).

Сбраживание отдельных сахаров происходит в определенной последовательности, обусловленной скоростью их диффузии в дрожжевую клетку. Быстрее всех сбраживаются дрожжами глюкоза и фруктоза. Однако сахароза, как таковая, исчезает (инвертируется) в среде еще в начале брожения под действием фермента, содержащегося в оболочке дрожжевой клетки —  $\beta$ -фруктофуранозидазы, с образованием глюкозы и фруктозы, которые легко используются клеткой. Когда в среде почти не остается фруктозы и глюкозы, дрожжи потребляют мальтозу.

Дрожжи обладают способностью сбраживать весьма высокие концентрации сахара — до 60 %. Они выдерживают также высокие концентрации спирта — до 14...16 об.%. Токсичное действие спирта увеличивается с повышением температуры.

В присутствии кислорода спиртовое брожение прекращается и дрожжи получают энергию за счет кислородного дыхания:



Так как этот процесс энергетически более богат, чем процесс брожения (118 кДж), то дрожжи тратят сахар значительно экономнее. Прекращение брожения под влиянием кислорода воздуха получило название *эффекта Пастера*.

В спиртовом производстве применяют верховые дрожжи вида *S. cerevisiae*, которые обладают наибольшей энергией брожения, образуют максимум спирта и сбраживают моно- и дисахариды, а также часть декстринов.

В хлебопекарных дрожжах ценят быстро размножающиеся расы, обладающие хорошей подъемной силой и стойкостью при хранении. Подъемная сила определяется как особенностями рас дрожжей, так и способом ведения производства.

В пивоварении применяют низовые дрожжи вида *S. carlsbergensis* (в основном хлопьевидные расы). Брожение, вызываемое ими, хорошо протекает при температуре от 6 до 8 °С.

Основные требования, предъявляемые к пивным дрожжам: они должны быть микробиологически чистыми, а также обладать способностью к хлопьеобразованию, быстро оседать на дно бродительного аппарата и давать прозрачный напиток с определенными вкусом и ароматом.

В виноделии ценятся дрожжи, быстро размножающиеся, обладающие свойством подавлять другие виды дрожжей и микроорганизмы и придавать вину соответствующий букет. В виноделии применяют дрожжи *S. vini*, они энергично сбраживают глюкозу, фруктозу, сахарозу и мальтозу. Большая часть винных дрожжей относится к дрожжам низового брожения. В виноделии почти все производственные культуры дрожжей выделены из молодых вин.

Дрожжи семейства несакхаромицетов используют в качестве ценного корма для сельскохозяйственных животных.

В таких отраслях, как пивоварение и дрожжевое производство, дрожжеподобные грибы являются вредителями производства.

**Зигомицеты.** Ранее зигомицеты называли плесневыми грибами. Они играют большую роль в качестве продуцентов ферментов. Грибы рода *Aspergillus* продуцируют амилалитические, протеолитические, пектолитические и другие ферменты, которые используют в спиртовой промышленности вместо солода для осахаривания крахмала, в пивоваренной — при частичной замене солода несоложенным зерном и т. д.

В производстве лимонной кислоты *A. niger* является возбудителем лимоннокислого брожения, превращая сахар в лимонную кислоту.

Однако в ряде случаев зигомицеты вызывают порчу пищевых продуктов.

## 11.2. ТИПЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБМЕНА У МИКРООРГАНИЗМОВ

Для развития, роста и размножения микроорганизмов необходима энергия. Способы добывания энергии у микроорганизмов различны. Большинство из них живут за счет энергии, высвобождающейся при окислении различных соединений кислородом.

Микроорганизмы, использующие энергию только за счет окисления кислородом, называют *облигатными аэробами*. Но есть микроорганизмы, которые получают энергию без участия кислорода воздуха за счет сопряженного окисления — восстановления неорганических и органических соединений, находящихся в субстрате. Такие микроорганизмы называют *облигатными анаэробами*. Кислород подавляет их развитие.

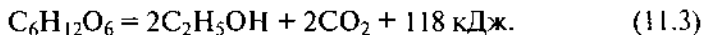
Существуют также промежуточные формы микроорганизмов: факультативные аэробы и анаэробы.

Микроорганизмы, обладающие лабильным обменом веществ, т. е. живущие за счет окисления кислородом воздуха и сопряженных окислительно-восстановительных реакций без участия кислорода воздуха, называют *факультативными аэробами*. При недостатке кислорода они могут переходить на анаэробный способ существования.

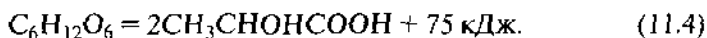
Микроорганизмы, которые могут жить как при доступе воздуха, так и без него, называют *факультативными анаэробами*. Они живут только за счет сопряженного окисления — восстановления различных соединений, без вовлечения кислорода. Кислород для них не ядовит или слабоядовит. Известны факультативные анаэробы (например, дрожжи), способные в зависимости от условий развития переключаться с анаэробного на аэробный тип получения энергии.

Анаэробные микроорганизмы, к которым относятся многие бактерии и некоторые дрожжи, получают энергию для жизнедеятельности в процессе брожения. Этот энергетический процесс протекает путем сопряженного окисления — восстановления без участия в нем кислорода воздуха.

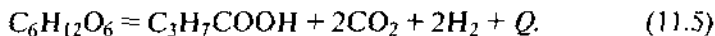
Акцептором водорода, отщепляемого от окисляемого органического соединения, взамен молекулярного кислорода служат промежуточные продукты распада того же органического вещества. Примером такого типа получения энергии служит спиртовое брожение, осуществляемое многими дрожжами в анаэробных условиях:



Молочнокислые бактерии, являясь факультативными анаэробами, осуществляют молочнокислое брожение без участия кислорода, которое заключается в превращении молекулы глюкозы в две молекулы молочной кислоты с выделением энергии:



Примером облигатных анаэробов служат маслянокислые бактерии, которые получают энергию в процессе маслянокислого брожения:





### 11.3. НЕОБХОДИМЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ МИКРООРГАНИЗМОВ

Чтобы культура микроорганизмов могла нормально расти, размножаться и осуществлять биосинтез какого-либо вещества, необходимы оптимальные условия окружающей среды: химические факторы — состав и концентрация питательных веществ, присутствие активаторов и ингибиторов; физические факторы — температура, давление, рН, плотность, подвижность среды, освещение, радиация и т. д. Чем благоприятнее эти условия для данного микроорганизма, тем интенсивнее он развивается и размножается.

Один из важных факторов — питательная среда. Микроорганизмам требуется целый ряд необходимых элементов питания (углерод, азот, фосфор, макро- и микроэлементы, биологически активные вещества и др.).

Источниками углерода для гетеротрофных микроорганизмов могут быть углеводы (моно- и полисахариды), спирты, кислоты и др. Концентрация этих веществ в среде может изменяться от десятых долей процента до 20 %. Источниками азота в питательной среде могут быть белки, пептиды, аминокислоты, соли аммония или аммиака, нитраты, а также атмосферный азот. В качестве источника фосфора обычно используют фосфаты (соли фосфорной кислоты). Кроме того, в питательной среде добавляют также соли К, Mg, Fe, микроэлементы (Co, Cu, Mn и т. д.) и различные органические вещества (витамины и другие биологически активные вещества).

Потребность микроорганизмов в соответствующих веществах выясняют, культивируя их на синтетических средах, состоящих из определенных химически чистых соединений. Изменяя количество одного из компонентов среды и сохраняя остальные на оптимальном уровне, можно установить, какие вещества и в каких концентрациях необходимы для жизнедеятельности соответствующего микроорганизма.

Если на клетки микроорганизмов оказывают влияние слишком высокие концентрации веществ в питательной среде, то может произойти плазмолиз клетки — часть воды выделится из клеток и протоплазма отойдет от клеточной стенки, жизнедеятельность клетки замедлится или полностью прекратится. Чувствительность микроорганизмов к повышению осмотического давления различна и оказывает существенное влияние на их жизнедеятельность.

Так, в производстве хлеба можно затормозить брожение теста при внесении в него соли или повышенного количества сахара и жира. Для уменьшения тормозящего действия соль вносят в несколько приемов, а сахар и жир — преимущественно на последних стадиях брожения. Во всех случаях с повышением количества сахара, жира и соли в тесте увеличивается расход дрожжей. В ряде

случаев, например в производстве мучных кондитерских изделий, из-за высокого содержания питательных веществ, в первую очередь сахара, использование микроорганизмов для биологического разрыхления невозможно. Их следует заменять химическими разрыхлителями.

Для микробиологических процессов большое значение имеет реакция среды (рН). Для каждой культуры микроорганизмов есть свои пределы оптимума, максимума и минимума рН. Так, ацидофильным микроорганизмам (некоторые плесени, дрожжи, бактерии) необходим рН 1,5...4,5, нейтрофилам — рН 6,5...8,0 и базофилам — рН 8,5...9,5. Но большинство микроорганизмов лучше всего развиваются в нейтральной среде при рН 7,0.

Большое значение в жизнедеятельности микроорганизмов имеет кислород. Для аэробных микроорганизмов он жизненно необходим, а для анаэробных является ядом. Только для факультативно-анаэробных микроорганизмов, например дрожжей, это не имеет существенного значения.

Потребление кислорода зависит от концентрации клеток. Чем она выше, тем больше требуется кислорода. Режим аэрации должен обеспечивать такую скорость растворения кислорода, которая полностью соответствовала бы расходу.

Для микроорганизмов существенное значение имеет также окислительно-восстановительный потенциал, который выражается в милливольтгах или чаще отрицательным логарифмом давления молекулярного водорода  $gH_2$ . Степень аэробности или анаэробности может быть количественно охарактеризована величиной окислительно-восстановительного потенциала. Это индекс  $gH_2$ , аналогичный рН, но рН выражает степень кислотности или щелочности, а  $gH_2$  — степень аэробности. В водном растворе, насыщенном кислородом,  $gH_2 = 41$ , а в условиях насыщения водородом  $gH_2 = 0$ . Шкала от 0 до 41 характеризует степень аэробности. Облигатные анаэробы жизнедеятельны при  $gH_2$  не выше 18...20, при этих значениях они только осуществляют обмен веществ, но не размножаются. Размножаться они могут при крайне низких значениях  $gH_2$  — не выше 3...5. Факультативно-аэробные и анаэробные микроорганизмы живут в широком диапазоне  $gH_2$  — от 0 до 30. Низкие значения  $gH_2$  не оказывают вреда, а высокие — неблагоприятны. Микроорганизмы всегда снижают высокие значения  $gH_2$  в среде, выделяя в нее восстановители. Облигатные аэробы не способны жить без кислорода и при низких значениях  $gH_2$  не могут существовать, так как в среде нет свободного кислорода. Нижний предел  $gH_2$  для них равен 10, верхний — 30, так как при  $gH_2 = 30$  происходят чрезмерное окисление и повреждение клеток.

Для роста и развития микроорганизмов очень большое значение имеет температура. Большинство используемых в промышленности микроорганизмов по отношению к температуре являются

ся мезофилами: их развитие происходит при 25...37 °С. Психрофильные микроорганизмы растут в интервале 0...15 °С, а термофильные — в интервале 55...75 °С. Все перечисленные микроорганизмы имеют промежуточные формы. Обычно при повышении температуры процессы биосинтеза интенсифицируются, если это повышение не ингибирует определяющие биосинтез ферменты. При температуре 70 °С большинство вегетативных микроорганизмов гибнет за 1...5 мин.

Нормальное функционирование клетки, т. е. обмен веществ, рост и размножение, может происходить только тогда, когда в ней содержится достаточное количество воды и клетки погружены в водную среду с растворенными в ней питательными веществами. При уменьшении содержания воды снижается интенсивность биохимических реакций, а следовательно, и интенсивность жизненных процессов. Вода не только является реакционной средой и растворителем веществ, при взаимодействии с водой при участии гидролитических ферментов осуществляется множество реакций, в результате которых образуются новые вещества с совершенно новыми свойствами.

Итак, при благоприятных условиях, т. е. в среде, где есть водный раствор питательных веществ, а также соблюдены все соответствующие физические и химические факторы (температура, рН, присутствие кислорода и т. д.), в клетках микроорганизмов начинаются ферментативные процессы, т. е. обмен веществ с окружающей средой. Из веществ, проникших в клетку, образуются внутриклеточные вещества и структурные элементы, происходит ассимиляция. Одновременно идут процессы распада веществ — диссимилиация. Если первые процессы преобладают над вторыми, наблюдается рост клетки. Достигнув определенных размеров в соответствующей фазе развития, клетка может начать размножаться. Скорость размножения зависит как от видовых свойств культуры, так и от условий окружающей среды.

В благоприятных условиях каждое следующее поколение у дрожжевых клеток появляется через 1 ч, а у некоторых бактерий — даже через каждые 20...40 мин. Однако, как правило, клетка размножается гораздо медленнее, так как в среде могут возникать неблагоприятные условия (нехватка какого-либо питательного вещества, изменение температуры, рН, образование токсических веществ, избыток клеточной массы на единицу объема и т. д.).

В результате роста и размножения клеток в питательной среде увеличивается биомасса. Количество биомассы выражают по сухой массе клеток в единице объема (мг/см<sup>3</sup>, г/дм<sup>3</sup>, кг/м<sup>3</sup>) или, если клетки имеют примерно одинаковые размеры, по числу клеток в единице объема (млн/см<sup>3</sup>, млрд/см<sup>3</sup>).

В развитии микроорганизмов наблюдается несколько фаз (рис. 11.1).

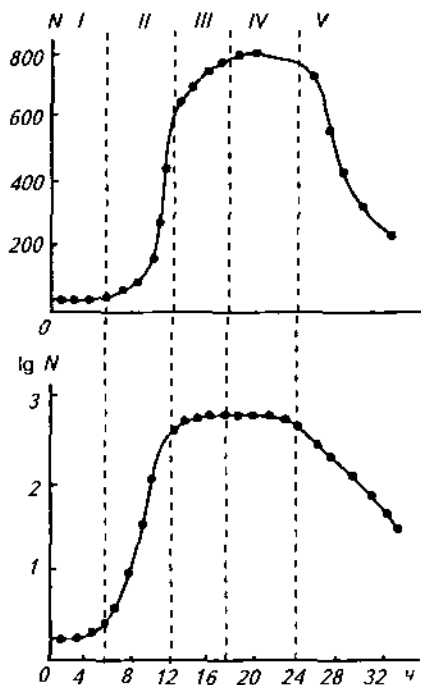


Рис. 11.1. Фазы роста микроорганизмов:

*I* — лаг-фаза; *II* — логарифмическая фаза; *III* — фаза замедленного роста; *IV* — стационарная фаза; *V* — фаза отмирания;  $N$  — число клеток (млн/см<sup>3</sup>)

Внесенные в питательную среду клетки микроорганизмов не сразу начинают размножаться, до этого следует некоторый период, называемый лаг-фазой (*I*). В этот период, длящийся иногда несколько часов, клетки приспосабливаются к среде и окружающим условиям. В период лаг-фазы стремительно возрастает количество нуклеиновых кислот, особенно РНК, что необходимо для биосинтеза белков.

После лаг-фазы следует логарифмическая, или экспоненциальная, фаза (*II*), в которой клетки размножаются с максимальной для данной культуры скоростью. Вследствие этого запас необходимых питательных веществ в среде уменьшается. Кроме того, в этот период происходит накопление различных продуктов обмена веществ, которые в определенной концентрации могут мешать нормальному протеканию процесса обмена веществ. Скорость роста снижается также за счет сокращения площади поверхности клеток из-за тесного окружения одних клеток другими, а именно через их поверхность происходят процессы обмена веществ — поступление питательных веществ в клетку и выведение метаболитов.

При интенсивном росте и размножении внутри закрытой системы негативное влияние лимитирующих факторов увеличивается и в результате скорость роста микроорганизмов уменьшается, наступает фаза замедленного роста (*III*). Через определенное время в стационарной фазе (*IV*) масса клеток в питательной среде достигает максимального уровня. Затем наступает период, когда число отмерших и автолизированных клеток превышает прирост. В результате количество биомассы уменьшается — наступает фаза отмирания (*V*).

Следовательно, наиболее интенсивно рост и размножение происходят в логарифмической фазе, где еще не действуют лимитирующие факторы. Для характеристики развития культуры микроор-

ганизмов используют скорость роста — изменение количества биомассы в единицу времени. Максимальная скорость роста в логарифмической фазе для каждой культуры различна и относится к наиболее важным характеристикам ее физиологических свойств. Абсолютный прирост биомассы в единицу времени (обычно за 1 ч) характеризует общая скорость роста  $V$ . Если прирост биомассы за бесконечно малый промежуток времени  $dt$  обозначить через  $dm$ , то

$$V = \frac{dm}{dt}. \quad (11.6)$$

Чтобы определить, с какой скоростью идет прирост биомассы от исходного количества  $m_0$  до  $m_1$  за время  $t_1 - t_0$ , используют среднюю скорость роста  $V_{\text{ср}}$ , которую определяют по формуле

$$V_{\text{ср}} = \frac{m_1 - m_0}{t_1 - t_0}. \quad (11.7)$$

Изменение (увеличение) количества биомассы микроорганизмов важно контролировать как при получении биомассы (дрожжевое производство), так и при накоплении ее в культуральной среде какого-либо вещества (производство спирта, лимонной кислоты и др.).

В первом случае процесс прекращают, когда достигнуто максимальное количество биомассы, а углерод и азот среды использованы максимально. Если источник углерода для образования биомассы и какого-либо продукта общий, например спиртовое брожение на сахарозе или мальтозе, тогда увеличение биомассы на определенном этапе ограничивают (в спиртовом брожении — путем создания факультативно-анаэробных условий).

#### 11.4. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ИНФЕКЦИЯ И ДЕЗИНФЕКЦИЯ

Микроорганизмы в пищевой промышленности играют двойную роль. С одной стороны, это культурные микроорганизмы, которые специально выращивают для нужд данного производства, используя особенности их биохимической деятельности и других свойств. С другой стороны, в ходе технологического процесса в производственную среду попадает инфекция, т. е. посторонние (дикие) микроорганизмы. Дикие микроорганизмы распространены в природе (на ягодах, плодах, в воздухе, воде, почве и т. д.) и из окружающей среды попадают в производство.

Это либо неопасные для здоровья человека сапрофиты, являющиеся, однако, вредителями производства, в результате их жизне-

деятельности нарушается технологический процесс, возрастают потери сырья, снижаются выход и качество готовой продукции; либо патогенные микроорганизмы, которые могут нанести вред здоровью человека и явиться причиной тяжелых инфекционных заболеваний.

Источники инфекции могут быть как внешними, так и внутри-заводскими. К внешним относятся воздух, вода, сырье, к внутри-заводским — воздух производственных помещений, технологическое оборудование, тара, в которых задерживаются остатки производственных жидкостей, являющихся питательной средой для микроорганизмов, а также руки, одежда и обувь обслуживающего персонала.

Для соблюдения правильного санитарно-гигиенического режима, уничтожения и подавления развития посторонних микроорганизмов на пищевых предприятиях проводят дезинфекцию.

*Дезинфекцией* (обеззараживанием) называется уничтожение вредителей данного производства, которые вызывают порчу сырья, полуфабрикатов и готовой продукции, а также патогенных микроорганизмов — возбудителей пищевых инфекций и отравлений.

На каждом предприятии проводят профилактические меры борьбы. Своевременно удаляют отходы производства, соблюдают чистоту во всех отделениях предприятия, внутри аппаратов, оборудования и трубопроводов. Наряду с профилактическими мерами применяют и активные меры борьбы с инфекцией, которые по характеру действующего средства делятся на физические и химические.

К физическим методам обеззараживания относятся различные способы стерилизации, основанные на губительном действии высоких температур на микроорганизмы: кварцевое и ультрафиолетовое облучение, ультразвук, действие высоких температур (обжигание, прокаливание, кипячение, ошпаривание посуды, тары и оборудования, обработка острым паром).

К химическим средствам обеззараживания относится большое количество различных дезинфицирующих веществ, обладающих antimicrobial действием. Такие вещества называют антисептиками. В качестве антисептиков применяют хлорную известь, формалин, антиформин (смесь растворов хлорной извести, гидроксида натрия и карбоната натрия), диоксид серы ( $SO_2$ ), серную кислоту, сульфанол и др.

Некоторые из этих антисептиков добавляют в небольших количествах в продукты, предназначенные для технологического процесса, другие используют для мойки аппаратуры и трубопроводов. Наряду с антисептиками для дезинфекции в некоторых случаях применяют антибиотики, в частности лактоцид. Часто для борьбы с вредными микроорганизмами сочетают стерилизацию и дезинфекцию.

Ярким примером вредного влияния микроорганизмов могут служить картофельная болезнь и плесневение хлеба. Картофельная, или тягучая, болезнь хлеба выражается в резких изменениях качества хлеба (мякиш становится слизистым, появляются сильные специфические неприятные запах и вкус), вызываемых деятельностью споровых микроорганизмов, относящихся к виду *Bacillus subtilis*, широко распространенных в природе. Эти микроорганизмы всегда встречаются в том или ином количестве в зерне и муке. Споры этих микроорганизмов устойчивы к температуре и сохраняют жизнеспособность в мякише хлеба после выпечки. При благоприятных условиях (температура 35...45 °С и рН 5...10) развитие спор этих бактерий приводит к заболеванию хлеба. Вследствие высокой оптимальной температуры для развития микроорганизмов заболевание хлеба картофельной болезнью происходит в жаркое время года. Действенными мерами борьбы с картофельной болезнью хлеба являются: подкисление теста уксусной, пропионовой и сорбиновой кислотами, так как при высокой кислотности (рН < 4,8...5,0) жизнедеятельность этих бактерий резко тормозится; применение в заквасках для теста из пшеничной муки чистых культур пропионовокислых бактерий или мезофильных молочнокислых бактерий (*L. fermentum*); быстрое охлаждение хлеба после выпечки до 10...12 °С и хранение его при этой температуре.

Плесневение хлеба происходит при неправильном режиме хранения: повышенной температуре (25...30 °С) и относительной влажности воздуха выше 70 %, а также при повышенном содержании влаги в хлебе и его слишком плотной укладке. Чаще всего плесневение вызывается мицелиальными грибами *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus* и др. Так как в процессе выпечки хлеба грибы и их споры полностью погибают, то плесневение хлеба может быть вызвано попаданием плесневых грибов и их спор на уже выпеченный хлеб. Особая опасность плесневения хлеба заключается в возможном образовании и накоплении афлатоксинов (микотоксинов), вырабатываемых плесневыми грибами.

Для предотвращения плесневения хлеба, выпускаемого в незавернутом виде, необходимо соблюдать максимальную чистоту в производственных помещениях. Оборудование и инвентарь для хранения и транспортирования хлеба следует содержать в чистом виде и периодически дезинфицировать.

Для предотвращения плесневения хлеба, предназначенного для длительного хранения (для участников экспедиций, экипажей кораблей и др.), необходимо проводить следующие мероприятия:

заворачивать хлеб в герметическую влагонепроницаемую пленку с последующей тепловой стерилизацией;

заворачивать хлеб в бумагу или пленку, пропитанные сорбиновой кислотой, с последующей герметической упаковкой;

стерилизовать упакованный хлеб токами высокой частоты, ионизирующими излучениями, облучать ультрафиолетовыми лучами.

*Контрольные вопросы*

1. Какие существуют типы энергетического обмена веществ у микроорганизмов?
2. Какие физические и химические факторы оказывают воздействие на микроорганизмы?
3. Какие наблюдаются фазы в развитии микроорганизмов?
4. Что такое производственная инфекция и какие существуют меры борьбы с ней?



---

## Раздел III

# ОСНОВЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ И СЕРТИФИКАЦИИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ



## Глава 12

### ГОСУДАРСТВЕННАЯ И МЕЖДУНАРОДНАЯ СИСТЕМЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ

Идея стандартизации возникла в глубокой древности (при строительстве пирамид в Египте, водопровода в Риме), и по мере развития промышленного производства ее роль возрастала. Началось планомерной работы по стандартизации в России принято относить к 1925 г., когда был организован Комитет по стандартизации и введены первые стандарты (ОСТ), государственные документы обязательные для всех предприятий.

Стандартизации принадлежит главная роль в совершенствовании управления, ускорении внедрения новой техники и технологии, новых форм организации производства, обеспечении выпуска конкурентоспособной продукции.

#### 12.1. СУЩНОСТЬ СТАНДАРТИЗАЦИИ

Стандартизация является составной частью единой технической политики государства. Стандартами охвачены практически все стороны производственной деятельности. Работа по стандартизации весьма динамична. Поэтому в стандартизации должны быть отражены все изменения, происходящие в различных сферах общества, и прежде всего экономической. Стандартизация должна стремиться успеть и даже предвосхитить их, чтобы стандарты способствовали развитию производства.

*Стандартизация* — это деятельность по установлению правил и характеристик в целях их добровольного многократного использования, направленная на достижение упорядоченности в сферах производства и обращения продукции, повышения конкуренто-способности продукции, работ или услуг. Основными результатами деятельности по стандартизации являются повышение степени соответствия продукта его функциональному назначению, устранение технических барьеров в международном товарообороте, содействие научно-техническому прогрессу и сотрудничеству в различных областях.

*Цели стандартизации:* содействие соблюдению требований технических регламентов; повышение уровня безопасности продуктов, работ, услуг для жизни и здоровья людей, окружающей среды

и имущества; обеспечение совместимости и взаимозаменяемости изделий; повышение качества продукции, работ и услуг в соответствии с уровнем развития научно-технического прогресса; установление единства измерений; содействие экономному и рациональному использованию всех видов ресурсов; обеспечение безопасности хозяйственных объектов с учетом риска возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Стандартизация осуществляется в соответствии с принципами добровольного применения стандартов; максимального учета при разработке стандартов законных интересов заинтересованных лиц; применения международного стандарта как основы для разработки национального стандарта; недопустимости создания препятствий производству и обращению продукции, выполнению работ и оказанию услуг; недопустимости создания стандартов, противоречащих техническим регламентам; обеспечения единообразного применения стандартов.

Для реализации поставленных целей необходимо решить следующие задачи стандартизации: обеспечить взаимопонимание между разработчиками, изготовителями, продавцами и потребителями; оптимизировать требования к качеству продукции, работ и услуг в интересах государства и потребителя, обеспечивающие безопасность жизни и здоровья населения и окружающей среды; установить требования по совместимости, а также взаимозаменяемости продукции; согласовать и увязать требования к готовой продукции с требованиями к сырью, материалам и техническим средствам, необходимым для ее изготовления; установить метрологические нормы и правила к технологическим процессам; унифицировать продукцию и услуги и создать систему их классификации; проводить работы по международному сотрудничеству в области стандартизации.

Стандартизация в пищевой промышленности на современном уровне должна решать следующие задачи: максимально возможно удовлетворять запросы и вкусы потребителя, рационально использовать сырьевые, топливные и энергетические ресурсы, повышать рентабельность производства и обеспечивать безопасность пищевых продуктов.

## 12.2. НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ

В процессе стандартизации разрабатываются нормы, требования, правила, характеристики, касающиеся объекта стандартизации, которые оформляются в виде документа. Рассмотрим разновидности документов, принятые в национальной системе стандартизации РФ.

*Технический регламент* — это документ, в котором приводятся обязательные правовые нормы исключительно в целях защиты жизни и здоровья граждан, имущества и окружающей среды. Для дру-

гих целей технический регламент не устанавливается. Этот документ принимается международным договором Российской Федерации, ратифицированным в порядке, установленном законодательством, федеральным законом или постановлением Правительства Российской Федерации. В нем отображены обязательные для применения и исполнения требования к процессам производства, а также эксплуатации, хранения, перевозки и реализации продукции. Технический регламент должен содержать полный перечень объектов, на которые распространяются его требования, правила идентификации объекта, а также правила и формы оценки соответствия, требования к терминологии, упаковке и маркировке данного объекта.

*Стандарт* — документ, в котором в целях добровольного и многократного использования устанавливаются характеристики продукции, правила осуществления и характеристики процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг. Стандарт должен быть основан на обобщенных результатах научных исследований, технических достижениях и практическом опыте.

*Свод правил* обычно разрабатывается для проектирования, монтажа оборудования и конструкций, технического обслуживания или эксплуатации объектов стандартизации, конструкций или изделий. Технические правила, содержащиеся в документе, носят рекомендательный характер.

### 12.3. ОБЪЕКТЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ, ВИДЫ СТАНДАРТОВ

Стандартизация связана с такими понятиями, как объект и область стандартизации. *Объектом стандартизации* называют продукцию, процесс или услугу, для которой разрабатывают те или иные требования, характеристики, параметры, правила и т. п. Стандартизация может касаться либо объекта в целом, либо его отдельных составляющих. *Областью стандартизации* называют совокупность взаимосвязанных объектов стандартизации.

Стандартизация осуществляется на разных уровнях. Уровень стандартизации зависит от того, участники какого региона (географического, экономического, политического) принимают стандарт. Так, если участие в стандартизации открыто для соответствующих органов любой страны, то это *международная* стандартизация. *Региональная* стандартизация — деятельность, открытая только для соответствующих органов государства одного географического, политического или экономического региона. *Национальная* стандартизация осуществляется в одном конкретном государстве. В свою очередь, национальная стандартизация может быть реализована на государственном, отраслевом уровне, в том или ином секторе экономики, на уровне ассоциаций, производственных фирм, предприятий и учреждений.

По этому признаку различают следующие категории стандартов: международные стандарты; национальные стандарты Российской Федерации; стандарты организаций.

*Международный стандарт* — это документ, принятый международной организацией по стандартизации и применяемый в установленном порядке.

*Национальный стандарт* Российской Федерации разрабатывается в порядке, установленном федеральным законодательством, утверждается национальным органом по стандартизации в соответствии с правилами, нормами и рекомендациями в этой области и применяется на добровольной основе независимо от страны и (или) места происхождения продукции, осуществления процессов производства, эксплуатации оборудования, выполнения работ или оказания услуг, видов или особенностей сделок и (или) лиц, являющихся изготовителями, исполнителями, продавцами или покупателями.

*Стандарты организаций* (в том числе коммерческих, общественных, научных, саморегулируемых организаций, объединений юридических лиц) могут разрабатываться и утверждаться самостоятельно исходя из необходимости применения этих стандартов для совершенствования производства и обеспечения качества продукции, выполнения работ, оказания услуг, а также для распространения, использования полученных в областях знаний результатов исследований, измерений, испытаний и разработок. Порядок разработки, утверждения, учета, изменения и отмены таких стандартов находится в компетенции самих организаций и объединений и устанавливается самостоятельно в соответствии с принципами и правовыми основами стандартизации.

Как и в мировой практике, в России действуют несколько видов стандартов, отличающихся спецификой объекта стандартизации: основополагающий стандарт; терминологический стандарт; стандарт на продукцию (услуги); стандарт на процессы; стандарт на методы контроля (испытаний, измерений, анализа).

*Основополагающий стандарт* — нормативный документ, который содержит общие или руководящие положения для определенной области. Разрабатывается с целью содействия взаимопониманию, техническому единству и взаимосвязи деятельности в различных областях науки, техники и производства.

В *терминологическом стандарте* объектом являются термины. Такой стандарт содержит определение термина, его толкование и примеры применения.

*Стандарт на продукцию (услуги)* устанавливает требования либо к конкретному виду продукции, либо к группе однородной продукции. В отечественной практике существует две разновидности этого вида документов: стандарты общих технических условий, которые содержат общие требования к группам однородной продукции или услуг; стандарты технических условий, содержа-

шие требования к конкретной продукции или услуге. Этот вид документов может быть полным или неполным. Полный стандарт устанавливает не только требования к продукции, но также и правила отбора проб, проведения испытаний, упаковки, маркировки, хранения и т. д. Неполный стандарт содержит часть требований, предъявляемых к продукции (только к показателям качества либо только к правилам поставки и пр.).

*Стандарт на процессы* — это нормативный документ, в котором объектом стандартизации выступает процесс. В этом документе устанавливаются требования к конкретным видам работ, которые осуществляются при разработке, производстве, эксплуатации, ремонте того или иного объекта. Особое место занимают требования безопасности и экологические требования, предъявляемые при проведении технологического процесса.

*Стандарт на методы контроля* (испытаний, измерений, анализа) разрабатывает методики, правила, процедуры различных испытаний и сопряженных с ними действий, в наибольшей степени обеспечивающие объективность оценки качества продукции. Главный критерий объективности метода контроля — воспроизводимость и сопоставимость результатов. Каждый из методов имеет свою специфику, обусловленную конкретным объектом контроля, но можно выделить общие положения, подлежащие стандартизации: средства контроля и вспомогательные устройства; порядок подготовки и проведения анализа; правила обработки и оформления результатов; допустимая погрешность метода.

## 12.4. ОРГАНЫ И СЛУЖБЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ

Национальным органом по стандартизации в России является Комитет Российской Федерации по стандартизации, метрологии и сертификации (Госстандарт РФ). Он выполняет следующие функции: утверждает национальные стандарты; принимает программу разработки национальных стандартов; организует экспертизу проектов национальных стандартов; обеспечивает соответствие национальной системы стандартизации интересам национальной экономики, состоянию материально-технической базы и научному прогрессу; осуществляет учет национальных стандартов, правил стандартизации, норм и рекомендаций в этой области и обеспечивает их доступность заинтересованным лицам; создает технические комитеты по стандартизации и координирует их деятельность; организует опубликование национальных стандартов и их распространение; участвует в соответствии с уставами международных организаций в разработке международных стандартов и обеспечивает учет интересов Российской Федерации при их принятии; утверждает изображение знака соответствия национальным стандартам; представляет Российскую Федерацию в

международных организациях, осуществляющих деятельность по стандартизации.

В структуру Госстандарта РФ входят следующие подразделения: научно-исследовательские институты, опытные заводы, издательство, учебные заведения, территориальные центры стандартизации, метрологии и сертификации (ЦСМ).

Постоянными рабочими органами по стандартизации являются *технические комитеты* (ТК).

## **12.5. МЕЖДУНАРОДНЫЕ ОРГАНИЗАЦИИ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ И КОНТРОЛЮ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ**

Международная организация по стандартизации создана в 1946 г. При выборе названия было использовано греческое слово *isos*, что означает равный, поэтому краткое название Международной организации по стандартизации на всех языках мира звучит одинаково — ISO (ИСО). Сфера деятельности ИСО касается стандартизации во всех областях, кроме электротехники и электроники, относящихся к компетенции Международной электротехнической комиссии (МЭК). Задача ИСО заключается в содействии развитию стандартизации и смежных видов деятельности в мире с целью обеспечения международного обмена товарами и услугами, а также развитию сотрудничества в интеллектуальной, научно-технической и экономической областях.

В состав ИСО входят представители национальных организаций по стандартизации (120 стран, в том числе и России), а также руководящие органы: Генеральная Ассамблея, Совет, техническое руководящее бюро; и рабочие органы: технические комитеты, подкомитеты и технические консультативные группы.

Для решения общих и научных вопросов при Совете созданы и ему подчиняются семь комитетов: ПЛАКО (техническое бюро); СТАКО (комитет по изучению научных принципов стандартизации); КАСКО (комитет по оценке соответствия); ИНФКО (комитет по научно-технической информации); ДЕВКО (комитет по оказанию помощи развивающимся странам); КОПОЛКО (комитет по защите интересов потребителей); РЕМКО (комитет по стандартным образцам).

### *Контрольные вопросы*

1. Что такое стандартизация и какова ее роль в современных условиях?
2. Какие принципы лежат в основе стандартизации?
3. Какие цели ставит и какие задачи решает стандартизация?
4. Какие существуют категории и виды стандартов?
5. Какова структура Российской службы стандартизации?
6. Какие функции выполняет национальный орган по стандартизации РФ?
7. Перечислите основные международные организации по стандартизации?

# РАЗРАБОТКА, ВНЕДРЕНИЕ И ОБРАЩЕНИЕ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ

Основные правила разработки и утверждения национальных стандартов предусмотрены в Федеральном законе «О техническом регулировании» (2003 г.). Программа разработки национальных стандартов разрабатывается и утверждается национальным органом по стандартизации. Разработчиком национального стандарта может быть любое лицо. При этом доступность информации для заинтересованных лиц должна быть обеспечена на всех этапах разработки стандартов.

### 13.1. ПОРЯДОК РАЗРАБОТКИ СТАНДАРТОВ

Целесообразность разработки каждого стандарта определяется потребностями промышленности, ожидаемым техническим и экономическим эффектом. Предварительно подбирают и анализируют данные научно-технической литературы, производственный опыт. На их основе устанавливают тенденции развития, потребности промышленности. Проводят тщательный анализ мирового опыта, оценивая уровень показателей качества стандартизуемых объектов. Подбирают номенклатуру показателей качества, необходимую и достаточную для всесторонней и полной характеристики изделия.

На основании заявок национальный орган по стандартизации формирует программу разработки национальных стандартов и обеспечивает ее доступность заинтересованным лицам для ознакомления.

Дальнейшая работа включает следующие этапы: составление технического задания, разработку проекта стандарта, представление окончательного варианта проекта для принятия решения, принятие стандарта, регистрацию, издание и распространение документа.

Принятый стандарт подлежит регистрации, информация о которой публикуется в соответствующих печатных изданиях и в электронно-цифровом виде в информационных системах общего пользования. Национальный орган по стандартизации периодически публикует перечни стандартов, которые могут на добровольной основе применяться для соблюдения требований технических регламентов.

Стандарты должны соответствовать современным достижениям передового отечественного и зарубежного опыта, и, поскольку срок их действия не устанавливается, необходимо своевременно обновлять нормативные документы.

Все субъекты хозяйственной деятельности, которым дано пра-

во разработки, обновления и отмены стандартов, обязаны информировать национальный орган по стандартизации о проделанной работе и ее результатах.

### **13.2. ОБОЗНАЧЕНИЕ И СРОК ДЕЙСТВИЯ СТАНДАРТОВ**

Обозначение нормативного стандартного документа состоит из индекса, регистрационного номера, года утверждения или пересмотра стандарта (последние цифры после знака «—»), наименования.

Для национальных стандартов России принят индекс ГОСТ Р, для межгосударственных — ГОСТ, для отраслевых — ОСТ, для стандартов предприятий — СТП, для стандартов научно-технических и инженерных обществ — СТО.

На титульном листе под наименованием посередине и на первой странице внизу слева указывается: «Издание официальное», а на обратной стороне титульного листа внизу — «Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Госстандарта России», поскольку при воспроизведении могут допущены ошибки.

На последней странице стандарта указываются номер УДК и группа, устанавливаемая по классификатору стандартов.

После регистрации в Госстандарте устанавливают дату их введения в действие с учетом мероприятий, необходимых для внедрения стандартов и технических условий.

В соответствии с Законом о техническом перевооружении сроки действия стандартов не устанавливаются. При необходимости стандарты могут обновляться, пересматриваться или отменяться. Причиной отмены стандарта, как правило, является прекращение выпуска продукции, производимой по данному стандарту. Необходимость пересмотра обычно связана со значительной корректировкой основных показателей качества продукции. Изменения, вносимые при обновлении стандарта, обычно касаются более прогрессивных требований к ней.

### **13.3. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПОНЯТИЙ В ОБЛАСТИ СТАНДАРТИЗАЦИИ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Повышению качества стандартов и других нормативно-технических документов, научно-технической и справочной литературы способствует однозначное понимание терминов. Международное сотрудничество и торговля также предъявляют повышенные требования к терминологии.



Только при единообразном понимании терминов возможно эффективное применение международных стандартов. Большое значение для гармонизации терминологии имеет издание терминологических стандартов на разных языках.

В ГОСТ Р 51074—2004 «Пищевые продукты. Информация для потребителей. Общие требования» приведены соответствующие термины с определениями.

В этом же документе в приложении А приведен перечень документов на термины и определения, применяемые в отраслях пищевой промышленности, а в приложении Б — определения для конкретных наименований продуктов, не вошедшие в нормативные документы.

#### *Контрольные вопросы и задания*

1. Каков порядок разработки и обращения нормативно-технических документов?
2. Каковы правила оформления стандартов?
3. Как обозначается нормативный стандартный документ?
4. С какой целью разрабатываются и используются стандарты на термины?
5. Выберите и выпишите из нормативных документов наиболее распространенные термины и определения.

## **Глава 14**

### **ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ**

*Метрология* (от греческих слов «метро» — мера, «логос» — учение) — это наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и требуемой точности.

В 1993 г. был принят закон Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений», устанавливающий правовые основы и регулирующий деятельность по изготовлению, выпуску, эксплуатации и ремонту средств измерений, а также защищающий права граждан от отрицательных последствий недостоверных результатов измерений.

Измерения — основа научных знаний, служат для учета материальных ресурсов, обеспечения требуемого качества продукции, совершенствования технологии, автоматизации производства, обеспечения безопасности труда и пр.

Можно выделить три главные функции измерений: учет продукции (по массе, размеру, объему), расход мощности, энергии и т. д.; определение физических величин, характеризующих состав и свойства продукции; измерение технических параметров с целью контроля и регулирования технологического процесса.

Важнейшим условием проведения измерений является согласованность их результатов независимо от того, где они были вы-

полнены, т. е. результаты измерений одинаковых величин, полученные в разных местах и с помощью различных измерительных средств, должны быть сопоставимы на уровне требуемой точности, для этого необходим высокий уровень метрологического обеспечения. В современных условиях метрологическое обеспечение — это комплекс научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерений.

В связи с этим все метрологические средства измерений требуют периодической поверки, которую выполняют на основе стандартизованных поверенных схем, методов и средств поверки.

## 14.1. МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ СЛУЖБА

Организационной основой метрологического обеспечения является государственная и ведомственная метрологическая служба.

Государственную метрологическую службу в России возглавляет Комитет Российской Федерации по стандартизации, метрологии и сертификации. Его деятельность направлена на решение научно-технических проблем метрологии и осуществление необходимых законодательных и контрольных функций, а именно: установление допущенных к применению физических величин, систем государственных эталонов, создание образцовых средств измерений, методов и средств измерений высшей точности; разработка государственных поверочных схем; определение физических констант и физико-химических свойств веществ и материалов, а также получение стандартных образцов этих веществ и материалов; разработка стандартных методов и средств испытаний и контроля, требующих высокой точности; разработка теорий измерений и методов оценки погрешностей; систематическая поверка мер и измерительных приборов; ревизия состояния средств измерений на предприятиях и в организациях.

В государственную метрологическую службу входят: главный центр метрологической службы (ВНИИМС), главные центры государственных эталонов, государственная служба стандартных образцов веществ и материалов (ГССО).

Метрологическая служба отрасли, которая носит название ведомственная, — важная составная часть метрологической службы страны. Она проводит повседневную систематическую работу в данной отрасли по обеспечению единства и достоверности измерений путем: повсеместного соблюдения требований нормативно-технических документов государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ); планомерного внедрения методик измерений, отвечающих требованиям производства и обеспечивающих выпуск продукции высокого качества; постоянного контроля за состоянием и правильностью применения средств измерений.

Важная роль в решении задач метрологического обеспечения производства отводится метрологической службе предприятия, которая осуществляет организационно-техническое руководство над работами по метрологическому обеспечению в цехах и лабораториях, а также непосредственно выполняет работы по метрологическому обеспечению.

В своей деятельности метрологическая служба предприятий и ведомств руководствуется действующим законодательством, методическими указаниями и рекомендациями Госстандарта России.

## 14.2. СРЕДСТВА И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ

*Средства измерений* — это технические средства, предназначенные для измерений и имеющие нормированные погрешности. К средствам измерений относятся меры и измерительные приборы: преобразователи, установки и системы.

По метрологическому назначению средства измерений делят на два вида — рабочие средства измерений и эталоны. *Рабочие средства измерений* применяют для определения параметров технических устройств, технологических процессов, окружающей среды и др. Рабочие средства могут быть лабораторными, производственными и полевыми. *Лабораторные средства измерений* — самые точные и чувствительные, а их показания характеризуются высокой стабильностью. *Производственные* — обладают устойчивостью к воздействию различных факторов производственного процесса: температуры, влажности, вибрации и пр., что может сказаться на достоверности и точности показаний приборов. *Полевые* — работают в условиях, постоянно изменяющихся в широких пределах внешних воздействий.

*Эталон* — это высокоточная мера, которая предназначена для воспроизведения и хранения единицы величины с целью передачи ее размера другим средствам измерения. Эталон, обеспечивающий воспроизведение единиц с наивысшей точностью, называется *первичным эталоном*. Эталон, обеспечивающий воспроизведение в особых условиях и заменяющий в этих условиях первичный, называют *специальным эталоном*. Первичный или специальный эталон, официально утвержденный в качестве исходного для страны, называют *государственным эталоном*. В России государственные эталоны утверждает Госстандарт РФ.

Международные эталоны хранят и поддерживают в Международном бюро мер и весов. Периодически национальные (государственные) эталоны сравнивают между собой для обеспечения достоверности, точности и единства измерений.

Для различных метрологических работ создаются *вторичные эталоны* единиц физических величин, значения которых устанавливают по первичному эталону. Вторичные эталоны по назначе-

нию подразделяют на эталоны-свидетели, эталоны-копии, эталоны сравнения и рабочие эталоны.

Определение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств называется *измерением*.

В зависимости от способа получения информации измерения могут быть прямые, косвенные, совокупные и совместные. *Прямые измерения* — это непосредственное сравнение физической величины с ее мерой (например: измерение длины линейкой, измерение температуры термометром).

*Косвенные* — это такие измерения, при которых искомое значение находят на основании известной зависимости между искомой величиной и величинами, определяемыми прямыми измерениями (например, определение плотности твердого тела по результатам измерений объема и массы).

*Совокупные* — это такие измерения, при которых искомое значение величины находят путем решения системы уравнений, составляемых по результатам нескольких прямых измерений какой-либо величины в различных сочетаниях.

*Совместными* называют измерения двух или нескольких неоднородных величин, производимые одновременно для определения зависимости между ними.

Существует множество методов измерений, и по мере развития науки и техники их число все увеличивается. *Методы измерений* — это совокупность приемов использования принципов и средств измерений. Среди прямых методов наибольшее распространение получили метод непосредственной оценки и метод сравнения с мерой.

### 14.3. ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ И ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Измерения как основной объект метрологии связаны как с физическими величинами, так и с величинами, относящимися к другим наукам.

*Физической величиной* называют одно из свойств физического объекта (явления, процесса), которое является общим в качественном отношении для многих физических объектов, отличаясь при этом только его количественным значением. Количественная оценка конкретной физической величины, выраженная в виде некоторого числа принятых для нее единиц, называется *значением физической величины*.

В зависимости от степени приближения к объективности принято различать истинное и действительное значения физической величины. *Истинное значение физической величины* — это такое значение, которое идеальным образом отражает в качественном и количественном отношении соответствующее свойство объекта.

Оно может быть получено только теоретическим путем. *Действительное значение физической величины* устанавливается экспериментальным путем и настолько приближается к истинному значению, что может быть использовано вместо него для данной цели.

Физические величины принято делить на основные и производные. Основные величины не зависят друг от друга, но могут служить основой для установления связей с другими физическими величинами, которые называют производными от них. Основным величинам соответствуют основные единицы измерений, а производным — производные единицы измерений. *Единица измерения* — это физическая величина, которой присвоено числовое значение, равное единице. Совокупность основных и производных единиц, относящихся к некоторой системе величин, образованная в соответствии с принятыми принципами, составляет *систему единиц физических величин*.

В 1960 г. Генеральная конференция по мерам и весам (ГКМВ) утвердила Международную систему единиц (систему СИ). В последующие годы были приняты дополнения и изменения, в результате чего на сегодняшний день в системе имеется семь основных единиц (метр, килограмм, секунда, ампер, кельвин, моль, кандела), дополнительные (радиан и стерадиан) и производные единицы физических величин. Международная система (СИ) — наиболее совершенная и универсальная система. Практически все крупнейшие международные организации включили ее в свои нормативные документы по метрологии.

В 1993 г. Законом РФ «Об обеспечении единства измерений» в установленном порядке были допущены к применению единицы величин Международной системы СИ. Кроме того, Правительством Российской Федерации наравне с единицами СИ допущены к применению и внесистемные единицы величин.

Размер метрических единиц, в том числе и единиц Международной системы (СИ), во многих случаях при применении неудобны: или слишком велики, или очень малы. Поэтому используют кратные и дольные единицы (например, десятичные кратные или дольные единицы, которые получают умножением исходных единиц на 10, возведенное в степень). Для образования наименования таких единиц используют соответствующие приставки.

#### *Контрольные вопросы*

1. Что такое метрология и какие задачи она решает?
2. Каковы структура и основные функции метрологической службы (государственной, предприятия)?
3. Каковы основные функции измерений?
4. Какие средства измерений вы знаете?
5. Что такое физическая величина, какие физические величины бывают?
6. Какие основные единицы измерений существуют?

## Глава 15

# КАЧЕСТВО ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Проблема качества во всех цивилизованных странах и во все времена имеет первостепенное значение. Право на получение товаров надежного качества и безопасных для здоровья человека является одним из важнейших прав граждан, закрепленных законодательным путем.

### 15.1. ПОНЯТИЕ О КАЧЕСТВЕ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ

Перед всеми отраслями народного хозяйства стоит задача обеспечения выпуска продукции, отвечающей по своим технико-экономическим показателям лучшим мировым образцам. Качество — один из факторов, который способствует решению поставленной задачи. Качество продукции объективно и не меняется от правильности или ошибочности его определения.

В соответствии с ГОСТ 15467 «Качество продукции — совокупность ее свойств и характеристик, которые придают ей способность удовлетворять обусловленные или предполагаемые потребности в соответствии с назначением».

Понятие «качество» относительно, противоречиво и неоднозначно. Одна и та же продукция, предназначенная для разных целей, в одном случае будет обладать высоким качеством, а в другом — неудовлетворительно низким. Например, ячмень с низким содержанием белка является хорошим сырьем для производства пива, но плохим для получения перловой крупы.

Понятие «качество» очень многогранно, и при оценке продукта с одной точки зрения он может быть удостоен высшей аттестации, тогда как полезность его для человека сомнительна. Например, высококачественные по торгово-товароведческим показателям водка или табак вряд ли могут быть отнесены к продуктам, полезным человеку. Такое же противоречие возникает при оценке качества продукции высшего сорта или высокой степени очистки, рафинации. Рафинированное растительное масло, соль «Экстра», хлебобулочные изделия из муки высшего сорта имеют высокие оценки по органолептическим показателям (внешнему виду, запаху, цвету, вкусу и т. д.), но содержат в своем составе гораздо меньше незаменимых веществ, например витаминов, пищевых волокон, минеральных веществ и др., чем в сыром масле, каменной соли, хлебе из муки 1-го или 2-го сорта. Таким образом, продукт высшего сорта не всегда полезен с биологической и физиологической точек зрения.

Свойства пищевой продукции — это ее объективные особенно-

сти, проявляющиеся при изготовлении, хранении, транспортировании и потреблении. Не все свойства продуктов составляют его качество, а только те, которые учитываются при потреблении. Основные свойства продовольственных товаров — это пищевая ценность, сохраняемость и технологические свойства.

## **15.2. ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЗАКОН О КАЧЕСТВЕ И БЕЗОПАСНОСТИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ**

В России действует ряд законов, регулирующих вопросы качества и безопасности, общие для всей продукции и товаров, а также конкретно для пищевых продуктов и отдельных видов. Это законы Российской Федерации «О защите прав потребителей» (1992 г.), «О стандартизации» (1993 г.), «О сертификации продукции и услуг» (1998 г.), «О государственном регулировании производства и оборота этилового спирта, алкогольной и спиртосодержащей продукции» (1999 г.), «О государственном контроле за качеством и рациональным использованием зерна и продуктов его переработки» (1998 г.), «О качестве и безопасности пищевых продуктов» (2000 г.) и др.

В Федеральном законе «О качестве и безопасности пищевых продуктов», принятом и вступившем в действие в 2000 г., приведены основные понятия и область распространения закона; правовое и государственное регулирование, полномочия Российской Федерации и ее субъектов в области обеспечения качества и безопасности пищевых продуктов, а также мера ответственности за нарушение настоящего закона.

Закон призван регулировать отношения в области обеспечения человека безопасными и качественными пищевыми продуктами. Он предписывает, какие пищевые продукты, материалы и изделия могут находиться в обороте (купля-продажа, экспорт, импорт, хранение и перевозка), а какие признаки делают пищевые продукты необоротоспособными. При этом некачественными и опасными для здоровья человека признаны пищевые продукты и изделия, не соответствующие требованиям нормативных документов и представленной информации, имеющие явные признаки недоброкачественности, не имеющие удостоверений качества и других сопроводительных документов, без установленных сроков годности или с истекшим сроком годности, а также не имеющие маркировки, содержащей информацию о товаре.

Законом предусмотрены нормы и правила, обеспечивающие необходимое качество и безопасность пищевых продуктов на всех стадиях — от разработки и постановки на производство до утилизации, а также административная, уголовная и гражданско-правовая ответственность за его нарушение.

### 15.3. КЛАССИФИКАЦИЯ И НОМЕНКЛАТУРА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА

Качество продукции как совокупность ее свойств определяется показателями. Показатель качества продукции — это количественная характеристика одного или нескольких свойств продукции. Даже самая простая продукция обладает большим количеством разнообразных свойств и может характеризоваться многочисленными и разнообразными показателями.

Показатели качества могут быть различными в зависимости от принятой классификации.

По количеству характеризующих свойств показатели могут быть единичными или комплексными. *Единичный* относится только к одному свойству, например, «размер» для плодов, овощей и другой продукции. *Комплексный* показатель учитывает несколько свойств, в состав которого входит несколько единичных показателей. Примером комплексного показателя может служить внешний вид продукции, подразумевающий оценку формы, окраски, чистоты и т. д.

В зависимости от того, к каким свойствам они относятся, показатели качества делятся на следующие виды:

*назначения*, характеризующие свойства продукции, определяющие ее функции и область применения;

*надежности (сохраняемости)*, характеризующие пригодность продукта к использованию в течение заданного срока хранения;

*эргономические*, отражающие взаимодействие системы человек — продукция;

*эстетические*, оценивающие информационную выразительность продукции, стабильность товарного вида, совершенство производственного исполнения, изображение фирменных знаков;

*безопасности*, обеспечивающие безопасность продукции для здоровья и жизни человека при ее потреблении;

*экономичности*, определяющие степень экономного использования сырья, материалов, топлива и энергии;

*технологичности*, отражающие возможность использования прогрессивных технологий;

*транспортбельности*, оценивающие степень использования объема тары, удобство загрузки-разгрузки, способность продукции сохранять потребительские свойства при перевозке;

*экологические*, указывающие на уровень вредных воздействий на окружающую среду в процессе производства, хранения, транспортирования и потребления продукции;

*патентно-правовые*, учитывающие возможность беспрепятственной реализации продукции за рубежом.

Показатели качества могут быть *определяющими* и *специфическими*. Определяющими показателями пользуются при оценке качества широкого спектра продукции. К ним относятся вкус, цвет, внешний вид и т. д. Специфические показатели используют при



оценке какого-либо одного вида сырья или готовой продукции. Примером специфических показателей могут быть длина пера проросшего лука-репки, позеленение картофеля, прочность макаронных изделий и т. д.

Для учета особенности оценки качества продукции на различных стадиях ее жизненного цикла используют *прогнозируемые, практические, производственные, эксплуатационные* показатели качества.

По методам определения показатели качества подразделяются на группы: *ботанико-физиологические, органолептические, физические, физико-химические, микробиологические и технологические*.

Развернутые номенклатуры потребительских свойств и показателей качества по отдельным группам продовольственных товаров разрабатываются и утверждаются на основе типовой номенклатуры. При этом из типовой номенклатуры отбираются, обосновываются и конкретизируются наиболее важные показатели для данной группы продукции. При отборе допускается как исключение, так и включение отдельных показателей качества продукции. Выбор номенклатуры потребительских свойств и показателей качества зависит от назначения товара и определяется стандартами. Так, например, для помидоров, предназначенных для промышленной переработки на томатопродукты, введен показатель «содержание сухих веществ», тогда как для помидоров, предназначенных для непосредственного потребления, этот показатель отсутствует.

Для разных целей оценки качества продукции пользуются разными наборами показателей. Например, при контроле качества готовой продукции в соответствии с нормативно-технической документацией приоритетное положение занимают показатели назначения, безопасности, эргономические и эстетические, а при разработке новых видов продукции в технических заданиях — показатели экономного расходования сырья и энергоресурсов, технологичности, транспортабельности и экологические.

Как уже отмечалось, различные свойства продукции могут находиться в противоречии друг с другом. Зачастую повышение органолептических, эргономических и эстетических показателей сопровождается ухудшением показателей экономного расходования материалов и энергоресурсов и технологичности. Поэтому производителю продукции приходится решать сложные задачи оптимизации, искивая способы улучшения отдельных свойств продукции без существенного снижения других.

#### **15.4. ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

*Сложившаяся в стране экономическая ситуация формирует новое отношение и заинтересованность производителей в выпуске высококачественной продукции. Деятельность, направленная на*

повышение качества продукции, позволяет не только удовлетворять постоянно растущие запросы потребителей, но и завоевывать сферы влияния на различных рынках внутри страны и за рубежом. Улучшение качества напрямую связано с повышением конкурентоспособности продукции при более низкой цене.

Чтобы не оказаться за пределами потребительского рынка, необходима постоянная работа по созданию продукции, отвечающей передовым достижениям науки и техники по техническим, эстетическим, эксплуатационным и другим свойствам при минимизации затрат сырья, материалов и ресурсов. В то же время с развитием научно-технического и социального прогресса проблема повышения качества становится более острой и многогранной. Производство становится все более сложным, требующим специально подготовленных высококвалифицированных специалистов. Последствия выпуска нестандартной продукции приводят к осязаемым материальным (переработка и утилизация брака) и моральным (потеря имиджа) потерям.

Анализ практической деятельности конкурентоспособных зарубежных и отечественных фирм показал целесообразность предотвращения появления несоответствий в качестве продукции путем поддержания параметров продукции на всех стадиях ее производства. Спросом на рынке пользуется только продукция высокого качества, тогда как низкокачественная продукция плохо реализуется даже по низким ценам.

На качество продукции влияют объективные и субъективные факторы, которые выявляются на разных этапах от изучения спроса на данную продукцию до оценки его удовлетворения. Среди объективных можно выделить факторы, формирующие и сохраняющие качество.

К факторам, формирующим качество продукции, относятся: маркетинг, в компетенцию которого входят сбор, анализ и доведение до производителя информации о запросах потребителей, а также привлечение внимания потребителей к предложениям производителя; уровень качества, заложенный в нормативно-технической документации на данную продукцию; сырье и материалы, используемые при производстве продукции; организация технологического процесса, включающая уровень оснащенности и автоматизацию производства, соблюдение технологического регламента (рецептур, режимов); контроль и управление качеством продукции в течение всего производственного цикла.

К факторам, сохраняющим качество продовольственной продукции, относятся тара и упаковочные материалы, условия и сроки транспортирования, хранения и реализации.

К субъективным факторам, формирующим и сохраняющим качество продукции, относят качество труда на всех этапах жизненного цикла продукции. Качество труда подразумевает профессиональное мастерство, общеобразовательный уровень, психологи-

ческий склад, личностные устремления и заинтересованность производителя в результатах труда. Одним из важных аспектов являются хорошие условия труда, позволяющие не только наиболее полно использовать возможности производства, но и сократить затраты и усилия для достижения необходимого уровня качества продукции.

#### *Контрольные вопросы*

1. Какие факторы влияют на качество пищевой продукции?
2. Какие законы регулируют вопросы качества и безопасности пищевых продуктов у нас в стране?
3. Что называют показателем качества продукции?
4. По каким критериям и на какие группы классифицируют показатели качества пищевых продуктов?
5. Чем руководствуются при подборе номенклатуры показателей качества для вновь разрабатываемой продукции?

## **Глава 16**

### **РОЛЬ СЕРТИФИКАЦИИ В ГАРАНТИРОВАНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ**

Современный рынок невозможен без точной, достоверной, объективной оценки качества и безопасности продукции. Из различных форм оценки качества наиболее общей и совершенной является сертификация, предусматривающая подтверждение соответствия товара требованиям, установленным техническими регламентами, стандартами или условиями договоров. Сертификация в переводе с латыни *certificatio* означает: «сделано верно», «уверенно».

Специально уполномоченный федеральный орган по техническому регулированию и сертификации защищает интересы потребителей, рынок своей страны от появления на нем некачественной, фальсифицированной продукции, ложной рекламы, искаженной информации и мошенничества.

#### **16.1. ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

Международной организацией по стандартизации (ИСО) совместно с Международной электротехнической комиссией (МЭК) был обобщен опыт ряда стран в организации сертификации и разработан комплекс методических материалов, в котором сформулированы основные термины и определения.

*Сертификация* — форма подтверждения соответствия объектов требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров.

*Обязательная сертификация* — подтверждение соответствия товара, работы, услуг требованиям технических регламентов. Перечень товаров, работ, услуг, подлежащих обязательной сертификации, определен законодательными актами РФ. Объектом обязательной сертификации может быть только продукция, выпускаемая в обращение на территории Российской Федерации.

*Добровольная сертификация* — проводится по инициативе юридических лиц и граждан на условиях договора между заявителем и органом по сертификации. Добровольная сертификация проводится для установления соответствия продукции национальным стандартам, стандартам организаций, системам добровольной сертификации и условиям договоров.

*Сертификат соответствия* — документ, выданный по правилам системы сертификации, подтверждающий соответствие продукции, работ, услуг установленным требованиям нормативных документов (техническим регламентам, стандартам, договорам).

*Знак соответствия* — защищенный в установленном порядке знак, применяемый (или выданный органом по сертификации) в соответствии с правилами системы сертификации, указывающий на то, что данная продукция (процесс, услуга) соответствует требованиям системы добровольной сертификации или национальному стандарту.

*Декларация о соответствии* — документ, в котором изготовитель (продавец, исполнитель) удостоверяет, что поставляемая (продаваемая) им продукция соответствует требованиям, установленным техническим регламентом.

*Система сертификации* включает совокупность участников, осуществляющих процедуру по правилам, установленным в этой системе.

*Система сертификации однородной продукции* — система, относящаяся к определенной группе продукции или совокупности видов продукции, объединенных общностью одного или нескольких свойств, возглавляемая *центральным органом системы сертификации*.

*Орган по сертификации (сертификационный центр, центр по сертификации)* — проводит сертификацию соответствия определенной продукции согласно области аккредитации.

*Испытательная лаборатория (испытательный центр)* — проводит общие испытания или отдельные виды испытаний определенной продукции согласно области аккредитации.

*Аккредитация испытательной лаборатории (органа по сертификации)* — процедура, посредством которой уполномоченный в соответствии с законодательными актами РФ орган официально признает возможность выполнения испытательной лабораторией или органом по сертификации конкретных работ в заявленной области.

*Способ (форма, схема) сертификации* — определенная совокупность действий, официально принятая в качестве доказательства соответствия продукции заданным требованиям.

*Государственный контроль (надзор) за деятельностью аккреди-*

*тованных органов по сертификации и испытательных лабораторий (за соблюдением правил сертификации) — проверка, осуществляемая с целью установления, что деятельность органов по сертификации и испытательных лабораторий продолжает соответствовать правилам системы.*

*Государственный контроль за сертифицированной продукцией — контрольная оценка соответствия, осуществляемая с целью установления, что продукция продолжает отвечать заданным требованиям, подтвержденным при сертификации.*

## **16.2. ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ И НОРМАТИВНАЯ БАЗА СЕРТИФИКАЦИИ**

Система сертификации РФ введена в действие с 1992 г. и функционирует под руководством Госстандарта России.

При разработке Системы сертификации РФ и соответствующих документов не только использован мировой опыт сертификации, но и учтены особенности экономики РФ и сложившаяся практика проверки соответствия качества продукции техническим нормам. Система сертификации РФ находится в тесном контакте с национальными и международными системами сертификации, что создает возможность заключения соглашений с другими странами в области сертификации и признание за рубежом российских сертификатов.

Функционирование Системы в области сертификации продуктов питания подкрепляется пакетом следующих законов: «О защите прав потребителей» (1992 г.), «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (1992 г.), «Об обеспечении единства измерений» (1993 г.), «О качестве и безопасности пищевых продуктов» (2000 г.), «О техническом регулировании» (2003 г.).

Нормативная база, используемая при обязательной сертификации, включает технические регламенты, международные и национальные стандарты, нормы по безопасности и другие документы, которые устанавливают требования к продукции. Имеется ряд ведомственных документов, предписывающих правила и порядок сертификации.

По мере развития системы сертификации в России перечень нормативных и законодательных документов постоянно пополняется, а сами документы уточняются и обновляются.

## **16.3. МЕЖДУНАРОДНЫЕ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОРГАНИЗАЦИИ ПО СЕРТИФИКАЦИИ**

Большинство промышленно развитых стран располагают всемирно признанными аккредитованными испытательными лабораториями или центрами, осуществляющими деятельность по сер-

тификации внутри своей страны, а также выполняющие сертификационные испытания по поручению третьих стран.

Скоординировать действия разных стран в области сертификации призваны международные и региональные системы и организации.

Международная организация по стандартизации (ИСО), Международная электротехническая комиссия (МЭК), Генеральное соглашение по тарифам и торговле (ГАТТ), Европейский союз (ЕС), Европейская экономическая комиссия при ООН (ЕЭК ООН), Европейский комитет по стандартизации (СЕН) и другие правительственные и неправительственные организации призваны создавать и совершенствовать нормативно-правовую базу сертификации продукции.

Организационно-методическое обеспечение сертификации продукции осуществляют Комитет по оценке соответствия ИСО (КАСКО), Международная организация по аккредитации испытательных лабораторий (ИЛАК), Европейская организация по испытаниям и сертификации (ЕОИС), Европейская организация по контролю качества (ЕОКК) и др.

#### **16.4. СТРУКТУРА СИСТЕМЫ СЕРТИФИКАЦИИ РФ**

Специально уполномоченный федеральный орган по техническому регулированию осуществляет государственную политику, разрабатывает и устанавливает общие правила по проведению сертификации на территории России; проводит государственную регистрацию систем сертификации и знаков соответствия, ведет их государственный Реестр; занимается международной деятельностью по взаимному признанию сертификатов и аккредитации органов и центров по сертификации.

Центральный орган системы сертификации организует, координирует работу и устанавливает правила процедуры и управления в возглавляемой им системе сертификации.

В основе организации работ по сертификации лежит создание систем сертификации однородной продукции, устанавливающих правила сертификации этой продукции с учетом особенностей ее производства, поставки, требований международных систем и соответствующих соглашений. Орган по сертификации проводит идентификацию продукции, сертифицирует ее, выдает сертификаты и предоставляет право на применение знака соответствия, а также приостанавливает их действие. Он должен быть независим, компетентен, иметь необходимые средства для проведения сертификации.

Орган по сертификации может осуществлять свою деятельность только при условии аккредитации его по установленным правилам. Если имеется несколько органов по сертификации од-

ной и той же однородной продукции, прошедших аккредитацию, то заявитель вправе проводить сертификацию в любой из них по своему усмотрению.

Официальное признание органов по сертификации, испытательных лабораторий удостоверяется аттестатом, зарегистрированным в государственном Реестре системы.

Завершающим звеном Системы сертификации РФ являются изготовители (продавцы и исполнители) продукции. В соответствии с международной практикой и российским законодательством ответственность за качество и безопасность товаров (работ и услуг) несет изготовитель (исполнитель), а продавец отвечает за наличие сертификата или знака соответствия у реализуемой им продукции.

## 16.5. ПРАВИЛА И ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ СЕРТИФИКАЦИИ

На правила и порядок проведения сертификации товаров (работ, услуг) в отдельных странах значительное влияние оказывают правовые, финансовые, торговые и другие условия. Однако для обеспечения возможности мирового признания они разрабатываются в соответствии с международными нормами и правилами.

Госстандарт России, возглавляющий Систему сертификации ГОСТ Р, утвердил следующие документы: «Порядок проведения сертификации продукции в РФ» (1996 г.); «Правила по проведению сертификации в РФ» (2000 г.); «Правила сертификации однородных групп продукции и услуг» (1999 г.).

В качестве примера последнего документа можно привести «Правила проведения сертификации пищевых продуктов и продовольственного сырья». Эти Правила предназначены для проведения как обязательной, так и добровольной сертификации пищевых продуктов и продовольственного сырья. Сертификация конкретных групп однородной пищевой продукции осуществляется в соответствии с прилагаемым к Правилам порядком сертификации следующих групп продукции. Пищевая продукция, подлежащая сертификации, классифицируется на 11 групп: зерно и продукты его переработки; хлебобулочные и макаронные изделия; растительное масло и продукты его переработки; мясо, мясная продукция, мясо птицы, яйца и продукты их переработки; рыба, нерыбные объекты промысла и продукты, вырабатываемые из них; молоко и молочные продукты; плоды, овощи и продукты их переработки; пищевые концентраты и крахмал; напитки, вина, коньяки, этанол питьевой и ликероводочная продукция; кондитерские изделия и продукты сахарной промышленности; продукция пчеловодства. Для продуктов детского питания порядок сертификации, подтверждаемые показатели, термины и классификация продук-

тов установлены «Правилами проведения сертификации пищевых продуктов и продовольственного сырья» и действуют до введения в установленном порядке отдельного документа по сертификации продуктов детского питания.

В соответствии с «Правилами проведения сертификации пищевых продуктов и продовольственного сырья», обязательная сертификация однородных групп пищевой продукции оформляется по двум формам: по документам Системы сертификации ГОСТ Р и по «Правилам сертификации продукции с использованием декларации о соответствии».

В настоящее время на предприятиях, перерабатывающих пищевое сырье, применяется вторая форма выдачи сертификата, так как сертификация продукции по документам Системы сертификации ГОСТ Р требует от предприятия более совершенных форм производства: наличия современных технологий, автоматизации производства, высокой организации труда, стабильного и высококвалифицированного кадрового состава.

В связи с изменениями, которые претерпевает законодательная база сертификации, по мере совершенствования нормативной базы и адаптации ее к международным правилам и нормам некоторые положения порядка и правил периодически уточняются. В частности, вступление в силу Федерального закона «О техническом регулировании» (2003 г.) повлекло за собой необходимость принятия соответствующих технических регламентов, нормативных документов и правовых актов, предусматривающих значительные нововведения в правила и порядок сертификации пищевых продуктов.

## **16.6. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ**

Как свидетельствует мировая практика, наивысших успехов в обеспечении стабильного и высокого качества выпускаемой продукции добиваются предприятия, внедрившие у себя на предприятии системы обеспечения качества. Такие системы являются комплексным сводом правил и мероприятий, направленных на обеспечение качества на всех этапах технологического процесса продукции. Сертификация продукции таких предприятий значительно упрощается, что влечет за собой такие позитивные изменения, как повышение конкурентоспособности, расширение рынка сбыта и др.

В 1987 г. ИСО была утверждена серия международных стандартов ИСО 9000, обобщающих опыт, накопленный в разных странах, международных организациях в области обеспечения качества продукции. Эти стандарты регулируют взаимовыгодные отношения между заказчиком и поставщиком, выполняя при этом



свои определенные функции: ИСО 9000 — дает руководящие указания по выбору и использованию стандартов в зависимости от конкретной ситуации в деятельности фирмы; ИСО 9001 — приводит модель для обеспечения качества при проектировании (разработке), производстве, монтаже и обслуживании; ИСО 9002 — освещает модель для обеспечения качества при производстве и монтаже; ИСО 9003 — описывает модель для обеспечения качества при окончательном контроле и испытаниях; ИСО 9004 — содержит методические указания для общего руководства качеством, определяет факторы, влияющие на качество продукции на всех стадиях ее жизненного цикла.

Внедрение этой серии стандартов не предусматривает стандартизацию системы обеспечения качества и может осуществляться, используя любую документацию — стандарты предприятий, технические и должностные инструкции, положения о подразделениях предприятия, государственные нормативные акты и пр.

Учитывая прогрессивный характер международных стандартов, в России их приняли для прямого использования в виде ГОСТ 40.9001 ... ГОСТ 40.9003. Область их применения охватывает все этапы создания продукции от первоначального определения спроса до конечного удовлетворения требований потребителя.

Стандарты ИСО являются рекомендательными. Необходимость их внедрения определяется самим предприятием. Первоочередное внедрение этих стандартов следует проводить на предприятиях, экспортирующих или планирующих поставлять продукцию на экспорт, и на совместных предприятиях, так как зарубежные потребители вправе проверить соответствие действующей системы обеспечения качества требованиям стандартов ИСО.

С 1973 г. в России разрабатывалась, в том числе и на предприятиях пищевой промышленности, и повсеместно внедрялась Комплексная система управления качеством продукции (КС УКП), что во многом обеспечивало выполнение положений стандартов ИСО. В настоящий момент эта система после соответствующих доработок может быть полностью приведена в соответствие с международными требованиями.

Систему обеспечения качества можно внедрять на предприятии в целом при выпуске однотипной продукции и по конкретным видам основной продукции.

Разработка и внедрение системы качества позволит предприятию повысить свой престиж на мировом рынке, расширить его экспортные возможности, увеличить доверие со стороны потребителей, упростить процедуру сертификации продукции, снизить издержки на оплату услуг по сертификации, получить оптимальную прибыль, что является основой стабильности производства, предприятия и отрасли в целом.

### *Контрольные вопросы*

1. *Что такое сертификация (обязательная и добровольная)?*
2. *Какова цель сертификации пищевой продукции и продовольственного сырья?*
3. *Какими основными понятиями пользуются при сертификации?*
4. *Какова правовая и нормативная базы сертификации?*
5. *Какова структура международной и российской систем сертификации?*
6. *Каким образом подтверждается качество и безопасность пищевых продуктов и продовольственного сырья в России?*
7. *В чем сущность системного подхода к управлению качеством продукции?*
8. *Какова роль международных стандартов ИСО серии 9000 в управлении качеством продукции?*

---

## Раздел IV

# СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ



## Глава 17

### ОСНОВНОЕ СЫРЬЕ

Производство пищевых продуктов связано с использованием различных видов сырья. При этом часть отраслей пищевой промышленности занята первичной переработкой сырья (мукомольно-крупяная, сахарная, крахмалопаточная, консервная и овощесушильная, спиртовая и др.), а часть — вторичной переработкой сырья (хлебопекарная, макаронная, кондитерская, дрожжевая и др.).

Широкий ассортимент продуктов, вырабатываемых пищевой промышленностью, обуславливает и использование огромного разнообразия сырья, различающегося по составу и свойствам.

В этой главе приведены общие характеристики, классификация, условия и сроки хранения различных видов сырья, используемого в производстве пищевых продуктов.

#### 17.1. ЗЕРНОВЫЕ КУЛЬТУРЫ

Зерно — важнейший продукт сельского хозяйства. Оно служит основным источником питания человека, кормовой базой продуктивного животноводства и сырьем для технического производства. Зерновые продукты являются основными продуктами питания в силу присущих им отличительных свойств: способности синтезировать большое количество сухих веществ (около 85 % всей массы), сохраняться в обычных условиях в течение нескольких лет без существенного изменения свойств, высокой транспортабельности и доступности. По количеству питательных веществ (белков, углеводов, а также минеральных веществ и витаминов группы В) продукты переработки зерна (мука, крупа, хлеб, макаронные изделия) составляют около 1/3 рациона питания человека, обеспечивая более половины энергетической ценности суточного рациона.

По химическому составу все зерновые культуры делят на три группы. К первой группе относится зерно, богатое крахмалом. Эта группа представлена хлебными (пшеница, рожь, ячмень, овес) и ложными (кукуруза, рис, просо и злаки из семейства гречишных) злаками.

Во вторую группу входят культуры, богатые белком. К этой группе относится семейство бобовых.

Третья группа объединяет масличные культуры, семена которых богаты жиром.

**Пшеница.** В России возделывают в основном два вида пшениц — мягкие и твердые, причем предпочтение отдают мягким, на их долю приходится более 90 % посевов и сборов. По срокам посева пшеница может быть яровой и озимой. Распространены как яровая, так и озимая мягкая пшеница.

У *мягкой пшеницы* зерно округлое, с хорошо заметной бородкой (опушение на конце зерна, противоположном зародышу), с ярко выраженной глубокой бороздкой, проходящей вдоль зерновки. Отношение длины зерна к его ширине составляет 2 : 1. Цвет зерна мягкой краснозерной пшеницы красновато-коричневый разных оттенков, цвет белозерной — светло-желтый. Консистенция зерна различная: чаще эндосперм частично стекловидный и мучистый, реже — стекловидный.

Мягкую пшеницу по технологическим (мукомольным и хлебопекарным) достоинствам делят на три группы — сильную, среднюю и слабую. *Сильной* называется пшеница определенных сортов, имеющая зерно с высоким (не менее 14 % СВ) содержанием белка, со стекловидностью не ниже 60 %. Мука из такой пшеницы образует упругоэластичное, неразжижающееся тесто, хлеб из нее получается большого объема с хорошим пористым мякишем.

*Слабой* называется доброкачественная пшеница, отличающаяся малым содержанием белка (менее 11 % СВ), в основном мучнистая (стекловидность менее 40 %). Слабая пшеница обладает низкими хлебопекарными качествами. Тесто из такой муки при брожении быстро ухудшает свои структурно-механические свойства, становится липким, мажущимся, а хлеб получается неудовлетворительного качества, небольшого объема и с плотным мякишем. Для улучшения слабых пшениц используют сильные пшеницы. В то же время из слабой пшеницы получают муку, вполне пригодную для производства мучных кондитерских изделий.

*Средняя* — наиболее распространенная пшеница, которая по своим свойствам занимает промежуточное положение между сильной и слабой. Она обладает хорошими хлебопекарными свойствами, но качественно улучшить слабую пшеницу не может.

*Твердая пшеница* значительно отличается от мягкой: она гораздо лучше противостоит осыпанию, меньше полегает под действием ветров и дождей, так как ее соломина имеет более толстые и прочные стенки. В отношении урожайности твердые пшеницы уступают мягким (озимым) сортам. Зерно твердой пшеницы более крупное, чем у мягкой, бородка развита слабо и не видна невооруженным глазом. Цвет зерновки желтый, стекловидность довольно высокая (до 90...100 %). Наибольшее распространение получили яровые формы твердой пшеницы. Твердую пшеницу по хлебопе-

карным свойствам на группы не разделяют. Зерно этой пшеницы в чистом виде имеет низкие хлебопекарные свойства, хлеб получается небольшого объема и с плотным мякишем. Клейковина твердой пшеницы отличается высокой упругостью и слабой растяжимостью. Твердые сорта пшеницы используются исключительно для получения макаронных изделий. Для изготовления макаронных изделий хорошего качества пригодны также некоторые сорта яровой мягкой пшеницы с высокой стекловидностью (не менее 60 %) и большим содержанием белка.

Из всех злаковых культур пшеница отличается наиболее высоким содержанием белка (9,2...26,8 %), однако он неполноценен из-за дефицита в нем лизина и метионина. Содержание белка в яровой пшенице выше, соответственно доля крахмала в нем ниже, чем в озимой. Существует закономерность в накоплении зерном пшеницы белковых веществ: количество белка возрастает по мере продвижения этой культуры с запада на восток и с севера на юг. Твердые пшеницы характеризуются большим содержанием белка, сахара, минеральных веществ и каротиноидов, чем мягкие.

**Рожь.** Рожь — вторая по значению зерновая культура после пшеницы. Используется в основном озимая культура. Она обладает ценными качествами: нетребовательна к почвенно-климатическим условиям, отличается скороспелостью, высокой урожайностью и зимостойкостью.

Форма, строение и химический состав зерна ржи имеют свои особенности. Узкое и длинное зерно ржи (отношение длины зерна к его ширине составляет 3,5 : 1) отличается меньшей массой и большей удельной поверхностью, чем зерно пшеницы, поэтому доля оболочек, алейронового слоя, зародыша у него больше, а доля эндосперма меньше. Оболочки с алейроновым слоем составляют около 20 %, зародыш — 3,7 % массы зерна. В связи с этим из зерна ржи можно получить меньше сортовой муки, чем из зерна пшеницы. Цвет зерна ржи чаще серо-зеленый, эндосперм обычно мучнистый, реже стекловидный. Общая стекловидность зерна ржи 30...40 %.

По сравнению с пшеницей рожь содержит меньше белка (в среднем 9...20 %), однако по химическому составу белки ржи более полноценны. Более полезна рожь и по минеральному составу: содержание калия, магния и кальция в ней больше, чем в пшенице. По свойствам белковых веществ и крахмала эти культуры существенно отличаются друг от друга. Белки ржи способны к неограниченному набуханию, при обычных условиях они не образуют клейковину. Крахмал ржи отличается более низкой температурой клейстеризации, в зерне ржи содержится  $\alpha$ - и  $\beta$ -амилазы, поэтому крахмал при приготовлении ржаного хлеба легче гидролизуются и ржаной хлеб медленнее черствеет, чем пшеничный. В зерне ржи содержится почти в два раза больше сахаров (мальтозы, глюкозы,

сахарозы), чем в пшенице, и сравнительно много слизистых веществ (до 2,8 %). Последние являются высокомолекулярными полисахаридами и обладают способностью поглощать большое количество воды, образуя вязкие коллоидные растворы. Эти вещества оказывают влияние на свойства теста и хлеба из ржаной муки: тесто и мякиш такого хлеба более липкие, мякиш хлеба более влажный, чем у пшеничного.

Рожь используется для получения муки и солода.

**Ячмень.** В России ячмень занимает второе место по объему производства зерна после пшеницы. Различают озимые и яровые сорта ячменя. Однако в основном выращивают яровые сорта, отличающиеся коротким вегетационным периодом (70 дней). Зерно ячменя пленчатое, на долю пленок приходится 9...14 % массы зерна. Под цветочными пленками находятся более тонкие, чем в зерне пшеницы, плодовые и семенные оболочки, в состав которых, как и в цветочные пленки, входят клетчатка и пентозаны. Алейроновый слой состоит из 2...3 рядов крупных толстостенных клеток. Такое строение алейронового слоя сказывается на высокой прочности зерна и повышенном содержании клетчатки и минеральных веществ в ячменной муке и крупе. Эндосперм ячменя может быть мучнистым, полустекловидным и стекловидным. По содержанию белка (7...25 %) и сахаров ячмень занимает промежуточное положение между пшеницей и рожью. Белки ячменя хотя и на немного, но более полноценны, чем белки пшеницы. Из муки некоторых сортов ячменя можно, используя теплую воду, отмыть короткорвущуюся клейковину серого цвета. В оболочках и пленках ячменя содержатся горькие и дубильные вещества, поэтому при получении крупы их удаляют.

Ячмень используют для получения муки, крупы, пива, солода, спирта, солодовых экстрактов и ячменного кофе. Для приготовления хлеба ячмень используется только в тех районах (северных), где выращивание других злаков затруднено. Хлеб из такого зерна получается низкого качества, быстро черствеет, поэтому ячменную муку лучше применять в качестве добавки к пшеничной муке. Для выработки муки и крупы используют стекловидный или полустекловидный ячмень, а для получения пива — мучнистый.

**Овес.** Эта культура продовольственная и фуражная. Овес отличается скороспелостью, его зерно узкое и длинное, пленчатое, белого или желтого цвета, имеет опушение, покрывающее всю его поверхность. Цветочные пленки толстые. В состав овса входят клетчатка, пентозаны и минеральные вещества (25...43 % массы зерна). Эндосперм овса белого цвета, мучнистый, содержит много клетчатки. Очень мелкие крахмальные зерна овса соединены в более крупные образования. Содержание крахмала в зерне невелико (25...40 %). Белок овса наиболее полноценный из всех злаковых, особенно по содержанию лизина. Овес отличается высоким содер-

жанием минеральных веществ, которые представлены в основном соединениями фосфора, и жира (до 10 %). Высокое содержание жира в этой культуре ухудшает стойкость продуктов его переработки при хранении. В состав овса входят гummies — растворимые в воде углеводы, образующие вязкие растворы. Они влияют на свойства овсяной крупы. Овес используется для производства солода, различных видов крупы, толокна, диетических продуктов и продуктов детского питания. Овсяная мука употребляется также для приготовления киселей и печенья.

### 17.1.1. СТАНДАРТЫ НА ЗЕРНО

На все злаковые культуры утверждены соответствующие стандарты. На пшеницу установлен один стандарт: ГОСТ 9353—90 «Пшеница. Технические условия», на рожь и ячмень — несколько стандартов в зависимости от требований, предъявляемых к зерну в соответствии с его целевым назначением.

ГОСТ 9353—90 распространяется на зерно пшеницы, заготавливаемое государственной заготовительной системой, а также поставляемое на кормовые цели и для выработки комбикормов. Стандарт предусматривает деление пшеницы на типы и подтипы по ботаническим признакам, цвету и стекловидности, а также деление на классы, кроме того, в нем приводятся технические требования, в которых указываются базисные и ограничительные нормы для заготавливаемой пшеницы, требования к пшенице, используемой на кормовые цели и для выработки комбикормов, состав основного зерна и различных примесей. Стандарт содержит правила приемки, транспортирования, хранения зерна и методы определения его качества.

При оценке качества зерна определяют органолептические (цвет, запах и вкус) и физико-химические (влажность, засоренность, количество испорченных и поврежденных зерен, зараженность вредителями хлебных запасов, стекловидность, натура, типовой состав, количество и качество клейковины) показатели.

### 17.1.2. МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА, АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И СОСТАВ ЗЛАКОВЫХ КУЛЬТУР

Зерно различных злаковых имеет ряд общих морфологических признаков: мочковатый корень, листья ланцетовидной формы, стебель — соломину, разделенную узлами-перегородками на несколько частей (междоузлий). Соломина может быть пустотелой, но чаще всего заполнена рыхлой тканью — паренхимой, как, например, у кукурузы и сорго. Цветки собраны в соцветия. У одних зерновых культур (пшеница, рожь, ячмень) они представляют

сложный колос, отдельные колоски которого находятся на выступах стержня колоса, у других (просо, овес, рис, сорго) — метелку. Соцветия кукурузы имеют особое строение, так как она является раздельнополым растением. Мужские соцветия имеют форму метелки, а женские — форму початка. Плод хлебных злаков — зерновка.

Злаковые культуры могут быть голозерными (пшеница, рожь) и пленчатыми (ячмень, овес и др.). У голозерных культур при обмолаоте цветочные пленки остаются на колосе или початке и в муку не попадают; у пленчатых — прочно срастаются с зерновкой и при помоле не удаляются.

Строение и состав зерновки злаковых культур рассмотрим на примере зерна пшеницы, так как оно типично для всех злаков. Зерно (рис. 17.1) состоит из следующих анатомических частей: зародыша 1, эндосперма 2, алейронового слоя 3 и оболочек 4.

Оболочки делятся на плодовую и семенную, каждая из которых состоит из нескольких слоев клеток, причем один из слоев семенной оболочки содержит красящие вещества и определяет цвет зерна. Плодовая оболочка сравнительно легко удаляется, в то время как семенная прочно срастается с находящимся под ней алейроновым слоем. Оболочки предохраняют зерно от повреждений и состоят в основном из клетчатки и минеральных веществ. В зерне пшеницы на долю плодовых и семенных оболочек приходится 6...8 % его массы.

Алейроновый слой, называемый иногда оболочкой эндосперма, представляет собой один ряд очень крупных толстостенных клеток. Стенки клеток состоят из клетчатки, а их внутреннее пространство заполнено питательными веществами, из которых половина приходится на белок, а другая половина включает в основном жир и жироподобные вещества, а также некоторое количество минеральных веществ, сахаров, водорастворимых витаминов и ферментов. Крахмала в этом слое нет. Алейроновый слой, масса которого составляет 4...9 % массы зерна, играет важную роль при доставке питательных веществ развивающемуся молодому зерну.

Эндосперм, или мучнистое ядро, занимает всю внутреннюю часть зерна (до 85 % его массы). Он состоит из крупных тонкостенных клеток, заполненных зернами крахмала,

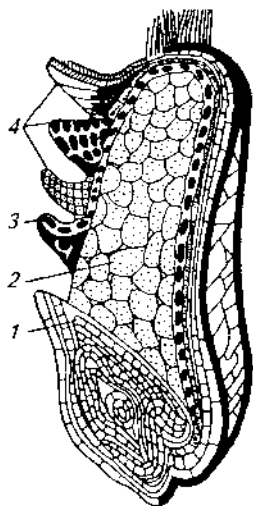


Рис. 17.1. Продольный разрез зерна пшеницы:

1 — зародыш; 2 — эндосперм; 3 — алейроновый слой; 4 — оболочки



которые окружены частицами белка. Весь крахмал зерна равномерно сосредоточен в эндосперме. Белки распределены в эндосперме неравномерно: наибольшее их количество содержится в его периферийных частях. Других составляющих (жир, зола, сахара и клетчатка) в эндосперме немного, наряду с белками они находятся в крайних частях эндосперма. Эндосперм — самая ценная часть зерна, из которого получают муку высших сортов. Чем больше эндосперма в зерне, тем больше выход муки (количество муки, полученное из 100 частей зерна). Эндосперм может быть стекловидным, полустекловидным и мучнистым. Стекловидная пшеница отличается от мучнистой более высоким содержанием белка и физическими свойствами — большей плотностью и твердостью. При переработке в муку такая пшеница дает больший выход муки высших сортов.

Зародыш отделен от эндосперма щитком. Несмотря на небольшие размеры (2...3 % массы зерна), зародыш является наиболее важной составной частью зерна, так как в нем находятся первичные органы развития нового растения. Зародыш богат питательными веществами: белками, сахарами, жирами, витаминами и ферментами (примерно половина всех витаминов зерна находится в зародыше). Несмотря на высокую пищевую ценность зародыша, при помеле стараются как можно лучше отделить его от муки, так как он богат жиром, содержащим большое количество непредельных жирных кислот, склонных к прогорканию на воздухе. Мука, не освобожденная от зародыша, будет нестойкой при хранении и сравнительно быстро портиться.

Химический состав зерна (табл. 17.1) одной и той же культуры колеблется в широких пределах в зависимости от почвенно-климатических условий, агротехнических мероприятий и генетических особенностей сорта.

Таблица 17.1

Средний химический состав основных зерновых культур

Культура	Вода	Белки	Жиры	Моно- и дисахариды	Крахмал и декстрины	Клетчатка	Зола	Витамины		
								В <sub>1</sub>	В <sub>2</sub>	РР
г на 100 г								мг на 100 г		
Пшеница:										
мягкая озимая	14,0	11,6	2,11	1,2	53,7	2,4	1,7	0,41	0,17	5,04
мягкая яровая	14,0	12,7	2,31	0,9	52,4	2,5	1,7	0,46	0,13	7,13
твердая	14,0	12,5	2,84	0,8	54,9	2,3	1,8	0,37	0,10	4,94
Рожь	14,0	9,9	2,18	1,5	54,0	2,6	1,7	0,44	0,20	1,30
Ячмень	14,0	11,5	2,41	1,3	50,1	4,3	2,4	0,33	0,13	4,48
Овес	13,5	10,2	6,21	1,1	36,1	10,7	3,2	0,48	0,12	1,00
Рис	14,0	7,3	2,53	0,9	55,2	9,0	4,6	0,34	0,08	3,82
Гречиха	14,0	11,6	3,22	1,2	54,9	10,8	1,8	0,30	0,14	3,87
Просо	13,5	11,2	3,93	1,3	54,7	7,9	2,9	0,32	0,07	2,85
Кукуруза	14,0	10,3	4,85	1,5	56,9	2,1	1,2	0,38	0,14	2,10
Горох	14,0	23,0	2,04	4,6	46,5	5,7	2,8	0,81	0,15	2,20

Из приведенных данных видно, что в зерне злаков больше всего содержится углеводов, а из углеводов первое место принадлежит крахмалу. Из сахаров в зерне присутствуют преимущественно сахароза и в очень небольших количествах мальтоза, глюкоза и фруктоза. В проросшем зерне количество редуцирующих сахаров резко возрастает. Стенки растений состоят из клетчатки и гемицеллюлоз — основных структурных элементов клеток, содержание которых зависит от вида злака: у голозерных их количество невелико, а у пленчатых может достигать 10 % и более. Клетчатка вместе с минеральными веществами содержится в основном в оболочках и алейроновом слое, определяя зольность зерна. Примерно половина зольных элементов представлена соединениями фосфора, одна треть — соединениями калия, а остальная часть распределена между кальцием, магнием, железом, натрием и другими элементами.

Содержание жира в злаковых культурах, как правило, невелико. Основную массу азотистых веществ в зерне составляют белки, которые содержатся главным образом в эндосперме (около 65 % всего количества белка), а также в алейроновом слое (около 20 %) и зародыше (менее 10 %). Наиболее полноценными белками являются белки зародыша, меньшую ценность представляют белки эндосперма. Некоторые белки, в основном белки пшеницы, при поглощении воды могут образовывать упругоэластичныйгель — клейковину, которая определяет объем и пористость хлеба.

Витамины зерна представлены в основном группой В (В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub> и РР), в ограниченном количестве содержатся витамины В<sub>6</sub>, Е, биотин и др. Они локализируются в зародыше, алейроновом слое и в очень небольшом количестве в эндосперме. Это значит, что чем выше сорт муки, тем меньше в ней содержится витаминов, тем она менее ценна в пищевом отношении.

### **17.1.3. СОЗРЕВАНИЕ И ПОСЛЕУБОРОЧНОЕ ДОЗРЕВАНИЕ ЗЕРНА**

Сущность процесса созревания зерна состоит в том, что растворимые в воде низкомолекулярные вещества (аминокислоты, сахара и др.), образовавшиеся в зеленых листьях и стеблях, перемещаются в зерно. Сахара, находившиеся в зерне на его ранних стадиях созревания, превращаются в крахмал и гемицеллюлозу, из свободных аминокислот синтезируются белки, идет формирование клейковины. По мере созревания зерна пшеницы количество и качество клейковины меняются. Клейковина укреплается. В это же время происходит накопление жира, а активность ферментов постепенно падает.

Свежеубранное зерно имеет пониженные семенные и технологические качества. Полная физиологическая зрелость зерна, при

которой оно отличается наивысшей всхожестью и энергией прорастания, наступает через некоторое время в процессе его хранения. Этот период называется *периодом послеуборочного дозревания*. На этой стадии в зерне продолжают те процессы, которые начались при его созревании, в результате завершается синтез белка, крахмала, жира, уменьшается активность ферментов, снижается интенсивность дыхания. Наступает состояние покоя. В ряде случаев отмечалось улучшение технологических показателей зерна, например, в пшенице возросло содержание сырой клейковины и улучшались ее свойства.

Зерно наиболее быстро дозревает при низкой влажности, температуре 15...30 °С и выше и свободном притоке воздуха к семенам. Кислород не только ускоряет этот процесс, но и ведет к удалению диоксида углерода, образующегося при дыхании зерна и замедляющего эту стадию. При благоприятных условиях хранения процесс послеуборочного дозревания пшеницы требует 1,0...1,5 мес, а при искусственной сушке его можно сократить до 2...3 нед.

#### 17.1.4. ХРАНЕНИЕ ЗЕРНА

Зерно может храниться в течение нескольких лет. Основным условием хранения являются определенная влажность зерна (не выше 14 %), своевременное проветривание зерновой массы, при котором влажный и теплый воздух хранилища заменяется наружным холодным и сухим.

Нормальным процессом жизнедеятельности зерна при хранении является дыхание. Различают два вида дыхания — аэробное и анаэробное. Преобладающей формой является аэробное дыхание. При любом виде дыхания идет распад сахаров, образовавшихся за счет гидролиза крахмала, с выделением определенного количества энергии. Часть энергии расходуется для внутриклеточной работы, а другая часть выбрасывается в окружающую среду. Сухое созревшее зерно отличается слабой интенсивностью аэробного дыхания, что ведет к сохранению его свойств. При повышенных температуре и влажности интенсивность дыхания возрастает, увеличиваются потери сухого вещества, в зерне накапливается свободная влага, повышается его температура, что создает благоприятные условия для самосогревания и порчи зерна, а также для развития микроорганизмов.

При хранении зерно может прорасти за счет попадания в него капельно-жидкой влаги, в результате чего резко возрастает активность ферментов, происходит гидролиз белков, жиров, крахмала до низкомолекулярных соединений, в итоге хлебопекарные свойства зерна резко снижаются. Прорастание сопровождается интенсивным дыханием зерна и большими потерями сухих веществ (до 50 % и более). Единственным фактором, тормозящим этот про-

цесс, является низкая влажность зерна. Прорастание зерна при хранении недопустимо.

Ухудшение качества зерна при хранении может происходить вследствие его зараженности вредителями хлебных запасов. Наиболее часто зерно повреждается жуками, клещами, реже — гусеницами бабочек. Жуки — наиболее опасные вредители, так как зерном питаются сам жук и его личинка, живущая в зерне. При заражении бабочками основной вред причиняют их гусеницы, поедающие зерно. Клещи отличаются малыми размерами (до 1 мм) и способностью к быстрому размножению, они повреждают зародыш и эндосперм. Все вредители засоряют зерно продуктами своей жизнедеятельности. Пониженные температура и влажность замедляют их развитие. Заражение зерна вредителями хлебных запасов можно предотвратить. Для этого необходимо своевременно очищать, сушить и хранить зерно в чистых, обеззараженных складах, создавая оптимальные условия для хранения.

### 17.1.5. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ЗЕРНОВОЙ МАССЫ

В качестве объекта хранения и переработки рассматривают не просто зерно, а зерновую массу.

Любая зерновая масса состоит из зерна основной культуры, примесей, микроорганизмов, вредителей и воздуха в межзерновом пространстве. Зерновую массу рассматривают как физическое тело, обладающее определенными физическими свойствами, которые играют важную роль при транспортировании, обработке и хранении зерна.

**Сыпучесть.** Благодаря сыпучести зерновую массу можно легко перемещать механическим и пневмотранспортом, а также самотекком, заполнять емкостью любой конфигурации и свободно выгружать. Сыпучесть связана с неоднородностью зерна. С увеличением влажности зерновой массы и засоренности ее легкими примесями сыпучесть снижается. Сыпучесть проявляется при самосортировании зерна. При перевозках, передвижении зерна по транспортерам, при хранении в силосах в результате толчков нарушается однородность зерновой массы: легкие фракции оказываются на поверхности зерна, а тяжелые — внизу.

**Скважистость.** Характеризуется наличием в зерновой массе межзерновых скважин, заполненных воздухом. Скважистость (%)

$$S = (A - a)100/A,$$

где  $A$  — общий объем зерновой массы,  $\text{см}^3$ ;  $a$  — истинный объем твердых частиц зерновой массы,  $\text{см}^3$ .

Величина  $S$  меняется в широких пределах: от 30 % у проса до 35...45 % у ржи, пшеницы и 80 % у семян подсолнечника.

Благодаря скважистости зерновую массу можно продувать воздухом, что способствует понижению температуры и влажности, обновлению состава воздуха межзернового пространства, ликвидации процесса самосогревания, а также обрабатывать ее парами различных отравляющих веществ для дезинсекции с целью уничтожения вредителей хлебных запасов.

**Аэродинамические свойства.** Каждая частица зерновой массы имеет свою скорость витания, под которой понимается такая скорость воздушного потока, при которой частица удерживается во взвешенном состоянии. На скорость витания влияет плотность отдельных составляющих зерновой массы. Способность частицы сопротивляться воздушному потоку называется *парусностью*. Разница в скоростях витания основной культуры и легких примесей позволяет использовать воздушный поток для очистки зерна от примесей.

**Сорбционные свойства.** Зерно обладает способностью поглощать (сорбировать) пары различных веществ и газов из окружающей среды. Сорбционные свойства связаны со скважистостью зерновой массы и капиллярно-пористой коллоидной структурой зерна, т. е. наличием в зерне макро- и микрокапилляров, увеличивающих его активную поверхность. Эти свойства играют важную роль в процессах влагообмена зерна с окружающей средой, а также при его перевозках и хранении, поэтому хранилища и транспортирующие средства не должны иметь посторонних запахов.

**Теплофизические свойства.** Зерновая масса характеризуется низкой теплопроводностью и теплоемкостью, что связано с ее органическим составом и наличием воздуха в межзерновом пространстве, который является плохим проводником теплоты. С точки зрения сохранности зерновых масс эти свойства имеют как положительное (охлажденное зимой зерно длительное время остается холодным), так и отрицательное (в результате микробиологических процессов и дыхания самого зерна теплота не выделяется в окружающую среду, в результате чего могут возникнуть очаги самосогревания) значение.

Зерновая масса отличается термовлагопроводностью, т. е. способностью к перемещению влаги за счет градиента температур, при этом на отдельных участках может появиться конденсационная влага. Это явление иногда достигает таких размеров, что может привести к набуханию и даже прорастанию зерна.

## 17.2. МУКА

### 17.2.1. КЛАССИФИКАЦИЯ МУКИ

Мука — важнейший продукт переработки зерна. Ее классифицируют по виду, типу и сорту.

Вид муки определяется той зерновой культурой, из которой она получена (пшеничная, ржаная, ячменная, овсяная, рисовая,

кукурузная, соевая, гречневая). Наряду с мукой, получаемой из зерна какой-либо одной культуры, возможно производство муки из смеси зерна различных культур (например, из смеси пшеницы и ржи получают пшенично-ржаную муку).

Пшеничную муку в зависимости от целевого назначения подразделяют на макаронную, хлебопекарную и общего назначения. Макаронную муку получают помолом твердой или высокостекловидной (не ниже 60 %) мягкой пшеницы. Причем в твердой пшенице допускается содержание мягкой не более 15 %. Макаронная мука отличается большим выходом сырой клейковины, относительно малой влагоемкостью. Пшеничная хлебопекарная и мука общего назначения вырабатывается из мягкой пшеницы или с добавлением до 20 % твердой пшеницы (дурум).

Пшеничная хлебопекарная мука может выпускаться шести сортов: экстра, высший, крупчатка, первый, второй и обойная. Сорт муки является основным качественным показателем муки. Сорт муки связан с ее выходом, т. е. количеством муки, получаемой из 100 кг зерна. Выход муки выражается в процентах. Чем больше выход муки, тем ниже ее сорт.

Пшеничная мука общего назначения предназначена для выпуска мучных кондитерских и кулинарных изделий, а также для производства хлеба и хлебобулочных изделий с использованием хлебопекарных улучшителей, если в муке содержится пониженное количество клейковины. Пшеничная мука общего назначения в зависимости от массовых долей золы, сырой клейковины, а также крупности помола подразделяют на типы: М 45—23; М 55—23; МК 55—23; М 75—23; МК 75—23; М 100—25; М 125—20; М 145—23. Буква «М» обозначает, что получена мука из мягкой пшеницы, буквы «МК» — из мягкой пшеницы крупного помола. Первые цифры обозначают содержание наибольшей массовой доли золы в муке в пересчете на сухое вещество в процентах, умноженное на 100; а вторые — наименьшее содержание массовой доли сырой клейковины в муке в процентах.

Из зерна ржи вырабатывают муку трех сортов: сеяную, обдирную и обойную. Кроме того, из смеси пшеницы и ржи выпускают два сорта муки типа обойной: пшенично-ржаную (соотношение пшеницы и ржи 70 и 30 %) и ржано-пшеничную (соотношение ржи и пшеницы 60 и 40 %).

### 17.2.2. СТАНДАРТЫ НА МУКУ

ГОСТ Р 52189—2003 на муку пшеничную предусматривает оценку ее качества по органолептическим и физико-химическим показателям. К органолептическим показателям относят цвет, запах, вкус, наличие минеральной примеси. Цвет муки должен быть белым с разными оттенками в зависимости от сорта; запах и вкус должны быть свойственны нормальной муке: запах — без посто-

ронних запахов, не затхлый, не плесневелый, вкус — без посторонних привкусов, не кислый, не горький. Наличие минеральных примесей определяется при разжевывании муки, при этом не должен ощущаться хруст.

К физико-химическим показателям качества муки относят массовые доли влаги, золы, сырой клейковины и ее качество, крупность помола и число падения (ЧП).

Массовая доля влаги имеет важное значение, так как по ней устанавливают выход хлеба. Содержание влаги влияет на сохранность муки и ее энергетическую ценность. Базисная влажность, на которую планируется выход изделий, равна 14,5 %. Максимально допустимое значение массовой доли влаги в муке 15 %.

Зольность муки является основным показателем, определяющим ее сорт. Минеральные вещества распределены в зерне неравномерно: главная их масса находится в оболочках и зародыше, поэтому мука сорта экстра и высшего, представляющая практически чистый эндосперм, характеризуется невысоким содержанием золы (соответственно не более 0,45 и 0,55 %). Мука крупчатка, I и II сортов имеют зольность соответственно не более 0,6; 0,75 и 1,25 %. Наибольшая массовая доля золы у обойной муки — не более 2,0 %, так как в ней содержится максимальное количество периферийных частиц зерна.

Крупность помола определяется размером частиц муки. Чем выше сорт муки, тем она мельче. Хлеб лучшего качества получается из муки с равномерной крупностью и оптимальными размерами частиц. Крупность помола определяют путем просеивания муки на ситах определенных размеров и оценивают ее (%) по количеству прохода через сито и количеству остатка на сите.

Массовая доля сырой клейковины в пшеничной муке должна быть не ниже определенных значений: для муки сортов экстра и высшего — не менее 28 %, для крупчатки и I сорта — 30 %, для II сорта — 25 %, для обойной — 20 %. По качеству клейковина должна быть не ниже второй группы (в условных единицах прибора ИДК).

Число падения характеризует амилотическую активность муки, что значительно повышает эффективность предварительной оценки ее хлебопекарных свойств. Число падения для обойной муки должно быть не менее 160 с, а для других сортов хлебопекарной муки — не менее 185 с.

Содержание металломагнитных примесей в муке не должно превышать 3 мг на 1 кг, зараженность вредителями хлебных запасов не допускается.

Кислотность не является обязательным показателем качества, ее определение стандартами не предусмотрено. Однако она широко применяется для контроля качества муки. Кислотность муки влияет на кислотность теста и хлеба. Она характеризует свежесть муки и условия ее хранения. При хранении кислотность муки воз-

растает, особенно при повышенных температуре и влажности воздуха. Кислотность зависит от сорта муки: у низших сортов она больше, чем у высших.

Для оценки пригодности муки для получения качественного хлеба определяют ее хлебопекарные свойства, к которым относят газообразующую способность муки, «силу» муки, ее цвет и способность к потемнению.

Газообразующая способность муки характеризуется количеством диоксида углерода, выделившегося за 5 ч брожения теста, приготовленного из 100 г муки, 60 мл воды и 10 г прессованных дрожжей. Она зависит от содержания собственных сахаров муки и ее сахаробразующей способности. Для муки нормального качества газообразующая способность составляет 1300...1600 мл  $\text{CO}_2$ .

«Сила» муки — способность образовывать тесто, обладающее определенными структурно-механическими свойствами, зависит от количества и качества клейковины.

Цвет муки зависит от цвета эндосперма зерна, а также цвета и количества отрубистых частиц (т. е. зародыша и алейронового слоя) зерна в муке. Способность муки к потемнению в процессе ее переработки связана с образованием меланинов за счет действия полифенолоксидазы на свободный тирозин. Хлебопекарная мука не должна темнеть в процессе ее переработки.

### 17.3. СОЛОД

Солод представляет собой зерна злаковых культур, пророщенные и высушенные в специальных условиях. При проращивании зерна в нем резко увеличивается активность гидролитических ферментов, в первую очередь расщепляющих углеводы и белки с образованием соответственно сахаров и аминокислот. По количеству образовавшихся водорастворимых веществ на этой стадии судят об экстрактивности солода — одном из важнейших показателей качества. В зависимости от вида солода на последующих стадиях его получения стремятся в той или иной мере сохранить активные ферменты или, наоборот, их полностью инактивировать и придать продукту соответствующий внешний вид.

#### 17.3.1. ВИДЫ СОЛОДА

В основном вырабатывают ячменный солод (светлый и темный) и ржаной (неферментированный и ферментированный).

Светлый солод, который является активным, сушат быстро при низких температурах, что способствует сохранению в максимальной степени активных ферментов.

При производстве темного ячменного солода, в отличие от светлого, при высушивании создают такие режимы, при которых накапливается большое количество сахаров и аминокислот, кото-



рые затем участвуют в реакции меланоидинообразования. Одновременно при сушке несколько снижается активность ферментов.

Ржаной ферментированный солод отличается от других видов ярко выраженным ароматом и темным цветом, поэтому проросшее зерно перед высушиванием ферментируют, выдерживая несколько суток при повышенной температуре, что ведет к дальнейшему возрастанию активности ферментов и накоплению значительных количеств сахаров и аминокислот. При высушивании в этом солоде в наибольшей степени протекает реакция меланоидинообразования и происходит инактивация ферментов.

Солод используют в различных отраслях промышленности. Ячменный светлый и темный солод применяют в пивоварении для получения соответственно светлых и темных сортов пива. Ячменный солод, являясь активным, используется в производстве спирта для быстрого и полного осахаривания крахмалистого сырья, в хлебопечении для улучшения качества пшеничной муки с пониженной сахарообразующей способностью, при производстве жидких дрожжей для накопления в питательной среде сахаров и аминокислот за счет расщепления углеводов и белков муки. Ячменный, ржаной ферментированный и неферментированный солод применяют для получения концентратов квасного сула и хлебного кваса. Два последних вида солода добавляют в виде заварки в ржаные и ржано-пшеничные сорта хлеба для улучшения цвета и аромата.

Кроме рассмотренных видов солода в пивоваренной промышленности используют специальные ячменные виды солода: карамельный, жженный и диафарин (специально приготовленный солод с высокой амилолитической активностью). Первые два вида добавляют в пиво для придания нанитку соответствующего цвета, вкуса и аромата, диафарин — при получении пива с добавленными несоложенными материалами.

### 17.3.2. СТАНДАРТЫ НА СОЛОД

Требования, предъявляемые к качеству солода, приведены в табл. 17.2 и табл. 17.3.

Таблица 17.2

Физико-химические показатели качества солода

Солод	Класс	Содержание влаги, %, не более	Продолжительность осахаривания, мин, не более	Экстрактивность, % на СВ, не менее	Кислотность, см <sup>3</sup> 1 н. раствора щелочи на 100 г сухого солода	Цветность, см <sup>3</sup> 1 н. раствора вола на 100 г сухого солода
Пивоваренный	Светлый: высшего качества	4,5	15	79	0,9...1,1	До 0,18
	I класса	5	20	78	0,9...1,2	До 0,2
	II класса	6	25	76	0,9...1,3	До 0,4

Солод	Класс	Содержание влаги, %, не более	Продолжительность осахаривания, мин, не более	Экстрактивность, % на СВ, не менее	Кислотность, см <sup>3</sup> I н. раствора щелочи на 100 г сухого солода	Цветность, см <sup>3</sup> I н. раствора иода на 100 г сухого солода
	Темный Карамельный:	5	—	74	Не нормируется	0,5...1,3
	I класса	6	—	75	То же	Не менее 20
	II класса	6	—	70	»	Не менее 20
	Жженный	6	—	70	»	Не менее 100
Ржаной ферментированный		8*	—	48**	35**	10...20**
неферментированный		8*	25	80***	17***	До 5***

\*Содержание влаги, полученное при исследовании целых зерен солода.

\*\*Данные, полученные методом холодного экстрагирования.

\*\*\*Данные, полученные методом горячего экстрагирования.

По органолептическим показателям ячменный солод должен отвечать следующим требованиям (табл. 17.2):

внешний вид — однородная зерновая масса без примесей ростков и плесневелых зерен, наличие вредителей хлебных запасов не допускается;

запах — солодовый, у темного солода — более выраженный, не должно быть кислого, плесневелого и других посторонних запахов;

вкус — солодовый, сладковатый, не допускается кисловатый, пригорелый и горький вкус; у жженого — кофейный вкус;

цвет — от светло-желтого до желтого, не допускаются зеленоватые и темные тона, обусловленные плесенью; цвет карамельного солода должен быть от светло-желтого до буроватого с глянцевым отливом; у жженого — темно-коричневый.

Органолептические показатели ржаного солода приведены в табл. 17.3.

Таблица 17.3

## Органолептические показатели ржаного солода

Показатель	Солод	
	неферментированный	ферментированный
Цвет	Светло-желтый с сероватым оттенком	От коричневого до темно-бурого с красноватым оттенком
Вкус	Сладковатый	Кисло-сладкий, приближающийся к вкусу ржаного хлеба, без горького и пригорелого привкуса
Запах	Свойственный данному виду солода, без запаха плесени и гнили	

Рассмотренные виды солода получают в сухом виде. В спиртовой промышленности для быстрого и полного осахаривания крахмалистого сырья применяют свежепросрошенный солод, который должен содержать полный комплекс ферментов амилолитического, декстринолитического и осахаривающего действия. Иногда для усиления активности ферментов используют не один вид солода, а смесь из двух (ячменного и просяного) или трех (ячменного, просяного и овсяного) видов. Ячменный солод можно заменить ржаным. Качественную оценку солода для получения этанола проводят по амилолитической (АС) и осахаривающей способности (ОС) (табл. 17.4).

Таблица 17.4

**Требования, предъявляемые к качеству солода для спиртовой промышленности**

Солод	Качество					
	хорошее		среднее		удовлетворительное	
	АС, ед.	ОС, ед.	АС, ед.	ОС, ед.	АС, ед.	ОС, ед.
Ячменный	35	5,0	27	3,9	20	2,8
Ржаной	20	3,5	19	2,65	18	1,8
Овсяной	25	2,5	20	2,0	15	1,5
Просяной	12	1,0	10	0,75	8	0,5

## 17.4. МАСЛИЧНОЕ СЫРЬЕ

Основным сырьем для производства растительных масел служат плоды и семена растений, которые относятся к группе масличных. По объему производства первое место в мире занимают семена сои, при переработке которых получают пищевое масло и высокобелковый шрот пищевого и кормового назначения. В несколько меньших объемах перерабатывают плоды масличных пальм, семена рапса, подсолнечника, хлопчатника и арахиса. Другие масличные культуры (лен, клещевина, рыжик, горчица и др.) перерабатывают в относительно небольших объемах. Перспективными источниками получения растительных масел являются маслосодержащие отходы пищевых производств — фруктовые косточки, а также отруби и зародыши, которые получают при производстве муки и крупы из зерна пшеницы, кукурузы, риса и других зерновых культур.

### 17.4.1. СЕМЕНА И ПЛОДЫ МАСЛИЧНЫХ РАСТЕНИЙ

Масложировая промышленность Российской Федерации обеспечивает около половины потребности страны в растительных маслах. В связи с этим Россия закупает подсолнечное масло у Аргентины, Украины, Молдавии, Венгрии, пальмовое масло — у Индонезии, а оливковое масло — у Греции, Испании, Италии, США, Турции и Туниса. Одновременно из России экспортируется под-

солнечное масло в Казахстан, Алжир и Египет. Объемы экспорта и импорта растительных масел практически одинаковы. В несколько меньших объемах экспортируются семена подсолнечника, хотя маслозирная промышленность России располагает большими резервными мощностями для их переработки.

**Подсолнечник.** Основной масличной культурой России является подсолнечник. Из него вырабатывают более 90 % всех растительных масел, производимых в России.

Подсолнечник принадлежит к ботаническому семейству Астровые, цветки которого собраны в соцветие типа корзинка. Плод — семянка с деревянистой нераскрывающейся оболочкой. В РФ культивируется более 50 сортов подсолнечника. Лучшие сорта и гибриды подсолнечника отличаются высокими урожайностью и масличностью, а также пригодностью к механизированной уборке.

Подсолнечник линолевого типа, в масле которого в преобладающем количестве содержится линолевая кислота, представлен следующими сортами: Юбилейный 60, Флагман, Фаворит, Лидер. В масле этих семян содержится до 70 % линолевой кислоты  $C_{18:2}$  от суммы всех жирных кислот. Масличность семян при урожайности 2,2...2,5 т/га составляет 50...54 %.

Подсолнечник олеинового типа представлен сортами Первенец, Круиз, Кубанский 341. В их масле содержится 75...80 % олеиновой кислоты  $C_{18:1}$ , как и в импортируемом оливковом масле. Масличность семян при урожайности 2,1...2,9 т/га составляет 49...52 %.

Кондитерский тип подсолнечника, представленный сортом Кондитерский СПК, отличается высоким содержанием белка и относительно легко отделяемой плодовой оболочкой. Масса 1000 семян этого сорта в два раза выше, чем у других сортов, она составляет до 180 г. Масличность семян при урожайности 2,0...2,2 т/га составляет 45...48 %.

Кондитерский тип подсолнечника используют для получения поджаренных ядер подсолнечника.

Особый тип подсолнечника — гибридный. Основная особенность гибридного подсолнечника — повышенная устойчивость к белой и серой гнилям, которые повреждают семена других типов и снижают урожай семян, а также ухудшают пищевые достоинства масла. Второе достоинство гибридного подсолнечника — его пригодность к возделыванию по индустриальной технологии, которая обусловлена одновременностью созревания и выравненностью растений по высоте стебля и размерам соцветия. Селекционерами НПО «Масличные культуры» (г. Краснодар) созданы гибриды Орион и Сигнал, масличность которых при урожайности 2,0...2,1 т/га составляет 49...50 %. Из гибридов зарубежной селекции в России выращиваются гибриды франко-югославской селекции Ягуар, Санмарин 361, Санмарин 362, Санмарин 365 и Санмарин 370. Семеноводство зарубежных гибридов осуществляет фирма «Россий-

ская гибридная индустрия». Масличность семян зарубежных гибридов при урожайности 2,5...2,7 т/га составляет 50...56 %.

Химический состав семян подсолнечника и его варьирование у различных сортов и гибридов (в пересчете на нулевую влажность семян) приведен в табл. 17.5.

Таблица 17.5

Химический состав семян подсолнечника				
Масличное сырье	Содержание, %			
	липидов	белков (N × 6,25)	целлюлозы	зола
Семена	49...56	14...16	13...14	2,9...3,1
Ядра	64...68	16...19	1,7...2,1	3,0...3,2

Белки семян подсолнечника имеют высокую пищевую ценность. Их используют для обогащения хлебобулочных и кондитерских изделий и в качестве белкового компонента в производстве комбикормов для сельскохозяйственных животных.

**Хлопчатник.** Масложировая промышленность среднеазиатских государств СНГ в больших объемах перерабатывает семена хлопчатника.

Хлопчатник принадлежит к семейству Мальвовые. Цветки хлопчатника собраны в соцветие типа извилина. Плод — коробочка, при созревании растрескивается. Коробочка содержит от 20 до 40 семян, покрытых волокном.

Химический состав хлопковых семян приведен в табл. 17.6.

Таблица 17.6

Химический состав хлопковых семян				
Масличное сырье	Содержание, %			
	липидов	белков (N × 6,25)	целлюлозы	зола
Семена	20...24	25...29	18...19	4,1...4,3
Ядра	38...39	34...37	1,2...2,4	3,9...5,2

Основное направление селекции хлопчатника — получение сортов с максимальным выходом волокна высокого качества, поэтому содержание масла в семенах на протяжении десятилетий остается практически на одном уровне, несмотря на появление новых сортов. Лузжистость семян, или содержание семенной оболочки, 40...44 %.

Известно 35 диких и культурных видов хлопчатника, из которых в Средней Азии наибольшее распространение получили два вида: средневолокнистый (американские сорта) и тонковолокнистый (египетские сорта).

Урожайность хлопка-сырца 2...3 т/га, из каждой тонны можно получить 650 кг семян, 320 кг длинного и 10 кг короткого волокна. После съема волокна на хлопкоочистительных заводах на поверхности семян, поступающих на маслозавод, остаются пух и подпушек, опушенность которых выражается в процентах от массы семян.

Опушенность семян средневолокнистых видов хлопчатника 8...11 %, тонковолокнистых — 4...7 %.

Специфическая особенность семян хлопчатника — наличие в них высокотоксичного химического соединения — госсипола, который является нервным ядом для животных и человека. При переработке семян он переходит в масло и белок, поэтому его необходимо удалять из этих продуктов.

**Соя.** Относится к семейству Бобовые, цветки собраны в соцветие кисть, плод сои (боб) содержит два или три семени. Соевые семена в зависимости от цвета оболочки делят на четыре типа: желтые, зеленые, коричневые и черные. Большинство сортов сои, возделываемых в России и за рубежом, относится к маньчжурскому подвиду сои. Соя — белково-масличная культура.

Химический состав семян сои (%) приведен ниже:

липидов	19...23
белков (N × 6,25)	36...44
целлюлозы	4,3...5,3
зола	2,8...5,6

Урожайность современных сортов сои 2,8...3,1 т/га.

Содержание легкоусвояемых белков в ее семенах велико. Значительная часть соевых семян после обезжиривания используется для получения пищевых белков. В этом случае перед обезжириванием соевых семян отделяют их семенную оболочку, содержание которой составляет от 5 до 10 % массы семян, а также зародыш семян. В семенах сои много антипитательных веществ — токсичных белков, лектинов, ингибиторов пищеварительных (протеолитических) ферментов и других нежелательных соединений. Поэтому при переработке семян сои необходимо включать технологические операции, инактивирующие эти соединения и повышающие таким образом пищевую и кормовую ценность белковых продуктов сои.

Селекционерами НПО «Масличные культуры» и компанией «Соевый комплекс» созданы сорта сои зернового и пищевого назначения, в состав семян которых входят ингибиторы трипсина — одного из пищеварительных ферментов. Зерновые сорта Диана, Лань, Вилана имеют активность ингибитора трипсина 22...23 мг/г. Пищевые сорта Фора и Веста имеют самую низкую активность ингибитора трипсина — 16...18 мг/г, что позволяет использовать их семена в качестве источника пищевых белков. Урожайность 2,5...3,3 т/га.

Соя иностранной селекции, возделываемая в России, представлена сортами Примор и Голдор (Франция), Ходсон (США). По сравнению с сортами российской селекции они имеют более высокую урожайность (4,0...4,2 г/га) и высокую активность ингибитора трипсина (23...26 мг/г).

**Лен.** Принадлежит к семейству Льновые. Соцветие льна — кисть, плод — коробочка, содержащая от одного до десяти семян. Различают масличный (кудряш) и прядильный (долгунец) лен. Селекция масличных сортов льна направлена на получение льна с высоким содержанием масла и максимальным ветвлением растения, при котором на растении образуется много цветков, а затем семян.

Химический состав семян льна (%) приведен ниже:

липидов	46...48
белков (N×6,25)	21...23
целлюлозы	4,2...4,6
золы	3,8...4,0

Урожайность семян льна сотов Циан, ВНИИМК 620, ВНИИМК 622 составляет 2...2,5 т/га. Специфической особенностью семян льна является обезжиривание их без предварительного отделения семенной оболочки, прочно сросшейся с ядром, а также наличие на поверхности семян слизей — веществ углеводной природы, осложняющих ведение процессов получения масла и его последующую переработку. В ядре семян льна содержится линамарин — соединение, при гидролизе которого образуется свободная синильная кислота. Поэтому семена льна следует перерабатывать при условиях, исключающих образование токсичной синильной кислоты в обезжиренных семенах льна, идущих на корм скоту. Льняное масло используют в технических целях, но можно употреблять и в пищу. В составе льняного масла много линоленовой кислоты. Высокая химическая активность линоленовой кислоты, ее легкая окисляемость делают льняное масло незаменимым в производстве лаков и олиф.

При использовании льняного масла из семян льна-долгунца в пищу необходимо проводить глубокую рафинацию, так как при его возделывании применяются пестициды и другие химические средства для обработки посевов, недопустимые для пищевых растений.

**Клещевина.** Относится к семейству Молочайные. Цветки собраны в соцветие сложная кисть, плод — коробочка, содержащая три семени. В результате селекции созданы сорта клещевины, у которых почти все семена сосредоточены в центральной кисти. Такие сорта, как Щербиновская, ВНИИМК 18, ВНИИМК 420, Такираот механизированным способом с помощью специально оборудованных уборочных машин. Коробочки промышленных сортов не растрескиваются при созревании, поэтому потерь семян не происходит. Урожайность семян клещевины 2,2...2,8 т/га. Специфическая особенность семян клещевины — содержание в них *нескольких токсичных соединений, важнейшими из которых являются токсичные белки — токсин R<sub>с60</sub>, рицин (агглютинин) R<sub>с120</sub>, лектины, алкалоиды и др.* Поэтому при переработке семян клеще-

вины предусматривается специальная технологическая операция — обезвреживание обезжиренных семян влаготепловой обработкой после извлечения из них масла, позволяющая получить кормовой белковый продукт.

Химический состав семян клешевины приведен в табл. 17.7.

Таблица 17.7

Химический состав семян клешевины

Масличное сырье	Содержание, %			
	липидов	белков (N × 6,25)	целлюлозы	зола
Семена	54...56	19...20	20...21	3,0...3,2
Ядра	66...68	26...28	0,5...0,9	2,6...2,8

**Горчица.** Относится к семейству Капустные. Цветки ее собраны в соцветие кисть, плод — стручок. В России возделывают преимущественно сизую, или сарептскую, горчицу. Урожайность семян 2,0...2,3 т/га. Для масличных растений этого семейства характерно присутствие в семенах гликозинолатов (тиогликозидов), образующих при гидролизе горчичные эфирные масла, обуславливающие использование горчичного порошка в пищевой промышленности и медицине. Горчичное (жирное) масло употребляется в пищу, но в масле семян старых сортов отмечено высокое содержание жирной эруковой кислоты, нежелательной для пищевых продуктов. Поэтому селекция горчицы направлена на создание сортов, богатых эфирными маслами и с пониженным содержанием гликозинолатов в семенах и эруковой кислоты в масле. Сорта горчицы ВНИИМК 517 и Рушена содержат в масле от 2,3 до 3,8 % эруковой кислоты при допустимой норме 5 %. Еще меньше эруковой кислоты C<sub>22:1</sub> в масле горчицы сорта ВНИИМК 519 — 0,5 %.

Химический состав семян горчицы (%) приведен ниже:

липидов	41...48
белков (N × 6,25)	20,5...29,7
целлюлозы	8,2...9,1
зола	4,8...5,5

**Рапс.** Как и горчица, рапс принадлежит к семейству Капустные. Поэтому у них одинаковые по типу плоды и соцветия, а также много общего в химическом составе. Как и у горчицы, в семенах рапса присутствуют гликозинолаты, дающие при гидролизе эфирные масла, хотя содержание их существенно меньше, а также нелетучие токсичные соединения. Нелетучее токсичное соединение рапса — винилтиооксазолон, или ВТО, остается в шроте, ограничивая или исключая возможность использования шрота в кормовых целях. По составу масло семян рапса близко к маслу



горчицы. Сорты рапса Шпат, Галант, Ярвэлон, ВНИИМК 214, получившие название безэруковых из-за пониженного содержания в составе масла эруковой кислоты (0,1...0,5 %), отличаются высокой урожайностью (2,6...3,5 т/га) и масличностью (до 46 %). Низкое содержание гликозинолатов в семенах новых сортов (0,6...1,0 %) позволяет использовать обезжиренные семена на корм скоту без дополнительной обработки, а низкое содержание эруковой кислоты в масле (0,1...0,5 %) — отнести рапсовое масло к полноценным пищевым маслам. Безэруковые и низкогликозинолатные сорта рапса по объему производства семян и их переработке заняли ведущее место в мире на уровне с соей, оттеснив хлопчатник и подсолнечник.

Масличные растения семейства Капустные, в масле которых массовая доля эруковой кислоты не превышает 5 %, относят к одноступенчатым сортам (0). Растения, в масле которых низкое содержание эруковой кислоты и в семенах низкое содержание гликозинолатов, называют двуступенчатыми (00), наконец, растения или сорта, в масле которых низкое содержание эруковой кислоты, эйкозеновой кислоты (C<sub>20:1</sub>) и низкое содержание гликозинолатов в семенах, получили название тринупенчатых (000).

Химический состав безэрукового рапса (%) в пересчете на нулевое содержание влаги семян приведен ниже:

липидов	44,0...46,2
белков (N × 6,25)	25,0...26,3
целлюлозы	4,6...6,2
зола	3,7...5,4

**Арахис.** Арахис, или земляной орех, относится к семейству Бобовые. Плод — боб, нераскрывающийся. Содержит одно или два семени. Своеобразной биологической особенностью арахиса является то, что после опыления завязь цветка погружается в землю и плод развивается в земле. Белки семян арахиса легко усваиваются организмом человека, но в их состав, как и в белки сои, входят ингибиторы пищеварительных ферментов и другие антипитательные вещества, включая токсичные белки и лектины. Перспективными являются крупноплодные сорта арахиса Краснодарец 14 и Краснодарец 15. Масса 1000 плодов 1400...1600 г. Урожайность бобов 1,8...2,2 т/га.

Химический состав семян арахиса (%) приведен ниже:

липидов	40,2...60,7
белков (N × 6,25)	20,0...27,2
целлюлозы	3,2...4,9
зола	3,8...4,6

**Конопля.** Принадлежит к семейству Коноплевые, цветки ее собраны в густые колосовидные (женские) и метельчатые (мужские)

соцветия. Плод конопли — орешек, раскрывается только при прорастании. Семя покрыто тонкой кожурой. Коноплю выращивают для получения масла из семян и волокна из стеблей для грубых тканей, а также для получения наркотических средств.

Химический состав семян конопли (%) приведен ниже:

липидов	30,2...38,3
белков (N × 6,25)	17,6...25,0
целлюлозы	13,8...26,9
зола	2,5...6,8

**Кокосовая и масличная пальмы.** Принадлежат к семейству Пальмовые. Это тропические неветвистые деревья высотой до 30 м. Плод — костянка, собран в соцветие кисть метельчатого типа. У кокосовой пальмы диаметр плода (кокосового ореха) 300...400 мм, у масличной пальмы — 40...60 мм. Экспортируемым масличным сырьем является копра — высушенная маслосодержащая ткань (эндосперм) плодов кокосовой пальмы и пальмистра — ядра (косточки) масличной пальмы.

Химический состав копры и пальмистры приведен в табл. 17.8.

Таблица 17.8

**Химический состав копры и пальмистры**

Масличное сырье	Содержание, %			
	липидов	белков (N × 6,25)	целлюлозы	зола
Копра	65...72	7,5...8,0	5...6	3...5
Пальмистра	45,4...53,8	7,9...8,8	5,4...6,5	3,5...4,9

Урожайность кокосовых орехов 4...5 тыс. шт. плодов с 1 га или 1...3 т/га копры. Урожайность пальмистры 1,2...2,2 т/га.

В последние годы особое значение приобретает проблема безвредности продуктов, получаемых при переработке масличных семян, для человека и животных. Поэтому в семенах масличных растений — рапса, кунжута, сафлора, рыжика, сурепицы, льна (масличного и долгунца), конопли остаточное количество хлороорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов, гексахлорана, ГХЦГ) не должно превышать максимально допустимых уровней.

Особые требования предъявляются к масличным семенам, применяемым в продуктах детского питания. Так, в семенах подсолнечника, предназначенных для выработки продуктов детского питания, остаточное количество пестицидов не должно превышать максимально допустимого уровня, а содержание тяжелых металлов — меди, ртути, свинца, а также афлатоксинов — предельно допустимой концентрации, утвержденной Минздравом России.

## 17.4.2. МАСЛОСОДЕРЖАЩИЕ ОТХОДЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

**Зародыши злаковых культур.** В качестве масличного сырья также используют зародыши, отделяемые в виде отрубей при получении муки и крупы. Липиды в семенах зерновых культур сосредоточены в зародыше, внешних тканях эндосперма и частично в оболочке. Выход зародышей при получении муки и крупы колеблется от 2 % при переработке пшеницы, ржи и проса и до 6...8 % при переработке риса и кукурузы.

В настоящее время из растительных масел, получаемых из зародышей злаковых культур, промышленное значение имеет только кукурузное масло, выделяемое из зародышей при получении кукурузного крахмала. Процесс начинается с операции замачивания зерна кукурузы в слабом водном растворе сернистой кислоты. Затем набухшее зерно дробят и из крахмально-белковой суспензии выделяют зародыш. Полученный зародыш процеживают на сетчатых ситах, а затем обезвоживают на шнековых прессах до влажности 57...61 %. После этого зародыш сушат в газовых барабанных или паровых ленточных сушилках. Высушенный зародыш очищают на ситах. Для отделения крупных примесей используют сито с отверстиями диаметром 7 мм, для отделения мелких примесей — сито с отверстиями диаметром 21 мм.

Сухой очищенный зародыш по качеству должен отвечать требованиям нормативной документации — «Зародыш кукурузный мокрого способа отделения» и иметь следующие характеристики:

содержание влаги — не более 5 %;

содержание липидов на СВ — не менее 48 %;

содержание органических примесей (оболочек мелкодробленого кукурузного зародыша) — не более 10 %;

содержание дробленого зародыша — не более 15 %.

Кукурузное масло из зародышей мокрого способа отделения получают прессовым способом или способом предварительного прессования с последующей экстракцией растворителем (бензином). При переработке 10 т зерна кукурузы мокрым способом получают 600...700 кг зародышей. Зародыши злаковых растений, входящие в состав отрубей, могут быть обезжирены только экстракционным способом.

Химический состав отходов злаковых культур приведен в табл. 17.9.

Таблица 17.9

Химический состав отходов злаковых культур

Отходы	Содержание, %			
	липидов	белков (N × 6,25) <sup>1</sup>	целлюлозы <sup>1</sup>	зола
Зародыши:				
пшеничные	5...12	25...39	1...2	3...5
ржаные	8...12	27...34	4...7	4...5

Отходы	Содержание, %			
	липидов	белков (N × 6,25)	целлюлозы	зола
кукурузные, полученные: сухим способом	12...26	12...16	15...18	3...5
мокрым способом	45...48	12...19	15...18	0,7...1,2
Отруби:				
рисовые	8...18	10...14	8...16	5...15
просяные	10...24	17...20	7...10	6...10

**Фруктовые косточки.** Плодовые косточки — отходы консервно-го производства. На маслодобывающие заводы поступают косточки абрикосов, сливы, вишни, миндаля и др. Масло сосредоточено в ядре косточек, покрытом прочной одревесневшей оболочкой. Химический состав ядра приведен в табл. 17.10.

Таблица 17.10

Химический состав ядра косточек ряда культур

Культура	Содержание, %			
	липидов	белков (N × 6,25)	целлюлозы	зола
Абрикос	35...45	24...26	5...6	3...4
Слива	30...60	23...24	6...7	2...4
Вишня	30...39	21...22	5...16	1...2
Миндаль	42...53	21...34	4...6	2...4

Растительные масла получают также из семян кориандра, поступающих от эфиромасличных предприятий после извлечения из них эфирного масла (содержание липидов 20...26 %), из семян томатов, которые являются отходами производства томатного сока и томата-пасты (содержание липидов 26...28 %), из виноградных семян, поступающих от винодельческих и сокоэкстракционных производств (содержание липидов 5...6 %), а также из семян арбуза, табака, чая и др.

## 17.5. КРАХМАЛ И КРАХМАЛОПРОДУКТЫ

Крахмал — это резервный углевод, который интенсивно образуется в процессе фотосинтеза и откладывается в семенах, клубнях и других частях растений. По химической природе — это полисахарид, в основе строения которого лежит глюкозный остаток.

Зерна злаковых культур содержат 55...80 % (в расчете на СВ) крахмала, картофель — 75 %. В промышленных масштабах крахмал получают из двух культур — картофеля и кукурузы. В тканях растений крахмал откладывается в виде крахмальных зерен, размер и форма которых у разных видов крахмала различны. Крахмальные зерна имеют овальную, сферическую форму или форму многоугольников, размер которых колеблется от 2 до 150 мкм. Наиболее крупные зерна у картофельного крахмала, самые мел-

кие — у рисового. Характерная форма крахмальных зерен позволяет различать их под микроскопом, что используется при обнаружении одного вида крахмала в другом. В крахмальных зернах крахмал представлен в виде мельчайших игольчатых кристаллов, между которыми расположены микрокапилляры, чем и обусловлены высокая гигроскопичность и адсорбционная способность крахмала. Свойство крахмала поглощать воду используется в кондитерской промышленности при формировании конфетных корпусов. Важным свойством крахмала является клейстеризация — способность крахмальных зерен набухать в горячей воде с образованием вязкого коллоидного раствора. При этом температура начала клейстеризации для различных видов крахмала различная. Крахмал способен окрашиваться иодом в синий цвет с образованием ряда химических и адсорбционных соединений. Это качественная реакция на крахмал, она используется для обнаружения небольших количеств крахмала иодом. Крахмал состоит из двух фракций: амилозы и амилопектина, которые находятся в соотношении 1 : 4. Амилоза имеет линейное строение, амилопектин — разветвленное. В амилозе глюкозные остатки соединены  $\alpha$ -1,4-глюкозидными связями. В амилопектине линейная структура периодически прерывается  $\alpha$ -1,6-глюкозидными связями, образуя ветвистую структуру. В холодной воде обе фракции нерастворимы, в горячей — амилоза растворяется, образуя прозрачный коллоидный раствор, а амилопектин лишь набухает, образуя вязкий и стойкий коллоидный раствор. Амилоза полностью расщепляется  $\beta$ -амилазой с неальдегидного конца на куски, состоящие из двух глюкозных остатков, образующих с присоединением молекулы воды мальтозу. В амилопектине  $\beta$ -амилаза разрывает только  $\alpha$ -1,4-глюкозидные связи, не разрушая  $\alpha$ -1,6-глюкозидных связей в точках ветвления, в результате чего образуются остаточные или  $\beta$ -декстрины.

Извлечение крахмала из растительного сырья и получение из него крахмалопродуктов производится на крахмалопаточных предприятиях. На этих предприятиях получают сухой крахмал, различные виды крахмальной патоки, модифицированные крахмалы, различные виды глюкозы (кристаллическая, медицинская, пищевая, техническая), глюкозно-фруктозные сиропы, декстрины и др. Крахмалопродукты используются как для пищевых, так и для технических целей. Сухой крахмал применяется при приготовлении киселей, бисквитов, пудингов, соусов, некоторых сортов колбас, а также в качестве формовочного материала. Крахмальная патока используется при производстве карамели, варке варенья, джемов, алкогольных и безалкогольных напитков, для улучшения качества хлебобулочных изделий, в консервной промышленности и т. д. Глюкоза используется в медицине для производства антибиотиков, ферментных препаратов, витаминов, в качестве наполнителя при приготовлении лекарств, а также при производстве мороженого и мягких конфет.

Модифицированные крахмалы и продукты, получаемые из них, используются в текстильной, бумажной, полиграфической, кожевенной, фармацевтической промышленности, а также в строительстве, литейном производстве и других отраслях промышленности.

### 17.5.1. СУХОЙ КУКУРУЗНЫЙ И КАРТОФЕЛЬНЫЙ КРАХМАЛ

Качество продуктов, выпускаемых крахмалопаточной промышленностью, должно отвечать требованиям соответствующих ГОСТов.

В соответствии с ГОСТ 7699—78\* сухой картофельный крахмал выпускают четырех сортов: экстра, высший, I и II, а сухой кукурузный крахмал в соответствии с ГОСТ 7697—82 — двух сортов: высший и I (табл. 17.11).

Таблица 17.11

Показатель	Картофельный крахмал				Кукурузный крахмал	
	экстра	высшего сорта	I сорта	II сорта	высшего сорта	I сорта
Цвет	Белый с кристаллическим блеском (по эталону)	Белый с кристаллическим блеском	Белый	Белый с сероватым оттенком	Белый	Допускается желтоватый оттенок
Содержание влаги, %, не более	20	20	20	20	13	13
Содержание золы общее в пересчете на сухие вещества крахмала, %, не более	0,30	0,35	0,50	1,0	0,20	0,30
в том числе содержание золы (песка), нерастворимой в 10%-й хлороводородной кислоте, %, не более	0,03	0,05	0,1	0,3	0,04	0,06
Кислотность, мл 0,1 н. раствора NaOH (KOH) на 100 г абсолютно сухих веществ крахмала, не более	7,5	12	15	22	20	25
Количество крапин на 1 дм <sup>2</sup> поверхности крахмала при рассмотрении невооруженным глазом, не более	600	230	700	Не нормировано	300	500
Массовая доля диоксида серы, мг на 1 кг крахмала, не более	50	50	50	50	80	80
Содержание протеина в пересчете на сухие вещества крахмала, %, не более	—	—	—	—	0,8	1,0

Примечание. В сухом крахмале не допускаются примеси других видов крахмала.

Крахмал хранят в силосах или упаковывают в джутовые или льняные мешки по 25, 50 и 60 кг. Его можно также фасовать в бумажные крафт-мешки с последующим их затариванием в мешки из редкой ткани, а также в мелкую бумажную тару по 100...1000 г. Крахмал хранят на складах при температуре не выше 10 °С и при оптимальных условиях относительной влажности воздуха 75 %.

### 17.5.2. ПАТОКА

Качество патоки должно соответствовать требованиям ГОСТ 5194—91, мальтозной патоки — требованиям ОСТ 18-168 (табл. 17.12). Патока любого вида должна быть прозрачной, без посторонних запаха и вкуса. Содержание сухих веществ должно быть не менее 78 %.

Таблица 17.12

Показатель	Показатели качества патоки			Гликозная высоко-осахаренная (ГВ)	Мальтозная
	Низко-осахаренная (КН)	Карамельная			
		высшего сорта (КВ)	I сорта (КI)		
Содержание, %, не менее:					
сухих веществ	78	78	78	78	78
редуцирующих веществ:					
в пересчете на СВ	30...34	38...42	34...44	44...60	—
в пересчете на мальтозу	—	—	—	—	65
зола, %, в пересчете на СВ, не более	0,4	0,4	0,45	0,55	1,2
Кислотность, мл 0,1 н. раствора NaOH на 100 г сухих веществ патоки, не более:					
картофельной патоки	25	25	27	—	—
кукурузной патоки	12	12	15	—	—
рН, не ниже:					
картофельной патоки	4,5	4,6	4,6	—	5,5
кукурузной патоки	4,6	4,6	4,6	—	—
Температура карамельной пробы, °С	155	145	140	—	—
Цветность по эталону, мл, не более	—	3	6	—	—
Присутствие тяжелых металлов	Не допускается				
Наличие механических примесей	То же				

Для снижения вязкости патоки (что особенно важно при перекачивании ее в железнодорожные цистерны) патоку хранят в бочках или бочках-хранилищах, снабженных обогревательными устройствами для подогрева до 45 °С.

Вырабатываемый на предприятиях крахмалопаточной промышленности декстрин должен отвечать требованиям ГОСТ 6034—74. Промышленность выпускает декстрин трех сортов: высшего, I и II. Растворимость декстрина в воде при температуре 20 °С должна со-

ставлять (%): для белого декстрина — не менее 62, палевого — не менее 78, желтого — не менее 95. Декстрин не должен содержать посторонних примесей, содержание влаги в нем должно быть не выше 5 % (по согласованию с заказчиком допускается 10 %). Клеящая способность кислотного кукурузного декстрина высшего и I сортов, которая определяется с помощью разрывной машины типа РТ-250, должна быть не менее 1,5 кг, картофельного — не менее 3,0 кг, для бескислотного декстрина — не менее 5,0 кг. Упакованный в специальные льно-джуто-кенафные мешки по 30...40 кг декстрин хранят в хорошо проветриваемых складах при относительной влажности воздуха 75 %.

### 17.5.3. ГЛЮКОЗА

Качество кристаллической гидратной глюкозы должно соответствовать требованиям ГОСТ 975—88. Глюкоза — это кристаллический порошок белого цвета со сладким вкусом. Цветность раствора глюкозы, измеренная на ФЭК-56 в единицах оптической плотности, должна быть 0,18; удельное вращение — 52,5...53; содержание золы — не более 0,07 %; влаги — не более 9,0 %; железа — не более 0,003 %. Содержание свободных минеральных кислот не допускается.

Пищевую глюкозу выпускают в виде бесформенных блоков и брикетов желтого цвета. Ее используют в качестве заменителя свекловичного сахара в хлебопечении, при производстве конфет и восточных сладостей, фруктового мороженого и безалкогольных напитков.

Техническая глюкоза представляет собой куски неопределенной формы темно-коричневого цвета, горькие на вкус. Такую глюкозу применяют только в технических целях в бродильном производстве, при производстве питательных сред для выращивания микроорганизмов и т. д. Техническая глюкоза должна содержать (%): сухих веществ — не менее 78, редуцирующих веществ — не менее 75; золы — не более 1,3; железа — не более 0,025. Наличие минеральных кислот не допускается.

### 17.6. САХАР

Сахар, который мы ежедневно употребляем в пищу, представляет собой практически чистую сахарозу ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ). Сахароза обладает сладким вкусом, легко и полностью усваивается организмом, способствуя быстрому восстановлению затраченной организмом энергии. Избыточное употребление сахара приводит к ожирению. Физиологическая норма потребления сахарозы 100 г в день, включая сахар, содержащийся в продуктах и блюдах.



Сахароза — это дисахарид, который под действием кислоты или фермента инвертазы,  $\beta$ -фруктофуранозидазы, расщепляется на глюкозу и фруктозу, так называемый инвертный сахар. Благодаря фруктозе инвертный сахар гигроскопичен. Он предохраняет варенье от засахаривания, замедляет процесс черствения хлеба, предохраняет от высыхания при хранении такие кондитерские изделия, как мармелад, пастила, зефир, помадка и др., но излишнее содержание его в изделии, например в карамели, приводит к ее увлажнению и потере товарного вида продукта.

Сахароза может находиться в двух состояниях: кристаллическом и аморфном, в кристаллическом состоянии она не гигроскопична, восстанавливающей способностью не обладает, оптически не активна, в растворах вращает плоскость поляризации вправо, ее удельное вращение  $+66,6^{\circ}\text{S}$ . На этом свойстве основаны поляриметрические методы ее определения. По химической природе сахароза является слабой многоосновной кислотой, дающей с оксидами щелочных (K, Na) и щелочноземельных (Ca, Ba, Mg) металлов сахарагы. Сахароза хорошо растворяется в воде, при повышении температуры ее растворимость возрастает: в 1 дм<sup>3</sup> воды при 20 °C растворяется 2,035 кг сахарозы, а при 100 °C — 4,872 кг.

В растворах сахароза является сильным дегидрататором (отнимает воду от других веществ). Это свойство используется при консервировании. Сахароза легко образует пересыщенные растворы, кристаллизация в которых начинается только при наличии центров кристаллизации. Скорость этого процесса зависит от температуры, вязкости раствора и коэффициента пересыщения. Температура кипения сахарных растворов повышается с увеличением их концентрации. Так, при содержании сахарозы в растворе 10 % раствор кипит при атмосферном давлении при температуре 100,1 °C, а при содержании сахарозы в растворе 90 % — при 119,5 °C. Сахароза широко распространена в природе, она содержится во многих овощах и фруктах.

Сахарная промышленность выпускает следующие виды сахара: сахар-песок, жидкий неинвертированный сахар и сахар-рафинад.

### 17.6.1. САХАР-ПЕСОК

Качество сахара-песка должно соответствовать требованиям ГОСТ 21—94. По внешнему виду сахар-песок должен быть бесцветным и состоять из блестящих кристаллов, однородных по величине. Сахар-песок должен иметь сладкий вкус, без посторонних привкуса и запаха. Содержание сахарозы в сахаре-песке должно быть не менее 99,75 %, влаги — не более 0,14 %. Цветность сахара на 100 частей СВ должна быть не более 0,8 усл. ед.

(или не более 104 усл. ед. оптической плотности). Содержание металломагнитных примесей допускается не более 0,0003 % к массе СВ.

Упакованный в тканевые мешки по 50 кг сахар-песок хранят в сухих вентилируемых складах при относительной влажности воздуха 50—70 %. В отапливаемом складе, где исключены резкие колебания температуры, сахар-песок менее подвержен слеживанию.

### 17.6.2. ЖИДКИЙ САХАР

Сахарорафинадные заводы выпускают жидкий неинвентированный сахар двух видов: высшей и первой категории. По качественным показателям жидкий сахар должен соответствовать требованиям стандартов. Жидкий сахар высшей и первой категории должен быть прозрачным, светло-желтого цвета, сладкий на вкус, без посторонних привкуса и запаха. Содержание сахарозы в нем должно быть не менее 99,80 % (для высшей категории) и 99,55 % (для первой категории), содержание сухих веществ в жидком сахаре высшей и первой категории должно быть не менее 64 %.

Содержание редуцирующих веществ в жидком сахаре (% , не более): для высшей категории — 0,04 %; для первой — 0,05 %. Цветность жидкого сахара (усл. ед., не более): для высшей категории — 1,0; для первой — 1,6. Содержание золы для всех категорий качества не более 0,03 %, рН (для всех категорий качества) 6,8...7,2.

### 17.6.3. САХАР-РАФИНАД

Сахар-рафинад (ГОСТ 22—94) выпускается в виде прессованного (колотого, быстрорастворимого, в мелкой расфасовке — дорожного), рафинированного сахара-песка, рафинадной пудры и др. По органолептическим показателям прессованный сахар-рафинад и рафинадная пудра должны отвечать следующим требованиям: цвет белый, чистый, без пятен, допускается слегка голубоватый оттенок, вкус сладкий, без посторонних привкуса и запаха как в сухом сахаре, так и в его водном растворе. Сахар-рафинад должен полностью растворяться в воде, при этом раствор должен быть прозрачным. Содержание сахарозы не менее 99,9 % к массе СВ; редуцирующих веществ не более 0,03 % к массе СВ, влаги (% , не более): для прессованного колотого, быстрорастворимого и пудры рафинадной — 0,2; для прессованного со свойствами литого — 0,25; для прессованного в мелкой фасовке — 0,3 и для рафинированного сахара-песка — 0,1.

## 17.7. МОЛОКО И МОЛОЧНЫЕ ПРОДУКТЫ

Использование молока и молочных продуктов в хлебопекарном, кондитерском, макаронном и пищевом концентратном производствах позволяет повысить пищевую ценность и расширить ассортимент вырабатываемой продукции.

В качестве сырья для получения пищевых продуктов широко используют пастеризованное молоко, сливки, сухое и сгущенное молоко, молочную сыворотку, пахту, сметану, творог и сливочное масло.

### 17.7.1. МОЛОКО КОРОВЬЕ

В состав коровьего молока входят (%): вода — 85...89, жир — 3...5, белки — 2,8...3,6, лактоза — 4,5...5, минеральные вещества — 0,6...0,85, сухой остаток — 11...15. Молоко содержит биологически активные вещества: витамины, гормоны, ферменты, иммунные тела, а также пигменты.

Молочный жир находится в плазме молока в виде эмульсии, размер шариков жира составляет 2...3 мкм. Жировые шарики окружены лецитиново-белковой оболочкой, обеспечивающей стойкость этой природной эмульсии. При сильном механическом воздействии и действии химических веществ оболочка разрушается. Термообработка молока оказывает дестабилизирующее влияние на свойства эмульсии жира.

Температура плавления молочного жира 27...34 °С. Молочный жир характеризуется высоким содержанием ацилглицеринов насыщенных жирных кислот, в том числе низкомолекулярных (масляной, капроновой, каприловой, каприновой), что обуславливает его низкую температуру плавления.

Кроме ацилглицеринов жирных кислот молочный жир содержит сложные липиды, такие, как фосфолипиды (лецитин, кефалин) и стерины.

Молочный жир обладает высокой пищевой ценностью, что обусловлено его низкой температурой плавления, высокой степенью дисперсности, хорошей усвояемостью (95 %).

В молоке содержатся разнообразные белки: казеин — 2,7 %, альбумин — 0,4, глобулин — 0,12 %.

Казеин относится к фосфопротеидам, в молоке он содержится в виде растворимой кальциевой соли. Он устойчив к действию высоких температур пастеризации. Под воздействием кислот, солей и ферментов казеин коагулирует. Образование сгустка происходит при молочнокислом брожении или под воздействием сычужного фермента.

Альбумин находится в молоке в растворенном состоянии, он не осаждается кислотами и сычужным ферментом. При нагревании молока до температуры выше 70 °С происходит денатурация альбумина, в результате чего образуется осадок.

Глобулин растворим в воде, в слабокислой среде при повышении температуры свыше 70 °С он свертывается.

Белки молока и молочных продуктов — полноценные белки, содержащие все необходимые для организма человека аминокислоты. Альбумин и глобулин содержат дефицитные аминокислоты: лизин, триптофан, метионин, треонин. Усвояемость белков молока 96...98 %.

Молодой сахар — лактоза находится в молоке в растворенном состоянии. Лактоза сбраживается молочнокислыми бактериями, кефирными дрожжами, пропионовыми кислотными бактериями, что используется в производстве творога, сыров, кисломолочных продуктов. В процессе длительного нагревания молока при высокой температуре в результате реакции меланоидинообразования происходит накопление темноокрашенных продуктов, имеющих специфические вкус и аромат. Наиболее активно взаимодействие идет при стерилизации, сгущении и сушке молока, в меньшей степени — при пастеризации.

Из минеральных веществ молоко содержит кальций, фосфор, калий и др. Кальций находится в молоке в виде соединений с казеином, фосфорной и лимонной кислотами. Фосфор входит в состав солей фосфорной кислоты, казеина и фосфолипидов. Наличие в молоке кальция в легкоусвояемой и хорошо сбалансированной с фосфором форме делает молоко и молочные продукты важнейшим источником кальция в рационе питания, особенно в детском возрасте.

Молоко содержит почти все необходимые человеку витамины, однако их содержание невелико и существенно зависит от времени года, рациона кормления и породы животных, от которых получено молоко.

Оценку качества молока проводят по органолептическим (запах, вкус, цвет, консистенция) и физико-химическим (плотность, титруемая кислотность, содержание жира) показателям, бактериальную обсемененность определяют по редуктазной пробе.

В производстве пищевых продуктов используют пастеризованное молоко. Тепловая обработка молока при температуре ниже точки его кипения называется *пастеризацией*. В результате пастеризации погибают вегетативные формы микроорганизмов, улучшается качество и повышается стойкость молока при хранении. Используют различные режимы пастеризации: длительную — при температуре 63...65 °С с выдержкой 30 мин, кратковременную — при температуре 72...76 °С с выдержкой 15...20 с, моментальную — при температуре 85 °С без выдержки.

Пастеризованное молоко вырабатывают с содержанием жира не менее 2,5; 3,2; 3,5; 6 %, а также нежирное. Все виды пастеризованного молока хранят при температуре 0...8 °С не более 36 ч с момента окончания технологического процесса. Кислотность молока не должна превышать 20...21 °Т.

## 17.7.2. МОЛОКО СГУЩЕННОЕ

Сгущенное молоко вырабатывают цельное с сахаром и нежирное, а также стерилизованное.

Сгущенные молочные консервы с сахаром производят из цельного молока, обезжиренного молока или пахты, полученной при изготовлении сладкосливочного масла.

Нормализованную молочную смесь смешивают с сахарным сиропом, сгущают в вакуум-аппаратах до стандартной массовой доли сухих веществ. Готовый продукт быстро охлаждают в вакуум-охладителях, при этом вносится затравка в виде мелкокристаллической рафинированной лактозы, что приводит к равномерной и быстрой кристаллизации лактозы. Продукт фасуют в металлические банки и герметически укупоривают для длительного хранения, а для использования в пищевой промышленности — в фанерные бочки и фляги.

Сгущенное молоко с сахаром должно иметь следующий состав: содержание сахара — не менее 43,5 % (цельное) и 44 % (нежирное), влаги и сухих веществ — соответственно не более 26,5 и 30 и не менее 28,5 и 26 %.

Сгущенное и концентрированное стерилизованное молоко готовят путем выпаривания в вакуум-аппаратах с добавлением пищевых солей-стабилизаторов для предотвращения коагуляции белков.

Сгущенное молоко подвергают гомогенизации, при которой обеспечивается высокая степень диспергирования жировых шариков, что исключает расслоение продукта при хранении. Затем продукт фасуют в жестяные банки, герметически укупоривают их и стерилизуют при температуре 117 °С с выдержкой 20...30 мин.

Сгущенное стерилизованное молоко должно содержать не менее 25,5 % сухих веществ, концентрированное стерилизованное молоко — не менее 27,5 %.

Сгущенное молоко необходимо хранить при температуре 0...10 °С и относительной влажности воздуха не более 75...85 %.

## 17.7.3. СУХИЕ МОЛОЧНЫЕ ПРОДУКТЫ

Промышленность выпускает сухое молоко цельное и обезжиренное, пахту, сыворотку, сливки путем максимального удаления из продукта влаги, что позволяет получить стойкий при хранении продукт.

Цельное и обезжиренное молоко подвергают очистке, нормализации и пастеризации. Затем свободную влагу удаляют выпариванием, сгущенный продукт подвергают сушке. Наиболее часто используют распылительную или контактную сушку молока.

В процессе распылительной сушки предварительно сгущенное молоко распыляется в потоке горячего воздуха в сушильной камере, обезвоживание происходит за 1...2 с, причем температура частиц молока не превышает 50 °С. Высушенные частицы оседают в виде порошка на дно сушильной камеры, откуда его в дальнейшем выводят. Молоко распылительной сушки характеризуется высокой скоростью растворения.

При контактной сушке сгущенное молоко наносят на поверхность вальцов, разогретых до температуры 105...130 °С. Образующую пленку высушенного молока размалывают, охлаждают и упаковывают.

Сухое молоко представляет собой белый порошок с разной формой частиц и содержанием влаги от 4 до 7 %.

Сухое молоко хранят в герметической и негерметической упаковке при температуре до 10 °С и относительной влажности воздуха не более 75 %.

#### 17.7.4. СЛИВОЧНОЕ МАСЛО

Сливочное масло — энергетически ценный пищевой продукт, который вырабатывают из молока. Сливочное масло представляет собой молочный жир, в котором равномерно распределены капельки плазмы и пузырьки воздуха.

В состав сливочного масла входит до 83 % молочного жира, около 16 % воды, 1...2 % белков, лактозы и минеральных веществ, образующих плазму масла. В масле содержатся жирорастворимые витамины А, D, E, водорастворимые витамины группы В и С, причем их количество в масле, полученном летом, существенно выше. Сливочное масло обладает высокой энергетической ценностью (2728...3130 кДж/100 г) и усвояемостью (95...98 %).

Масло получают способом сбивания сливок или путем преобразования высокожирных сливок.

Производство сливочного масла способом сбивания включает стадии подготовки сливок, сбивания на маслоизготовителях периодического или непрерывного действия, промывания масла водой, механической обработки масла, фасования и упаковывания. При этом сливки жирностью 30...45 % пастеризуют при температуре 85...90 °С, затем быстро охлаждают до 2...8 °С и выдерживают в течение 2...12 ч. В процессе созревания сливок молочный жир переходит в твердое состояние. При выработке кисломолочного масла пастеризованные сливки сквашивают в течение 12...16 ч при температуре 14...18 °С с помощью чистых культур молочнокислых бактерий, после чего происходит созревание массы при низких температурах.

Перед сбиванием температуру созревших сливок доводят до 7...14 °С, так как при высокой температуре сбивания получают

масло мягкой, слабой консистенции, а при низкой температуре — масло с крошащейся структурой. В процессе сбивания сливок в результате интенсивного механического воздействия разрушается белково-лецитиновая оболочка эмульгированных шариков жира, они слипаются и образуют масляное зерно.

Обезжиренную часть сливок, называемую *пахтой*, отделяют. Пахта — ценный пищевой продукт, содержит 0,2...0,5 % жира, 4,5...5 % лактозы, 3,2...3,5 % белка, 0,5...0,7 % минеральных веществ.

Сливки сбивают в маслоизготовителях периодического или непрерывного действия. После сбивания пахту отделяют, а масляное зерно промывают водой. Затем для получения однородной структуры, определенной пластичности и для удаления воды проводят механическую обработку масла на специальных машинах. При выработке соленого масла сухую соль или ее насыщенный раствор вносят в масло перед началом механической обработки или в процессе ее. Соль растворяется в плазме масла и препятствует развитию микроорганизмов, поэтому соленое масло имеет более длительный срок хранения.

Производство сливочного масла путем преобразования высокожирных сливок на поточных линиях включает стадии получения сливок, жирность которых равна жирности сливочного масла (83 %), и придания им структуры и консистенции сливочного масла.

Сливки жирностью 36...40 %, предназначенные для выработки масла, подвергают пастеризации при температуре 85...90 °С. Затем их сепарируют и получают сливки жирностью 83 %. Высокожирные сливки подают в маслоизготовитель, где быстро охлаждают до температуры 12...14 °С и подвергают механической обработке. В результате обработки происходит кристаллизация молочного жира, образуется однородная структура масла с равномерно распределенной влагой. Масло, изготовленное поточным способом, обладает большой стойкостью при хранении.

Сливочное масло, предназначенное для длительного хранения, хранят в холодильных камерах. Продолжительность хранения при температуре -18 °С составляет 12 мес, при -12 °С — до 9 мес. Фасованное масло может храниться при температуре -18 °С не более 1 мес.

В соответствии с ГОСТ Р 52176 и ГОСТ Р 51917 промышленность вырабатывает сливочное масло: сладко-сливочное, включая стерилизованное; кисло-сливочное; подсырное. Сладко-сливочное и кисло-сливочное масло в зависимости от массовой доли жира подразделяют на классическое и пониженной жирности. В свою очередь эти масла подразделяют на несоленое и соленое. Несоленое сливочное масло готовят из свежих пастеризованных сливок (сладкосливочное) или из предварительно сквашенных сливок (кислосливочное), оно содержит не менее 82,5 % жира и не более 16 % влаги.

Соленое сливочное масло получают аналогично несоленому, но с добавлением 1 % поваренной соли. Содержание жира в нем не менее 81,5 %, влаги — не более 16 %.

Вологодское сладкосливочное масло вырабатывают из сливок, прошедших пастеризацию при температуре 95...98 °С, в результате масло приобретает специфические вкус и аромат. Масло содержит не менее 82,5 % жира и не более 16 % влаги.

Любительское сливочное масло изготавливают из свежих или сквашенных пастеризованных сливок. Содержание жира в любительском масле не менее 78 %, влаги — не более 20 %. Соленое любительское масло содержит не менее 77 % жира, не более 20 % влаги, 1 % поваренной соли.

Крестьянское масло (сладкосливочное и кислосливочное) содержит не менее 72,5 % жира и не более 25 % влаги.

Бутербродное масло (сладкосливочное и кислосливочное) содержит не менее 61,5 % жира и не более 35 % влаги.

### 17.7.5. ТОПЛЕННОЕ МАСЛО

Топленое масло получают вытапливанием молочного жира из сливочного масла. Для этого используют два способа: сепарирование, а также сепарирование и отстой. Готовое топленое масло фасуют в деревянные бочки, металлические фляги и банки. Для получения однородной зернистой структуры топленого масла применяют специальные режимы охлаждения. Содержание жира в топленом масле не менее 98 %, влаги — не более 1 %.

Качество сливочного и топленого масла оценивают по химическим и органолептическим показателям. Масло должно иметь чистые вкус и запах, характерные для данного вида, без посторонних привкуса и запаха. Консистенция топленого сливочного масла при 10...12 °С плотная. Поверхность масла в разрезе слабоблестящая и сухая на вид или с наличием одиночных мельчайших капелек влаги. Консистенция топленого масла мягкая, зернистая, растопленное масло должно быть прозрачным, без осадка. Цвет масла однородный, от белого до светло-желтого. Содержание жира и влаги должно соответствовать ГОСТу на данный вид масла.

### 17.8. ВОДА

Пищевые предприятия потребляют большое количество воды для технологических целей. Вода может служить сырьем и входить в состав готового продукта (хлеб, пиво, ликероводочные изделия, квас и др.). Воду используют также в качестве растворителя для получения растворов сырья, сиропов, диффузионного сока и др.

Пищевые предприятия используют преимущественно воду из



городских водопроводов, а также из артезианских скважин, рек и водохранилищ.

Состав и свойства воды должны соответствовать ГОСТу. Питьевая вода должна быть безопасна в эпидемическом отношении, безвредна по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства. Вода должна быть бесцветной, прозрачной, без запаха и привкуса.

Микробиологические показатели качества воды характеризуются общим числом микроорганизмов и числом бактерий группы кишечной палочки. Число микроорганизмов в 1 см<sup>3</sup> воды не должно превышать 100. Отдельно определяют число бактерий группы кишечной палочки. Наличие их в воде свидетельствует о фекальном загрязнении. Этот показатель характеризуется величиной коли-индекса, показывающей, какое количество бактерий группы кишечной палочки находится в 1 дм<sup>3</sup> воды. Коли-индекс питьевой воды не должен превышать 3.

Безвредность химического состава воды контролируется на содержание в ней алюминия, молибдена, мышьяка, нитратов, полиакриламида, свинца, селена, стронция, фтора и бериллия.

В состав воды входят химические вещества (железо, кальций, магний, марганец, медь, сульфаты, хлориды, карбонаты), влияющие на органолептические свойства.

Существенное значение для ряда технологических операций имеет жесткость воды. *Жесткостью воды* называют свойство воды, обусловленное содержанием в ней ионов кальция и магния. Единицей жесткости является моль на кубический метр (моль/м<sup>3</sup>). Величине жесткости воды 1 моль/м<sup>3</sup> соответствует массовая концентрация эквивалентов ионов кальция 20,04 г/м<sup>3</sup> и ионов магния 12,153 г/м<sup>3</sup>. Числовое значение жесткости, выраженное в моль/м<sup>3</sup>, равно числовому значению жесткости, выраженному в мг · экв/л.

Различают следующие виды жесткости: общая, карбонатная, некарбонатная, устранимая и неустраиваемая.

*Общая жесткость воды* выражается суммой молярных концентраций эквивалентов ионов кальция ( $1/2 \text{Ca}^{2+}$ ) и магния ( $1/2 \text{Mg}^{2+}$ ) в воде. Величина общей жесткости питьевой воды не должна превышать 7 моль/м<sup>3</sup>.

*Карбонатная жесткость воды* определяется суммой молярных концентраций эквивалентов карбонатных ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) и гидрокарбонатных ( $\text{HCO}_3^-$ ) ионов в воде.

*Некарбонатная жесткость воды* представляет собой разность между общей и карбонатной жесткостью и связана с наличием в воде сульфатов и хлоридов.

*Устраиваемая жесткость воды* обусловлена наличием в воде карбонатных и гидрокарбонатных ионов солей кальция и магния, которые при длительном кипячении образуют осадок. Данный вид жесткости воды определяется экспериментальным путем.

*Неустраняемая жесткость воды* представляет собой разность между общей и устранимой жесткостью, величина которой зависит от содержания солей, не выделяющихся после кипячения.

Окисляемость воды характеризует загрязненность ее органическими веществами. Окисляемость выражают в миллиграммах кислорода, израсходованного на окисление примесей, содержащихся в 1 дм<sup>3</sup> воды. Окисляемость питьевой воды не должна превышать 3 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>.

Суммарным показателем качества питьевой воды является содержание сухого остатка нелетучих неорганических и органических веществ, не превышающее 1000 мг/дм<sup>3</sup>.

При подготовке питьевой воды, удовлетворяющей соответствующим гигиеническим требованиям, проводят ее очистку, которая включает в себя осветление воды фильтрованием, удаление коллоидных примесей коагуляцией, умягчение воды, обеззараживание путем хлорирования или озонирования.

Некоторые пищевые технологии предъявляют особые требования к жесткости воды. Так, при производстве солода нежелательно использовать воду с высокой карбонатной жесткостью. Общая жесткость воды для пивоваренного производства не должна превышать 4...5 моль/м<sup>3</sup>, а для производства светлых сортов пива — не более 3 моль/м<sup>3</sup>. В ликероводочном производстве применяют воду с общей жесткостью в пределах 1 моль/м<sup>3</sup>. Таким образом, для перечисленных производств необходимо удалить соли кальция и магния, обуславливающие жесткость воды.

Существуют различные способы умягчения воды. Для этого в воду добавляют реагенты (известь и карбонат натрия), которые переводят соли жесткости в нерастворимые соединения, а образовавшийся осадок затем отделяют фильтрованием.

Умягчение воды с помощью ионообмена состоит в том, что воду пропускают через ионообменные фильтры. В катионитовом фильтре происходит замещение ионов кальция и магния на ионы водорода или натрия. Анионитовые фильтры применяют для очистки воды от кислотных радикалов. Ионообменные фильтры применяют для обработки воды с невысокой жесткостью. Этот эффективный метод очистки дает возможность получить очень мягкую воду.

## 17.9. ЯЙЦА И ЯЙЦЕПРОДУКТЫ

Яйца и яйцопродукты широко используют в хлебопекарном, кондитерском и пищевом концентратном производствах. Применяют преимущественно куриные яйца, а также мороженные (меланж, желток, белок) и сухие яйцопродукты (яичный порошок, белок, желток).

Яйца содержат: около 73,6 % воды, 12,8 — белков, 11,8 — жи-

ров, 1 — углеводов и 0,8 % минеральных веществ. Составные части яйца: белок — 56 %, желток — 32 и скорлупа — 12 %.

В состав яичного белка входят азотистые вещества (белки), обеспечивающие пенообразование. Яичный желток имеет большую пищевую ценность, так как содержит 32,6 % жира, 16,6 % белков, витамины, в том числе жирорастворимые.

Яйца бывают диетическими и столовыми. Диетические яйца должны иметь массу не менее 44 г и срок хранения не более 7 сут после снесения. Столовыми являются яйца, имеющие массу до 43 г независимо от срока хранения, а также яйца массой более 44 г со сроком хранения более 7 сут.

Яичный меланж — это замороженная яичная смесь, освобожденная от скорлупы. Иногда вырабатывают меланж с добавлением 0,8 % поваренной соли или 5 % сахара. Производят также мороженые яичный белок и желток.

Яичный порошок представляет собой высушенную яичную массу. Содержание влаги в яичном порошке должно составлять 4...8,5 %.

Высушивают также отдельно белок и желток, получая соответствующие сухие продукты. Высушивание проводят в распылительных сушилках.

#### *Контрольные вопросы*

1. Из каких анатомических частей состоит зерновка злаковых культур?
2. Чем отличается зерно ржи от зерна пшеницы?
3. Каковы особенности твердой и мягкой пшеницы?
4. Какими свойствами характеризуется зерновая масса?
5. В чем заключается подготовка зерна к помолу?
6. Как получают муку сложным повторительным помолом?
7. Каким физико-химическим показателем оценивается качество муки?
8. Каков химический состав муки?
9. Что такое солод и какова его роль в производстве?
10. Какие виды солодов используют в пищевой промышленности?
11. Какие основные масличные культуры произрастают в России?
12. Каков химический состав крахмала?
13. Чем объясняются гигроскопичность крахмала и его адсорбционная способность?
14. Что служит сырьем для получения крахмала?
15. Какие показатели качества характеризуют картофельный и кукурузный крахмал?
16. Где используется низкосахарная крахмальная патока?
17. Какие требования предъявляют к готовому сахару-песку?
18. Чем отличается сахар-рафинад от нерафинированного сахара?
19. Что входит в состав коровьего молока?
20. В каких условиях хранят пастеризованное молоко?
21. Какие виды сгущенных молочных консервов вы знаете?
22. Какие виды сливочного масла вы знаете?
23. Что такое жесткость воды?
24. В каких единицах выражается жесткость воды?
25. Как проводят умягчение воды?
26. Что входит в состав куриных яиц?
27. Какие виды яйцепродуктов вы знаете?

## Глава 18

# ПИЩЕВЫЕ И БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ДОБАВКИ

Технологический процесс в пищевых и перерабатывающих отраслях АПК мира и России, в частности, во многом определяется достижениями фундаментальных и прикладных наук, в том числе науки о питании; он связан с новыми техническими и технологическими возможностями, которые появились в конце XX в. Все это привело не только к крупным изменениям в получении традиционных продуктов питания, но и к появлению нового поколения пищевых продуктов, отвечающих требованиям сегодняшнего дня (рис. 18.1). Это продукты с хорошим вкусом и ароматом, со сбалансированным составом, низкой калорийности, с пониженным содержанием сахара и жира, функционального назначения (полезные для здоровья), быстрого приготовления и длительного хранения.

При совершенствовании технологии получения традиционных продуктов питания, создании продуктов нового поколения широко используются пищевые и биологически активные добавки, ароматизаторы и технологические улучшители, объединяемые под общим названием «пищевые ингредиенты» (рис. 18.2).

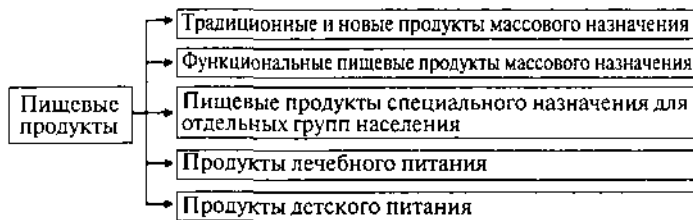


Рис. 18.1. Классификация пищевых продуктов



Рис. 18.2. Пищевые ингредиенты

## 18.1. ПИЩЕВЫЕ ДОБАВКИ

*Пищевые добавки* (ПД) — природные вещества и искусственные соединения, разрешенные Минздравом РФ, обычно не употребляемые в пищу в качестве пищевого продукта или составного компонента пищи, но преднамеренно вводимые в пищевой продукт в процессе его изготовления по технологическим соображениям на разных этапах производства, хранения, транспортирования с целью улучшения или облегчения производственного процесса или отдельных его операций, увеличения стойкости продукта к различным видам порчи, создания или сохранения структуры или внешнего вида продукта или специального изменения его органолептических свойств.

Основные цели введения пищевых добавок, определяющие их технологические функции, показаны на рис. 18.3.

Существует принципиальное различие между пищевыми добавками и вспомогательными материалами, употребляемыми в ходе технологического процесса.

*Вспомогательные материалы* — любые вещества или материалы, которые, не являясь пищевыми ингредиентами, преднамеренно вводятся в сырье и пищевые системы с целью улучшения технологии. В готовых пищевых продуктах вспомогательные материалы или отсутствуют, или присутствуют в виде неудаляемых остатков.

Человек использует пищевые добавки (соль, уксусную кислоту, специи, мед, ароматические вещества) на протяжении многих веков. Однако их широкое использование началось в конце XIX в. и было связано с увеличением объемов производства продуктов питания, ростом городского населения, совершенствованием традиционных технологий. В настоящее время наблюдается бурный рост производства и применения пищевых добавок.

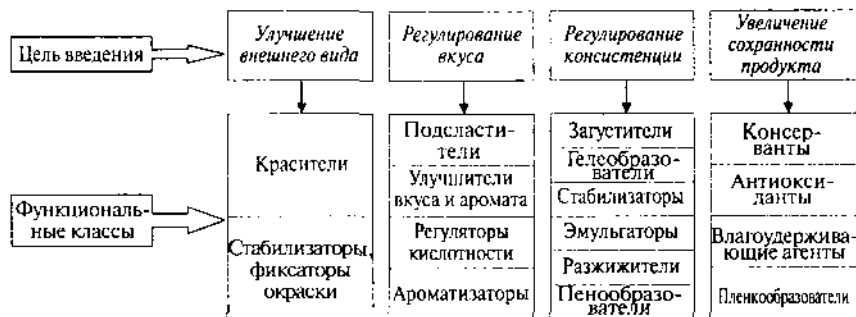


Рис. 18.3. Технологические функции пищевых добавок

Для гармонизации использования пищевых добавок Европейским Советом разработана *рациональная система цифровой кодификации пищевых добавок*. Она включена в Кодекс ФАО — ВОЗ (ФАО — Всемирная продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН, ВОЗ — Всемирная организация здравоохранения) для пищевых продуктов (Codex Alimentarius, Ed. 2, V. 1) как международная цифровая система кодификации пищевых добавок (International Numbering System — INS). Каждой пищевой добавке присвоен цифровой трех- или четырехзначный номер (в Европе с предшествующей ему буквой «Е»). Коды используются в сочетании с названиями функциональных классов, отражающих группировку пищевых добавок по технологическим функциям (подклассам).

Наличие пищевых добавок в продукте должно указываться на этикетке (Закон РФ «О защите прав потребителей», п. 2 ст. 10, ГОСТ Р 51074—2004 «Продукты пищевые. Информация для потребителя»). В информации может быть указано конкретное вещество или его функциональная особенность (функциональный класс, технологическая функция) в сочетании с кодом «Е». Например: консервант Е211, или бензоат натрия. При использовании ароматизатора указывается его групповая принадлежность: натуральный, идентичный натуральному или искусственный.

Присвоение конкретному веществу статуса пищевой добавки и идентификационного номера Е подразумевает, что данное конкретное вещество проверено на безопасность, имеет разрешение к применению; для него установлены критерии чистоты, необходимые для достижения определенного уровня качества продуктов питания.

*Качество пищевых добавок* — это совокупность характеристик, которые обуславливают технологические свойства и безопасность пищевых добавок.

Отдельные пищевые добавки выполняют комплексные технологические функции, которые эффективно проявляются в зависимости от особенностей пищевой системы. Например, лецитины (Е322) используются в качестве эмульгаторов, стабилизаторов, антиоксидантов, синергистов антиоксидантов, влагоудерживающих агентов, хлебопекарных улучшителей.

Основные функциональные классы пищевых добавок приведены в табл. 18.1.

Таблица 18.1

**Классификация пищевых добавок**

№ п/п	Функциональные классы (для целей маркировки)	Технологические функции	Подклассы
1	Кислоты	Повышают кислотность и/или придают кислый вкус пищевому продукту	Кислотообразователи

№ п/п	Функциональные классы (для целей маркировки)	Технологические функции	Подклассы
2	Регуляторы кислотности	Изменяют (регулируют) кислотность или щелочность пищевого продукта	Кислоты, щелочи, основания, буферы, регуляторы рН
3	Консерванты	Увеличивают срок хранения продуктов, защищают их от порчи, вызванной микроорганизмами	Противомикробные и противогрибковые добавки, добавки для борьбы с бактериофагами, химические стерилизующие добавки (используются при созревании вин), дезинфектанты
4	Антиокислители (антиоксиданты)	Увеличивают срок хранения пищевых продуктов, защищая от вызванной окислением порчи (например, прогоркание жиров или изменение цвета)	Антиокислители, синергисты антиокислителей, комплексообразователи
5	Стабилизаторы консистенции	Поддерживают и сохраняют однородную смесь двух или более несмешиваемых веществ в пищевом продукте	Связывающие уплотнители, влаго- и водоудерживающие вещества, стабилизаторы пены
6	Эмульгаторы	Образуют и поддерживают однородную смесь двух или более несмешиваемых фаз, таких, как масло и вода, в пищевом продукте	Эмульгаторы, мягчители, рассеивающие добавки, поверхностно-активные добавки, смачивающие вещества
7	Эмульгирующие соли (соли-плавители)	Взаимодействуют с белками сыров, предупреждая отделение жира при изготовлении плавленых сыров	Соли-плавители, комплексообразователи
8	Гелеобразователи (желеобразователи)	Формируют текстуру пищевого продукта путем образования геля	Гелеобразователи, текстураторы
9	Загустители	Повышают вязкость пищевого продукта	Загустители, текстураторы
10	Наполнители (вещества, иные, чем вода или воздух)	Увеличивают объем продукта, не влияя заметно на его энергетическую ценность	Наполнители
11	Уплотнители	Делают или сохраняют ткани фруктов и овощей плотными и свежими, взаимодействуют с гелеобразователем для образования или укрепления геля	Уплотнители растительных тканей
12	Влагоудерживающие агенты	Удерживают влагу и предохраняют пищевые продукты от высыхания, нейтрализуют влияние атмосферного воздуха с низкой влажностью	Добавки, удерживающие влагу (воду), смачивающие добавки

№ п/п	Функциональные классы (для целей маркировки)	Технологические функции	Подклассы
13	Глазираторы	Придают пищевому продукту блестящий вид или образуют защитный слой, будучи нанесенными на наружную поверхность продукта	Пленкообразователи, полирующие вещества
14	Красители	Придают, усиливают или восстанавливают окраску продукта	Красители
15	Вещества, сохраняющие окраску	Стабилизируют, сохраняют или усиливают окраску продукта	Фиксаторы и стабилизаторы окраски
16	Подсластители (вещества несхарной природы)	Придают пищевым продуктам и готовой пище сладкий вкус	Сахарозаменители, интенсивные подсластители
17	Вещества, препятствующие слеживанию и комкованию	Снижают тенденцию частиц пищевого продукта прилипнуть друг к другу	Добавки, препятствующие затвердеванию; вещества, уменьшающие липкость; высушивающие добавки; присыпки; разделяющие вещества
18	Пеногасители	Предупреждают или снижают образование пены	Пеногасители
19	Пенообразователи	Создают условия для равномерной диффузии газобразной фазы в жидкие и твердые пищевые продукты	Взбивающие добавки, аэрирующие добавки
20	Усилители вкуса и аромата (запаха)	Усиливают природный вкус и/или запах пищевого продукта	Усилители и модификаторы вкуса
21	Вещества для обработки муки	Улучшают хлебопекарные качества или цвет муки	Отбеливающие добавки, улучшители цвета муки
22	Разрыхлители (вещества или комбинации нескольких веществ)	Освобождают газ, увеличивая таким образом объем теста	Разрыхлители; вещества, способствующие жизнедеятельности дрожжей
23	Пропелленты (газы, иные, чем воздух)	Выталкивают продукт из контейнера	Пропелленты
24	Ароматизаторы пищевые — смесь ароматических веществ или индивидуальное ароматическое вещество	Улучшают аромат и вкус пищевого продукта	Ароматизаторы натуральные; ароматизаторы, идентичные натуральным; ароматизаторы искусственные
25	Ферментные препараты	Обеспечивают ведение биотехнологических процессов	Ферментные препараты (энзимы)



## 18.1.1. ГИГИЕНИЧЕСКАЯ РЕГЛАМЕНТАЦИЯ ПИЩЕВЫХ ДОБАВОК

Наряду с необходимыми и полезными веществами с пищей в организм человека поступает большое количество посторонних веществ, в том числе специально вносимых в продукты по технологическим соображениям. Поступая в организм, эти разнообразные по своей природе соединения могут вызвать различные интоксикации. Для гигиенической регламентации чужеродных веществ на основе токсикологических критериев международными организациями, а также органами здравоохранения отдельных государств приняты следующие основные показатели:

**ПДК** — предельно допустимая концентрация (мг/кг продукта), которая при ежедневном воздействии в течение сколь угодно длительного времени не может вызвать настоящего и последующих поколений заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований (ГОСТ 17.4.1.01—84).

**ДСП** (англ. ADI — acceptable daily intake) — допустимое суточное поступление (мг/кг массы тела в сутки), определяемое как количество вещества, которое при ежедневном поступлении в организм человека в течение всей жизни не оказывает негативного влияния на его здоровье.

Пищевые добавки, как любые химические соединения, введенные в продукты питания, могут быть токсичными, поэтому проблеме безопасности пищевых добавок уделяется особое внимание.

*Безопасность пищевых добавок* — отсутствие опасности для жизни и здоровья людей нынешнего и будущих поколений.

**Процедура установления безопасности пищевых добавок.** Безвредность пищевых добавок определяется на основе широких сравнительных исследований, предпринимаемых такими органами, как Объединенный комитет экспертов по пищевым добавкам (КЭПД) ФАО—ВОЗ и Научный комитет по продуктам питания Европейского союза (SCF). Использование пищевых добавок запрещено, если они не прошли соответствующую проверку и не определено их допустимое суточное поступление.

Для определения безопасного уровня воздействия пищевой добавки на человека, т. е. установления ее допустимого суточного поступления (ДСП), величину дозы добавки, которая не оказывает токсического действия в опытах по хронической токсичности, делят на коэффициент безопасности, принятый равным 100 во избежание проявления неучтенных факторов.

Международный опыт организации и проведения системных токсиколого-гигиенических исследований пищевых добавок обобщен в специальном документе ВОЗ (1987/1991) «Принципы оценки безопасности пищевых добавок и контаминантов в продуктах питания».

Согласно Закону Российской Федерации «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» государственный предупредительный и текущий санитарный надзор проводят органы

санитарно-эпидемиологической службы. Безопасность применения пищевых добавок в производстве пищевых продуктов регламентируется документами Министерства здравоохранения РФ на федеральном уровне.

**Технологическая регламентация применения пищевых добавок.** Использование в продуктах питания отдельных пищевых добавок, практически не обладающих токсическим действием, ограничивается только уровнем достижения технологического эффекта (например, заданного повышения вязкости для загустителя), для них величина ДСП не регламентируется. В таких случаях максимальный уровень добавки в продукте определяется практикой его производства, что обозначается как «согласно ТИ», или «GMP» (в английских версиях международных нормативов).

Согласно технологической инструкции (ТИ) использование пищевых добавок в продуктах питания обусловлено технологической целесообразностью. Количество вносимых пищевых добавок не должно превышать уровней, необходимых для достижения технологического эффекта в соответствии с современной технологией (рекомендуемой практикой) производства пищевых продуктов.

В Российской Федерации возможно применение только тех пищевых добавок, которые имеют разрешение Госсанэпиднадзора России в четко определенных пределах.

### **18.1.2. ВЕЩЕСТВА, УЛУЧШАЮЩИЕ ВНЕШНИЙ ВИД ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ**

В основную группу веществ, отвечающих за внешний вид (привлекательность) продуктов, входят пищевые красители, вещества, способствующие сохранению окраски, и отбеливатели.

Цвет пищевых продуктов для потребителя служит характеристикой его узнаваемости, свежести, качества, конкурентной способности.

В то же время при реализации современных пищевых технологичных продукты питания часто изменяют свою первоначальную, привычную для потребителя окраску, а иногда приобретают неэстетический внешний вид, что делает их менее привлекательными.

**Пищевые красители.** Это химические синтетические вещества или природные соединения, которые придают или усиливают цвет пищевого продукта (рис. 18.4). К красителям относятся также естественные компоненты пищевых продуктов или биологических объектов, не употребляемых обычно в качестве пищевого продукта или составной части пищи (табл. 18.2).

К пищевым добавкам-красителям не относятся:

окрашенные пищевые продукты (плоды, ягоды), включая сушеные и концентрированные;

пряности и специи, используемые в процессе получения сложных пищевых продуктов из-за их вкусоароматических или пищевых свойств, обладающие вторичным красящим эффектом (фрук-



Рис. 18.4. Классификация пищевых красителей

товые и овощные соки или пюре, кофе, какао, шафран, паприка и др.);

красители, применяемые для окрашивания несъедобных наружных частей пищевых продуктов (несъедобные оболочки для сыров, колбас и др.).

Подкрашивание пищевых продуктов допускается как отдельными (индивидуальными) красителями, так и их комбинациями, состоящими из двух и более индивидуальных красителей.

Таблица 18.2

**Пищевые красители, разрешенные к применению в Российской Федерации**

Индекс	Пищевые красители	Индекс	Пищевые красители
<i>Натуральные</i>		<i>Синтетические</i>	
E100	Куркумины	E102	Тартразин
E101	Рибофлавин	E104	Желтый хинолиновый
E103	Алканет	E107	Желтый 2G
E120	Кармины	E110	Желтый «солнечный закат»
E140	Хлорофилл	E122	Азорубин
E141	Хлорофилла медные комплексы	E124	Понсо 4R
E150	Сахарный колер	E128	Красный 2G
E160 (a-f)	Каротины	E129	Красный очаровательный
E161 (a-d)	Каротиноиды	E131	Синий патентованный V
E162	Красный свекольный	E132	Индигокармин
E163	Антоцианы	E133	Синий блестящий FCF
E181	Танины пищевые	E142	Зеленый S
E182	Орсейл	E143	Зеленый прочный FCF
	Красный рисовый	E151	Черный блестящий PN
		E155	Коричневый HT
<i>Минеральные</i>			Красный для карамели 1
E152	Уголь		Красный для карамели 2
E153	Уголь растительный		Красный для карамели 3
E170	Карбонаты кальция		Ультрамарин
E171	Диоксид титана		
E172 (i-iii)	Оксиды железа:		
E172 (i)	оксид железа (+2; +3) черный;		
E172 (ii)	оксид железа (+3) красный;		
E172 (i-iii)	оксид железа (+3) желтый.		
E174	Серебро		
E175	Золото		

Красители, не имеющие разрешения к применению при производстве пищевых продуктов в РФ: эритрозин (E127), коричневый FK

(E154), алюминий (E173), кармаум, крацин, крошети, зеаксанин, сантали, цитранексанти.

*Красители, запрещенные к применению при производстве пищевых продуктов в РФ:* амарант (E123), цитрусовый красный 2 (E121).

*Натуральные красители* — природные соединения пищевых и биологических объектов, не употребляемых обычно в качестве продуктов питания или их составной части.

*Синтетические красители* — красители, полученные методами синтеза и не встречающиеся в природе.

*Минеральные (неорганические) красители* — неорганические соединения, встречающиеся в природе или полученные путем химического синтеза в промышленных условиях.

**Цветокорректирующие материалы и вещества, сохраняющие окраску (фиксаторы и стабилизаторы окраски).** Это пищевые добавки, стабилизирующие, сохраняющие (или усиливающие) окраску пищевого продукта.

*Отбеливатели (отбеливающие вещества)* предотвращают и устраняют нежелательное окрашивание продукта путем химической реакции с его компонентами.

*Отбеливатели, разрешенные к применению при производстве пищевых продуктов в РФ:* пероксид водорода, пероксид бензоила (E928), диоксид серы (E220), сульфит натрия (E221), гидросульфит натрия (E222), пиросульфит натрия (E223), пиросульфит калия (E224), сульфит калия (E225), сульфит кальция (E226), гидросульфит кальция (E227), бисульфит калия (E228).

*Фиксаторы (стабилизаторы) окраски* сохраняют природную окраску пищевых продуктов при их переработке и хранении или замедляют нежелательное изменение окраски. Они могут сильно отличаться по химическому строению и принципу действия. Широко применяются во многих отраслях пищевой промышленности.

*Фиксаторы (стабилизаторы) окраски, разрешенные к применению при производстве пищевых продуктов в РФ:* аскорбиновая кислота (L-) (E300), аскорбат натрия (E301), аскорбат кальция (E302), аскорбат калия (E303), аскорбилпальмитат (E304), аскорбилстеарат (E305), *изо*-аскорбиновая кислота (E315), *изо*-аскорбат натрия (E316), *изо*-аскорбат калия (E317), *изо*-аскорбат кальция (E318), лимонная кислота (E330), цитраты натрия (E331), цитраты калия (E332), цитраты кальция (E333), винная кислота (E334), тартраты натрия (E335), тартраты калия (E336), тартрат калия-натрия (E337), цитрат магния (E345), тартрат кальция (E354), цитрат аммония (E380), диоксид серы (E220), сульфит натрия (E221), гидросульфит натрия (E222), пиросульфит натрия (E223), пиросульфит калия (E224), сульфит калия (E225), сульфит кальция (E226), гидросульфит кальция (E227), бисульфит калия (E228), нитрит калия (E249), нитрит натрия (E250), нитрат натрия (E251), нитрат калия (E252), уксусная кислота (E260), этилендиаминтетраацетат кальция-натрия (E385), этилендиаминтетраацетат динатрия (E386), фосфаты

натрия (E339), фосфаты калия (E340), фосфаты кальция (E341), фосфаты аммония (E342), фосфаты магния (E343), пирофосфаты (E450), трифосфаты (E451), полифосфаты (E452), карбонаты магния (E504), сульфат меди (E519), глюконат железа (E579), натриевая и калиевая соли *L*-цистеина и его гидрохлоридов.

Пищевые продукты, к которым добавление красителей не допускается: молоко пастеризованное, стерилизованное, шоколадное; кисломолочные продукты и пахта неароматизированные; молоко, сливки консервированные, концентрированные, сгущенные неароматизированные; яйца и продукты из яиц (для окрашивания скорлупы пасхальных яиц допустимы пищевые красители); мясо, птица, дичь, рыба, ракообразные, моллюски цельные, куском или измельченные, включая фарш, без добавления других ингредиентов, сырые; мука, крупы, бобовые; фрукты, овощи, грибы свежие и сушеные; фруктовые и овощные соки, пасты, пюре; овощи (кроме маслин), фрукты, грибы консервированные, включая пюре, пасты; сахар, глюкоза, фруктоза; мед; какаопродукты, шоколадные ингредиенты в кондитерских и других изделиях; кофе жареный, цикорий, чай, экстракты из них; специи и смеси из них; соль поваренная, заменители соли; специализированные пищевые продукты для здоровых и больных детей (до 3 лет); вода питьевая в бутылках и банках.

### 18.1.3. ВЕЩЕСТВА, ВЛИЯЮЩИЕ НА ВКУС И АРОМАТ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

При оценке пищевых продуктов потребитель особое внимание обращает на их вкус и аромат. Большую роль играют традиции, привычки, ощущение гармонии, которое возникает в организме человека при употреблении пищевых продуктов с привычным вкусом и ароматом. Неприятный, нетипичный вкус часто и справедливо связывают с низким качеством пищевого продукта. К пищевым добавкам, определяющим вкус и аромат продуктов питания, относят подсластители, ароматизаторы, усилители вкуса и аромата, регуляторы кислотности, соленые вещества.

**Подслащающие вещества.** В пищевой промышленности с давних времен широко применяются подслащающие вещества — соединения неуглеводной природы, обладающие сладким вкусом.

Применение подслащающих веществ связано с созданием низкокалорийных продуктов, продуктов для людей, больных сахарным диабетом. Различают сахарозаменители и подсластители (рис. 18.5).

**Сахарозаменители.** Полиолы придают пищевым продуктам сладкий вкус, могут выполнять отдельные технологические функции сахара, не вызывают кариес, используются в производстве пищевых продуктов для больных сахарным диабетом. Их сладость ( $K_{сл}$ ) по отношению к сладости сахарозы ( $K_{сл} = 1$ ) равна  $0,35...0,9$ .

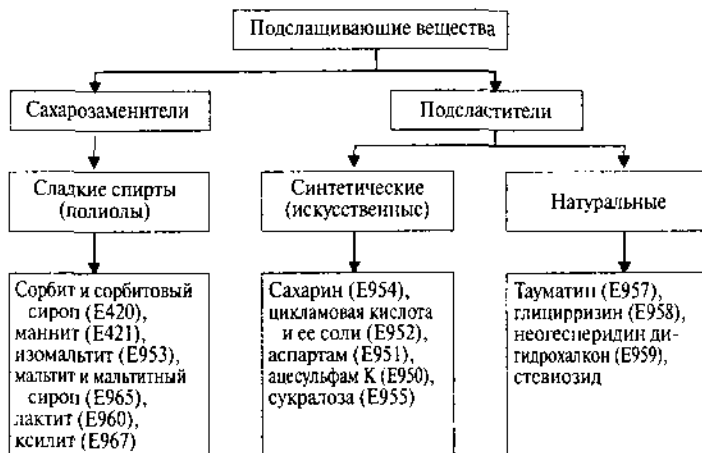


Рис. 18.5. Классификация подслащивающих веществ

Области применения сахарозаменителей: производство жевательной резинки, мороженого, консервированных фруктов и овощей; в хлебопекарной и кондитерской промышленности; для непосредственной продажи населению.

**Интенсивные подсластители.** Вещества несакхарной природы, применяемые для придания продукту сладкого вкуса, в десятки или сотни раз слаще сахара. Подсластители не несут энергетической нагрузки, не требуют для усвоения инсулина, не вызывают кариеса. Для приближения профиля сладости в продуктах к эталону (сладость сахарозы) обычно используют смеси подсластителей.

Области применения интенсивных подсластителей: производство напитков, жевательной резинки, соусов, консервированных фруктов и овощей; в молочной, хлебопекарной и кондитерской промышленности; для непосредственной продажи населению.

*Подсластители, не имеющие разрешения к применению при производстве пищевых продуктов в РФ:* алитам INS, дульцит, миракулин, монелин, осладин, периллаальдексидоксим, полиглюкоза, ребаудиозид свитнер 2000, эрнандульцин, филодульцин.

В последнее время все большее внимание уделяется комплексным подсластителям, которые представляют собой смеси различных подсластителей. При их составлении учитывают сладость смеси, возможное улучшение вкуса, продолжительность ощущения сладости, технологические характеристики, цену смеси.

**Ароматизаторы.** *Пищевые ароматизаторы* — это вкусоароматические вещества или смеси вкусоароматических веществ (с растворителем, наполнителем или без них), которые вносят в пищевые продукты для улучшения или придания им аромата и вкуса. В состав ароматизаторов могут входить разрешенные пищевые до-

бавки. Пищевым ароматизаторам код Е не присваивается. В Европе их применение регламентируется специальной директивой.

Применение ароматизаторов позволяет создать широкий спектр идентичной продукции, отличающейся по вкусу и аромату, восстанавливать или усиливать вкус и аромат пищевых продуктов, ароматизировать пищевые продукты, лишенные аромата и вкуса.

Ароматизаторы разделяют на натуральные, идентичные натуральным и искусственные (рис. 18.6).

**Натуральные ароматизаторы.** Включают только натуральные ароматические компоненты — химические соединения или их смеси, выделенные из натурального сырья с помощью физических методов, а также методов биотехнологии. Одна из

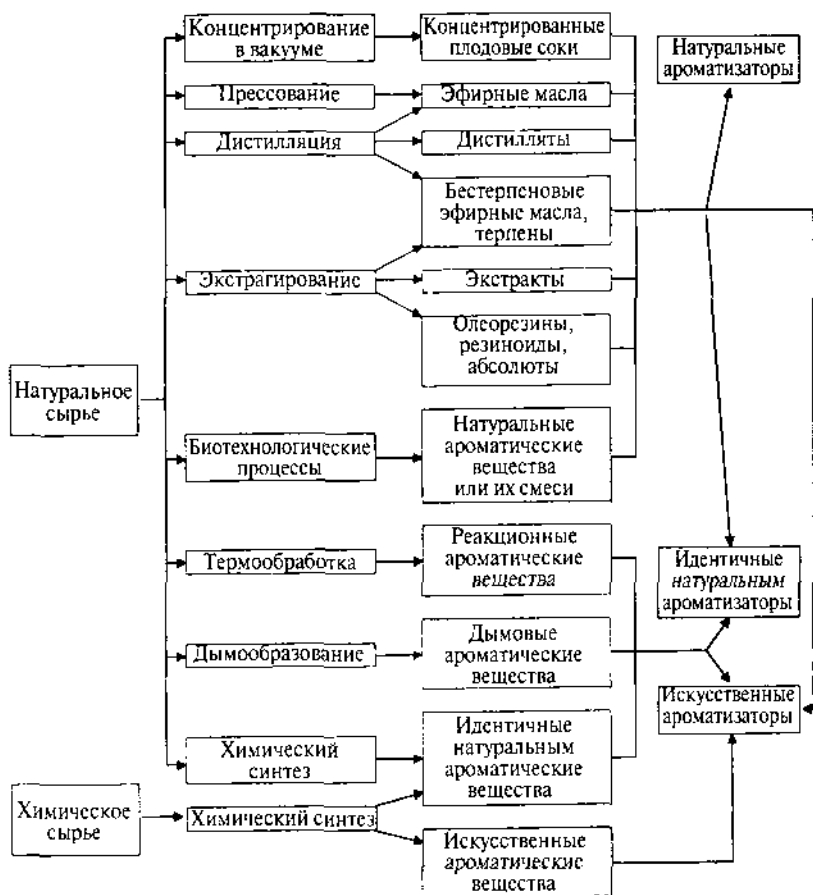


Рис. 18.6. Общая схема получения пищевых ароматизаторов

разновидностей натуральных ароматизаторов — эссенции — водно-спиртовые вытяжки или дистилляты летучих веществ из растительного сырья.

**Ароматизаторы, идентичные натуральным.** В их состав входят как минимум один искусственно полученный компонент, идентичный натуральному, т. е. имеющий природный аналог, и натуральные компоненты. Идентичные натуральным ароматизаторы получают химическим путем.

**Искусственные ароматизаторы.** Содержат компоненты, полученные синтетическим (искусственным) путем и не идентифицированные до настоящего времени в растительном или животном сырье.

Использование ароматизаторов для маскировки аромата пищевых продуктов, обусловленного их порчей или применением недоброкачественного сырья, не допускается.

*Ароматизаторы, внесенные в список разрешенных к применению при производстве пищевых продуктов в РФ:* валин, этилвалин (конденсаты дыма, ароматы копчения), коптильные препараты: гваяковая смола (E314), маслосмолы паприки (E160c), бензойная смола (E906). Присутствие индексов у последних трех представителей объясняется наличием у них смежных технологических функций, с которыми они зарегистрированы в других функциональных классах (E314 — антиокислитель, E160c — краситель, E906 — глазирователь).

Жидкие ароматизаторы получают растворением ароматических компонентов в этаноле, 1,2-пропиленгликоле, триацетин; сухие ароматизаторы — нанесением ароматических компонентов на пористообразный носитель (соль, крахмал, сахар и т. д.). Реакционные (ароматические) ароматизаторы получают реакцией Майяра.

**Пищевые добавки, усиливающие и модифицирующие вкус и аромат.** Это соединения, усиливающие и модифицирующие вкус и аромат пищевых продуктов, полученных производственным путем, а также вещества, усиливающие запах природных продуктов (табл. 18.3).

Таблица 18.3

**Усилители вкуса и аромата, разрешенные к применению в Российской Федерации**

Индекс	Усилитель вкуса и аромата	Индекс	Усилитель вкуса и аромата
E620	Глутаминовая кислота [L.(+)-]	E631	5'-Инозинат натрия двузамещенный
E621	Глутамат натрия однозамещенный	E632	Инозинат калия
E622	Глутамат калия однозамещенный	E633	5'-Инозинат кальция
E623	Глутамат кальция	E634	5'-Рибонуклеотиды кальция
E624	Глутамат аммония однозамещенный	E635	5'-Рибонуклеотиды натрия двузамещенные
E625	Глутамат магния	E636	Мальтол
E626	Гуаниловая кислота	E637	Этилмальтол
E627	5'-Гуанилат натрия двузамещенный	E640	Глицин
E628	5'-Гуанилат калия двузамещенный	E641	L-Лейцин
E629	5'-Гуанилат кальция	E642	Лизина гидрохлорид
E630	Инозиновая кислота	E906	Бензойная смола



Области применения пряностей: мясо- и рыбопродукты, продукты переработки овощей, грибов, кетчупы, соусы, отдельные продукты быстрого приготовления, бульонные кубики, молочные продукты, кондитерские изделия, вкусоароматические смеси для обсыпки чипсов, орехов, мороженое.

#### 18.1.4. ДОБАВКИ, ИЗМЕНЯЮЩИЕ СТРУКТУРУ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Добавки, изменяющие структуру и физико-химические свойства пищевых продуктов, — это вещества, вносимые для создания необходимых или изменения существующих реологических свойств, т. е. формирования необходимой консистенции или текстуры. К ним относятся:

*загустители* — добавки, используемые для повышения вязкости продукта;

*гелеобразователи* — добавки, придающие пищевому продукту свойства геля (структурированной высокодисперсной системы с жидкой дисперсионной средой, заполняющей каркас, который образован частицами дисперсной фазы);

*стабилизаторы* — добавки, обеспечивающие стабилизацию гомогенной пищевой системы, образованной из двух или более несмешиваемых веществ, или улучшение степени ее гомогенизации;

*эмульгаторы* — добавки, которые, будучи добавленными к пищевому продукту, обеспечивают возможность образования и сохранения однородной дисперсии двух или более несмешивающихся веществ.

Соединения, добавляемые в пищевые продукты в процессе их изготовления с целью придания желаемой вязкости или консистенции или с целью стабилизации пищевой дисперсной системы, получили название «гидроколлоиды».

Гидроколлоиды обладают способностью, будучи введенными в жидкую пищевую систему в процессе изготовления продукта, растворяться в воде, связывая ее, в результате чего пищевая коллоидная система теряет свою подвижность и консистенция пищевого продукта изменяется. Эффект изменения консистенции зависит от особенностей химического строения гидроколлоида, которое и определяет его технологическую функцию в продукте.

Химическая природа и технологические функции основных гидроколлоидов приведены в табл. 18.4.

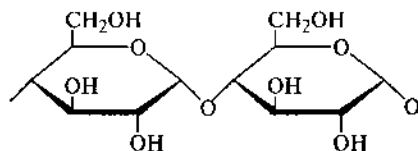
Таблица 18.4

Химическая природа основных гидроколлоидов

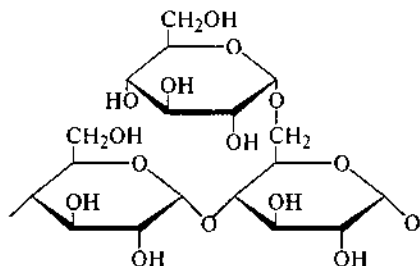
Гидроколлоид	Особенности строения	Технологические функции
Модифицированные крахмалы	Смесь линейной (амилоза) и разветвленной (амилопектин)	Загустители, стабилизаторы

Гидроколлоид	Особенности строения	Технологические функции
	фракций $\alpha$ , D-глюкана, модифицированная. Основные виды: набухающие, расщепленные, стабилизированные (этерифицированные), сшитые	
Модифицированные целлюлозы	Простые моно- и диэфиры целлюлозы ( $\beta$ , D-глюкана)	Загустители, стабилизаторы, эмульгаторы
Камеди: гуара рожкового дерева	Галактоманнаны (Gal : Man): Gal : Man — 1 : 2 Gal : Man — 1 : 4	Загустители, стабилизаторы
Пектины	Кислые рамногалактуронаны: низкоэтерифицированные (степень этерификации < 50 %); высокоэтерифицированные (степень этерификации > 50 %)	Загустители, стабилизаторы, гелеобразователи
Альгинаты	Линейные полисахариды $\beta$ , D-маннурановой и $\alpha$ , L-гулурановой кислот в виде солей Na, K, Ca, NH <sub>4</sub> , эфиры пропиленгликоля	Загустители, стабилизаторы
Каррагинаны	Неразветвленные сульфатированные гетерополисахариды из дисахаридных звеньев $\beta$ , D-галактопиранозы и 3,6-ангидро- $\alpha$ , D-галактопиранозы: к-Каррагинан; i-Каррагинан; $\lambda$ -Каррагинан	Загустители, стабилизаторы, гелеобразователи
Агар	Смесь фракций агарозы (70 %) и агаропектина (30 %)	Загуститель, стабилизатор, гелеобразователь
Камедь ксантана	Разветвленные гетерополисахариды (мол. масса > 1 млн, главная цепь — $\beta$ , D-глюкан, в боковой цепи — остаток глюкуроновой кислоты между двумя остатками $\alpha$ , D-маннозы)	Загуститель, стабилизатор

*Модифицированные крахмалы (E1400 — E1451)* — продукты фракционирования, деструкции и различных модификаций нативных растительных крахмалов, представляющих собой смесь преимущественно двух фракций гомоглюканов (полимеров глюкозы) линейного (амилоза) и разветвленного (амилопектин) строения:

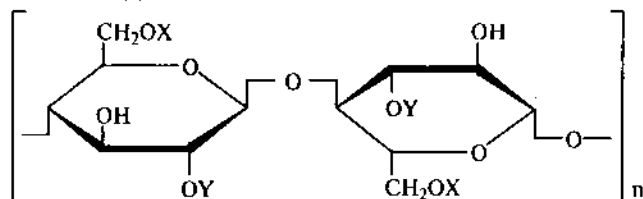


Фрагмент молекулы амилозы



Фрагмент молекулы амилопектина

Целлюлоза (E460) и ее производные (E461 — E467) — продукты механической и химической модификации и деполимеризации натуральной целлюлозы, представляющей собой линейный полимер, который состоит из остатков  $\beta$ , D-глюкопиранозы, соединенных 1  $\rightarrow$  4 гликозидной связью остатков:



Строение и технологические функции модифицированных целлюлоз приведены в табл. 18.5.

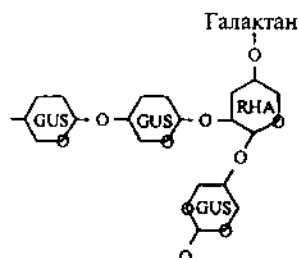
Таблица 18.5

Химическая природа модифицированных целлюлоз

Индекс	Название	X	Y	Технологические функции
E460i	Микрокристаллическая целлюлоза (частично гидролизованная, измельченная)	—H	—H	Эмульгатор, текстуратор, добавка, препятствующая слеживанию
E460ii	Порошкообразная целлюлоза (измельченная)	—H	—H	То же
E461	Метилцеллюлоза	—CH <sub>3</sub>	—H	Загуститель, стабилизатор, эмульгатор
E462	Этилцеллюлоза	—CH <sub>2</sub> —CH <sub>3</sub>	—H	Наполнитель, связующий агент
E463	Гидроксипропилцеллюлоза	—CH <sub>2</sub> —CH(OH)—CH <sub>3</sub>	—H	Загуститель, стабилизатор, эмульгатор
E464	Гидроксипропилметилцеллюлоза	—CH <sub>2</sub> —CH(OH)—CH <sub>3</sub>	—CH <sub>3</sub>	То же

Индекс	Название	X	Y	Технологические функции
E465	Метилэтилцеллюлоза	$-\text{CH}_3$	$-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	Загуститель, стабилизатор, эмульгатор
E466	Карбоксиметилцеллюлоза (натриевая соль)	$-\text{CH}_2-\text{COONa}$	$-\text{H}$	Загуститель, стабилизатор
E467	Этилгидроксиэтилцеллюлоза	$-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$	Загуститель, стабилизатор, эмульгатор

**Пектины (E440)** — гетерополисахариды, представляющие собой рамногалактуронаны (производные полигалактуроновой кислоты) — полиурониды, в которых остатки D-галактуроновой кислоты связаны  $\alpha-1 \rightarrow 4$ -гликозидной связью и включают неравномерно расположенные через  $\alpha-1 \rightarrow 2$ -гликозидную связь единичные молекулы L-рамнозы, что придает полимерной молекуле зигзагообразный характер. При этом часть карбоксильных групп полигалактуроновой кислоты обычно этерифицирована метанолом.



где GUS — галактуроновая кислота или ее метиловый эфир; RHA — рамноза.

Характеристики различных пектинов приведены в табл. 18.6.

Таблица 18.6

#### Особенности различных пектинов

Вид пектина	Степень этерификации	Молекулярная масса
Яблочный	Высокоэтерифицированный	Высокомолекулярный
Цитрусовый	То же	То же
Свекловичный	Низкоэтерифицированный	Низкомолекулярный
Подсолнечниковый	То же	Высокомолекулярный

Основным свойством гидроколлоидов является их способность растворяться в воде, которая зависит от типа гидроколлоида, температуры и pH раствора, присутствия в нем неорганических или органических веществ, других растворителей, а также интенсивности диспергирования.

На стабильность гидроколлоидов в растворе оказывают влияние такие факторы, как рН, температура и время.

В табл. 18.7 показана зависимость растворимости гидроколлоидов от особенностей их строения.

Таблица 18.7

**Влияние структуры гидроколлоидов на их растворимость**

Добавка	Особенности структуры	Растворимость в воде
Гуаровая камедь	Высокозамещенный полисахарид	Растворима при комнатной температуре
Камедь рожкового дерева	Незамещенные зоны в полисахаридных цепях	Растворима только при нагревании
Пектины	Ответвления и метоксильные группы в полисахаридных цепях; кислотные группы ионизированы; электростатическое отталкивание между цепями	Растворимы при комнатной температуре
Альгинаты	Электростатическое отталкивание между цепями	То же
Каррагинаны:		
λ	3 сульфатные группы на 2 галактозы (гель не образуется)	То же
ι	2 сульфатные группы на 2 галактозы (образуется слабый гель)	Растворимы только при нагревании
κ	1 сульфатная группа на 2 галактозы (образуется сильный гель)	То же
Агар	Неразветвленный полисахарид	То же
Камедь ксантана	Частые боковые цепи в полисахаридных молекулах; электростатическое отталкивание из-за наличия кислотных групп	Растворим при комнатной температуре

**Загустители.** Повышение вязкости пищевой системы является свойством, характерным для загустителей — гидроколлоидов, полимерные молекулы которых не образуют прочных межмолекулярных связей (не сшиваются) в растворах; вязкость последних зависит от молекулярной массы растворенного гидроколлоида и обусловлена изменениями во времени конформаций макромолекул, образованием ассоциатов и структурированием свободнодисперсной системы. *Вязкость* (Па · с) — реологическое свойство, характеризующее сопротивление жидкости движению; обратное свойству *текучести*.

Основные представители загустителей: гуаровая камедь, камедь рожкового дерева, карбоксиметилцеллюлоза, альгинат натрия, гуммиарабик, ксантановая камедь.

По величине вязкости водных растворов загустители условно можно разделить на три группы (табл. 18.8).

## Вязкость растворов различных загустителей

Загустители	Вязкость 1 %-го водного раствора, сПз
<i>Загустители, образующие растворы низкой вязкости</i>	
Гуммиарабик	2—5
<i>Загустители, образующие растворы средней вязкости</i>	
Альгинат натрия	25—800
Пропиленгликольальгинат	100—500
Камедь ксантана	800—1400
<i>Загустители, образующие растворы высокой вязкости</i>	
Камедь гуара	2000—3500
Камедь рожкового дерева	3000—3500
Карбоксиметилцеллюлоза (натриевая соль)	50—5000
Гидроксипропилметилцеллюлоза	20—50000
Метилцеллюлоза	10—2000
Вязкость воды ~ 1 сПз.	

**Гелеобразователи.** Отличительной особенностью гелеобразователей является их способность образовывать прочные межмолекулярные связи с формированием геля. *Гель* — вязнодисперсная система, содержащая сплошную пространственную сетку из частиц дисперсной фазы, в ячейках которой заключен растворитель. Образование геля начинается только при определенном пороговом значении концентрации гидроколлоида в растворе, которое называется *точкой гелеобразования*. Ниже этой концентрации раствор не переходит в гель. Процесс гелеобразования может осуществляться различными способами. Известны три разных механизма гелеобразования (табл. 18.9). Какой из них будет лежать в основе процесса формирования геля, зависит от природы гелеобразователя.

Таблица 18.9

## Условия гелеобразования в растворах гидроколлоидов

Гидроколлоид	Оптимальный диапазон pH	Условия гелеобразования	Механизм гелеобразования
Высокоэтерифицированный пектин	2,5—4,0	pH менее 4; СВ* = 55—80 %	Модель сахарно-кислотного желирования
Низкоэтерифицированный пектин	2,5—5,5	В присутствии Ca <sup>2+</sup>	Модель «яичной упаковки»
Альгинат	2,8—10,0	pH менее 4 или в присутствии Ca <sup>2+</sup>	То же
κ-Каррагинан	4,0—10,0	В присутствии K <sup>+</sup> , Na <sup>+</sup> или Ca <sup>2+</sup>	Модель двойных спиралей
ι-Каррагинан	4,0—10,0	В присутствии K <sup>+</sup> , Na <sup>+</sup> или Ca <sup>2+</sup>	То же
Агар	2,5—10,0	При температуре ниже 32—39 °C	*

\*СВ — сухие вещества.

В некоторых случаях совместное введение в пищевую систему двух гидроколлоидов может сопровождаться синергическим эффектом (эффектом усиленного проявления свойства). Отдельные примеры комбинаций добавок, проявляющих синергический эффект, приведены в табл. 18.10.

Таблица 18.10

**Комбинации добавок с синергическим эффектом**

Комбинации	
повышающие вязкость	вызывающие гелеобразование
Карбоксиметилцеллюлоза + Камедь гуара	Камедь рожкового дерева + κ-Каррагинан
Камедь ксантана + κ-Каррагинан	Камедь рожкового дерева + Камедь ксантана
Камедь ксантана + Камедь гуара	
Карбоксиметилцеллюлоза + Гидроксипропилцеллюлоза	

В зависимости от природы гелеобразователя или комбинации гелеобразователей, используемых при получении пищевого геля, можно существенно изменить его текстуру. Некоторые примеры, демонстрирующие изменение текстуры геля в зависимости от природы гелеобразователя, показаны в табл. 18.11.

Таблица 18.11

**Текстура гелей, образованных различными гелеобразователями**

Гелеобразователь	Текстура гелей
κ-Каррагинан	Твердая, хрупкая
κ-Каррагинан + Камедь рожкового дерева	Эластичная, когезионная
ι-Каррагинан	Мягкая, тиксотропная
Камедь рожкового дерева + Камедь ксантана	Эластичная, когезионная

**Стабилизаторы.** Это вещества, в молекулах которых гидрофильные группы равномерно распределяются по всей длине молекулы и изменяют характер ее поведения на границе раздела фаз.

Условия, обеспечивающие стабилизацию: повышение вязкости дисперсионной среды, содержащей частицы дисперсной фазы; адсорбция молекул стабилизатора на межфазных границах, образуемых частицами дисперсной фазы и дисперсионной среды. Первое условие достигается при введении в пищевую систему загустителя, второе — при введении веществ, обладающих поверхностной активностью. Среди гидроколлоидов такими свойствами обладают, например, крахмалы, модифицированные октенил-янтарной кислотой, некоторые модифицированные целлюлозы.

Обобщенные примеры использования загустителей и гелеобразователей в пищевых технологиях иллюстрирует табл. 18.12.

## Применение загустителей и гелеобразователей в пищевых технологиях

Пищевая добавка	Технологическая функция	Типичная область использования
λ-Каррагинан Альгинат натрия Камедь ксантана Камедь гуара Камедь рожкового дерева Модифицированные крахмалы Модифицированные целлюлозы	Повышение вязкости	Соусы и различные приправы к салатам Молочные десерты Супы Напитки Инстант-продукты Хлебопекарные продукты
κ-Каррагинаны ι-Каррагинаны Низкометоксилированные пектины Камедь рожкового дерева + Ксантан (или κ-Каррагинан) Альгинаты натрия, калия или аммония Высокоэтерифицированные пектины Низкоэтерифицированные пектины	Гелеобразование: термообратимые гели, термонесобратимые гели	Джемы Термостабильные фруктовые начинки Ароматизированные молочные гели Кондитерские изделия Джемы и конфитюры Корма для домашних животных
Загустители Гелеобразователи низкой концентрации	Стабилизация	Пищевые эмульсии (майонезы, соусы, салатные приправы) Мороженое Фруктовые напитки Кисломолочные продукты Шоколадное молоко

**Эмульгаторы.** Это вещества, обладающие, благодаря дифильному строению молекул, поверхностно-активными свойствами и способные, концентрируясь на поверхности раздела фаз и снижая ее натяжение, образовывать и стабилизировать эмульсии и другие дисперсные системы.

Представления о дифильной природе эмульгаторов дает рис. 18.7.

Такая способность связана с поверхностно-активными свойствами, поэтому применительно к рассматриваемой группе пищевых добавок термины эмульгатор, эмульгирующий агент и поверхностно-активное вещество (ПАВ) могут рассматриваться как синонимы.

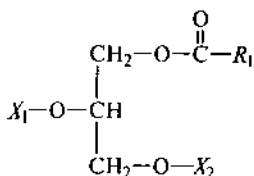
В зависимости от строения эмульгатора (соотношения доли гидрофильных и гидрофобных групп в дифильной молекуле), характеризуемого величиной гидрофильно-липофильного баланса, возможно образование и стабилизация двух типов эмульсий: вода/масло и масло/вода:



Доля гидрофильных групп, %	10	20	30	40	50	60	70
Гидрофильно-липофильный баланс (ГЛБ)	2	4	6	8	10	12	14
Тип эмульсии	вода/масло → масло/вода						

Ниже приводятся характеристики только двух, наиболее известных, групп эмульгаторов.

*Моно-, диглицерины и их производные (E471, E472a–g)* — неполные сложные эфиры трехатомного спирта глицерина с природными высшими жирными кислотами (моно- и диацилглицерины) и продукты их модификаций пищевыми кислотами по свободной первичной гидроксильной группе:



где  $X_1 = \text{H}$  — моноацилглицерины (глицериды) и их производные (см.  $X_2$  в табл. 18.13);  $X_2 = \text{C}(=\text{O})\text{-R}_2$  — диацилглицерины (диглицериды) и их производные (см.  $X_2$  в табл. 18.13).

Таблица 18.13

Структура и ДСП эмульгаторов глицеридной природы

Индекс	Название	$X_1$	ДСП, мг/кг массы тела
E471	Моно- и диглицериды жирных кислот	-H	GRAS*
E472(a)	Эфиры уксусной кислоты, моно- и диглицеридов жирных кислот	$  \begin{array}{c}  \text{O} \\  \parallel \\  \text{-C-CH}_3  \end{array}  $	GRAS*

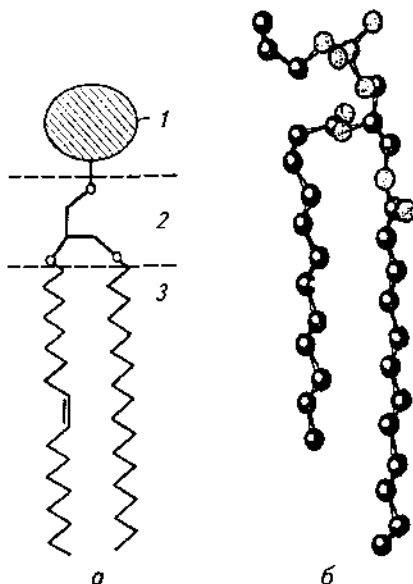


Рис. 18.7. Дифильная структура молекулы ПАВ:

*a* — основные звенья молекулы: 1 — гидрофильная полярная головка; 2 — соединительное звено; 3 — гидрофобные хвосты; *б* — наиболее вероятная пространственная структура

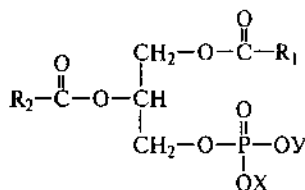
Индекс	Название	X <sub>2</sub>	ДСП, мг/кг массы тела
E472(b)	Эфиры молочной кислоты, моно- и диглицеридов жирных кислот	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{OH} \end{array}$	GRAS*
E472(c)	Эфиры лимонной кислоты, моно- и диглицеридов жирных кислот	$\begin{array}{c} \text{O} \qquad \qquad \text{OH} \\ \parallel \qquad \qquad   \\ -\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{CH}_2-\text{COOH} \\   \\ \text{COOH} \end{array}$	GRAS*
E472(d)	Эфиры винной кислоты, моно- и диглицеридов жирных кислот	$\begin{array}{c} \text{O} \qquad \qquad \text{OH} \\ \parallel \qquad \qquad   \\ -\text{C}-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \qquad \qquad   \\ \text{OH} \end{array}$	0...30
E472(e)	Эфиры диацетилацетиловой кислоты, моно- и диглицеридов жирных кислот	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \qquad   \\ \text{O} \qquad \text{O} \\   \qquad   \\ \text{C}=\text{O} \quad \text{C}=\text{O} \\   \qquad   \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$	0...50
E472(f)	Смешанные эфиры винной и уксусной кислот и моно- и диглицеридов	см. 472(a) и 472(d)	0...30
E472(g)	Эфиры янтарной кислоты и моноглицеридов	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH} \end{array}$	0...30

\* GRAS -- Generally Regarder As Safe — совершенно безвредны.

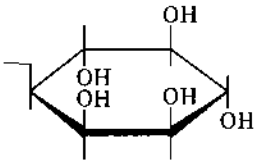
**Фосфолипиды (E322, E422)** — природные липиды, в состав молекулы которых входит остаток фосфорной кислоты, связанный эфирной связью с производным многоатомного спирта — глицерина (фосфоглицериды), или их синтетические аналоги, в которых остаток фосфорной кислоты находится в форме соли аммония.

Природные фосфолипиды представляют собой смесь фракций фосфатидов, полученную из животных или растительных объектов, физическими методами, в том числе с помощью ферментов. Кроме того, в смесь фракций фосфатидов входит 56—60 % веществ, нерастворимых в ацетоне (собственно фосфолипидов).

Общая формула природных и синтетических фосфолипидов:



### Основные структуры природных и синтетических фосфолипидов

<i>E322</i> — Лецитины:	У:
Фосфатидные кислоты	—H
Фосфатидилхолины	—CH <sub>2</sub> —CH <sub>2</sub> —N <sup>+</sup> (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>
Фосфатидилэтаноламины	—CH <sub>2</sub> —CH <sub>2</sub> —N <sup>+</sup> H <sub>3</sub>
Фосфатидилсерины	—CH <sub>2</sub> —CH—COOH   NH <sub>2</sub>
Фосфатидилинозиты	
<i>E-422</i> — Аммониевые фосфатиды:	У:
Аммониевая соль фосфатидной кислоты	—H
Аммониевая соль бисфосфатидной кислоты	Остаток диацилглицерина
Аммониевая соль семилизобисфосфатидной кислоты	Остаток моноглицерида

Примечание: Для лецитинов X = H; для аммониевых фосфатидов X = N<sup>+</sup>H<sub>4</sub>.

Все эмульгаторы, являясь поверхностно-активными веществами, способны образовывать устойчивые дисперсные системы, состоящие из внутренней дисперсной фазы и внешней дисперсионной среды. В зависимости от природы диспергируемых фаз возможно образование различных пищевых дисперсных систем (табл. 18.14).

## Примеры пищевых эмульсий

Продукт	Основные компоненты	Тип эмульсии
Маргарин	Капли воды и белки в полутвердой жировой фазе	Вода/масло
Мороженое	Жир в водной фазе с молочным протеином и крахмалом	Масло/вода
Майонез	Масло в водной фазе с яичным желтком	Масло/вода
Молоко	Жир и протеин в водной фазе	Масло/вода

Для каждой конкретной системы требуется эмульгатор с оптимальным значением ГЛБ.

Эмульгирование является только одной из технологических функций, которые добавки этой группы способны проявлять в пищевых системах.

Наряду с диспергированием, частным случаем которого является эмульгирование, в различных пищевых системах, в зависимости от их состава, свойств и технологических преобразований, эмульгаторы способны выполнять функции, связанные с процессами пенообразования, солюбилизации, комплексообразования с крахмалом, взаимодействия с белками, изменения вязкости, модификации кристаллов, смачивания и смазывания.

Основные технологические функции, выполняемые эмульгаторами в пищевых системах, иллюстрирует табл. 18.15.

Таблица 18.15

## Технологические функции и области применения пищевых эмульгаторов

Эмульгатор	Пищевой объект	Технологическая функция	Технологический эффект
Все основные представители эмульгаторов. Эмульгаторы, содержащие цепи предельных жирных кислот	Маргарины, майонезы и т. п., инстант-продукты, взбивные массы	Диспергирование; эмульгирование; пенообразование; суспензирование	Стабилизация системы
Эмульгаторы ионной природы	Хлеб и мучные изделия	Взаимодействие с белками	Улучшение структурных свойств (повышение эластичности, увеличение объема)
Лецитины, эфиры сахарозы	Шоколадная масса	Изменение вязкости	Регулирование реологических свойств (обеспечение текучести)
Эмульгаторы глицеридной природы	Маргарины, безводные жиры, шоколадные массы, сахар, соль	Модификация кристаллов	Модификация полиморфной формы, изменение размеров и скорости роста кристаллов

Эмульгатор	Пищевой объект	Технологическая функция	Технологический эффект
Основные группы эмульгаторов в зависимости от природы смачиваемой поверхности	Высушенные десертные смеси, сливки для кофе, завтраки быстрого приготовления, высушенные овощи	Смачивание	Улучшение и ускорение распределения жидкости по поверхности твердых тел
Предельные моно- и диглицериды	Карамельные массы, конфеты, жевательная резинка	Смазывание	Предотвращение прилипания пищевых масс к поверхностям
Различные гидрофильные ПАВ	Продукты, содержащие красители и ароматизаторы	Солюбилизация	Образование прозрачных растворов
Эмульгаторы, содержащие ацилы высших жирных кислот	Хлеб, мучные кондитерские изделия, макароны, инстант-продукты	Комплексообразование с крахмалом (амилозой)	Регулирование процессов потери и поглощения влаги крахмалами

**Регуляторы рН пищевых систем.** Регуляторы кислотности (кислоты, подкислители) изменяют рН пищевых систем, влияя на вкус пищевых продуктов. Помимо этого, от рН пищевой системы, а также от ее изменений в ходе технологического процесса формирования пищевого продукта зависит эффективность пищевых добавок (эмульгатора, стабилизатора, загустителя, гелеобразователя), введенных в систему. Как правило, кислоты (за исключением фумаровой кислоты), разрешенные для использования в пищевых продуктах, безвредны для организма человека, поэтому их применение не лимитируется в гигиеническом отношении.

Области применения: производство напитков, мармелада, карамели, жевательной резинки, хлебопекарных улучшителей, мороженого, майонезов, маринованных овощей и фруктов.

### 18.1.5. ВЕЩЕСТВА, СПОСОБСТВУЮЩИЕ УВЕЛИЧЕНИЮ СРОКОВ ХРАНЕНИЯ

Порча пищевого сырья и готовых продуктов — результат сложных физико-химических и микробиологических процессов: гидролитических, окислительных, процессов развития микробной флоры. Они тесно связаны между собой. Возможность и скорость их прохождения определяются составом и состоянием пищевых систем, влажностью, рН среды, активностью ферментов, особенностями технологии хранения и переработки сырья, наличием в растительном и животном сырье антимикробных, антиокислительных и консервирующих веществ.

Порча пищевых продуктов приводит к снижению их качества, накоплению в них вредных веществ. В итоге продукт становится непригодным к употреблению, что приводит к огромным экономическим потерям. Сохранность пищевого сырья и готовой продукции достигается различными способами (снижением влажности, использованием низких температур, нагреванием, копчением, засолкой), а также применением пищевых добавок (консервантов, антиоксидантов).

*Консерванты* — вещества, продлевающие срок хранения продуктов, защищая их от порчи, вызванной микроорганизмами (бактериями, плесневыми грибами и дрожжами).

*Консерванты, разрешенные к применению в РФ:* сорбиновая кислота (E200); сорбат натрия (E201); сорбат калия (E202); сорбат кальция (E203); *para*-гидроксibenзойной кислоты гептиловый эфир (E209); бензойная кислота (E210); бензоат натрия (E211); бензоат калия (E212); бензоат кальция (E213); *para*-гидроксibenзойной кислоты этиловый эфир (E214); *para*-гидроксibenзойной кислоты этилового эфира натриевая соль (E215); *para*-гидроксibenзойной кислоты пропиловый эфир (E216); *para*-гидроксibenзойной кислоты пропилового эфира натриевая соль (E217); *para*-гидроксibenзойной кислоты метиловый эфир (E218); *para*-гидроксibenзойной кислоты метилового эфира натриевая соль (E219); серы диоксид (E220); сульфит натрия (E221); гидросульфит натрия (E222); пиросульфит натрия (E223); пиросульфат калия (E224); сульфат калия (E225); сульфит кальция (E226); гидросульфит кальция (E227); бисульфит калия (E228); дифенил (E230); *орто*-фенилфенол (E231); *орто*-фенилфенола натриевая соль (E232); тиабендазол (E233); низин (E234); пимарицин (E235); муравьиная кислота (E236); формиат натрия (E237); формиат кальция (E238); гексаметилентетрамин (E239); гваяковая смола (E241); диметилдикарбонат (E242); нитрит калия (E249); нитрит натрия (E250); нитрат натрия (E251); нитрат калия (E252); уксусная кислота (E260); ацетат калия (E261*i*); диацетат калия (E261*ii*).

Требования, предъявляемые к консервантам:

консервант должен: иметь широкий спектр действия; быть эффективным против микроорганизмов, содержащихся в данной пищевой системе; оставаться в продукте в течение всего срока хранения; в первую очередь — замедлять образование токсинов; не оказывать влияния на органолептические свойства пищевого продукта; быть технологичным (простым в применении); быть дешевым;

консервант не должен: быть физиологически опасным; вызывать привыкания; реагировать с компонентами пищевой системы; создавать экологические и токсикологические проблемы в ходе технологического потока; влиять на микробиологические процес-

сы, предусмотренные при производстве отдельных пищевых продуктов данной технологией.

*Консерванты, не имеющие разрешения к применению при производстве пищевых продуктов в РФ:* азиды, антибиотики, борная кислота (E284), бура — боракс (E285), тиабендазол (E233), диэтилдикарбонат (E243), озон, этиленоксид, пропиленоксид, салициловая кислота, гиомочевина.

*Консерванты, запрещенные к применению при производстве пищевых продуктов в РФ:* формальдегид (E240).

*Антиокислители* — вещества, замедляющие окисление ненасыщенных жирных кислот, входящих в состав липидов (масел и жиров).

Окисление масел и жиров — сложный процесс, протекающий по радикально-цепному механизму. На скорость процесса влияет много факторов. Накопление продуктов окисления в маслах и жирах, в жировой фракции пищевых продуктов приводит к изменению их свойств, снижению пищевой ценности, порче.

*Антиокислители, разрешенные к применению в РФ:* α-аскорбиновая кислота (E300); аскорбат натрия (E301); аскорбат кальция (E301); аскорбат калия (E303); аскорбилпальмитат (E304); аскорбилстеарат (E305); концентрат смеси токоферолов (E306); α-токоферол (E307); γ-токоферол синтетический (E308); δ-токоферол синтетический (E309); пропилгаллат (E310); октилгаллат (E311); додецилгаллат (E312); гваяковая смола (E314); *изо*-аскорбиновая кислота (E315); *изо*-аскорбат натрия (E316); *изо*-аскорбат калия (E317); *изо*-аскорбат кальция (E318); третбутилгидрохинон (E319); бутилгидроксианизол (E320); бутилгидрокситолуол (E321); лецитины (E322); аноксомер (E323); лактат натрия (E325); лактат калия (E326); лимонная кислота (E330); этилендиаминтетраацетат (E385); этилендиаминтетраацетатдинатрий (E386); оксистеарин (E387); фитиновая кислота (E391); глюкозооксидаза (E1102); ди-гидрохверцетин; кварцетин.

*Антиокислители, запрещенные к применению при производстве пищевых продуктов в РФ:* дилудин, госсипол, редуктоны, нордигидрогваяровая кислота (креозот).

### 18.1.6. ОБЩИЕ ПОДХОДЫ К ПОДБОРУ И ПРИМЕНЕНИЮ ПИЩЕВЫХ ДОБАВОК

Эффективность применения пищевых добавок для решения технологических задач требует создания технологии их подбора и применения с учетом особенностей химического строения, функциональных свойств, характера действия самих пищевых добавок, а также вида продукта, особенностей сырья, состава пищевой системы, технологии получения готового продукта, оборудования, а иногда — упаковки и хранения. В общем виде разработ-

ка технологии подбора и применения пищевых добавок представлена на рис. 18.8.

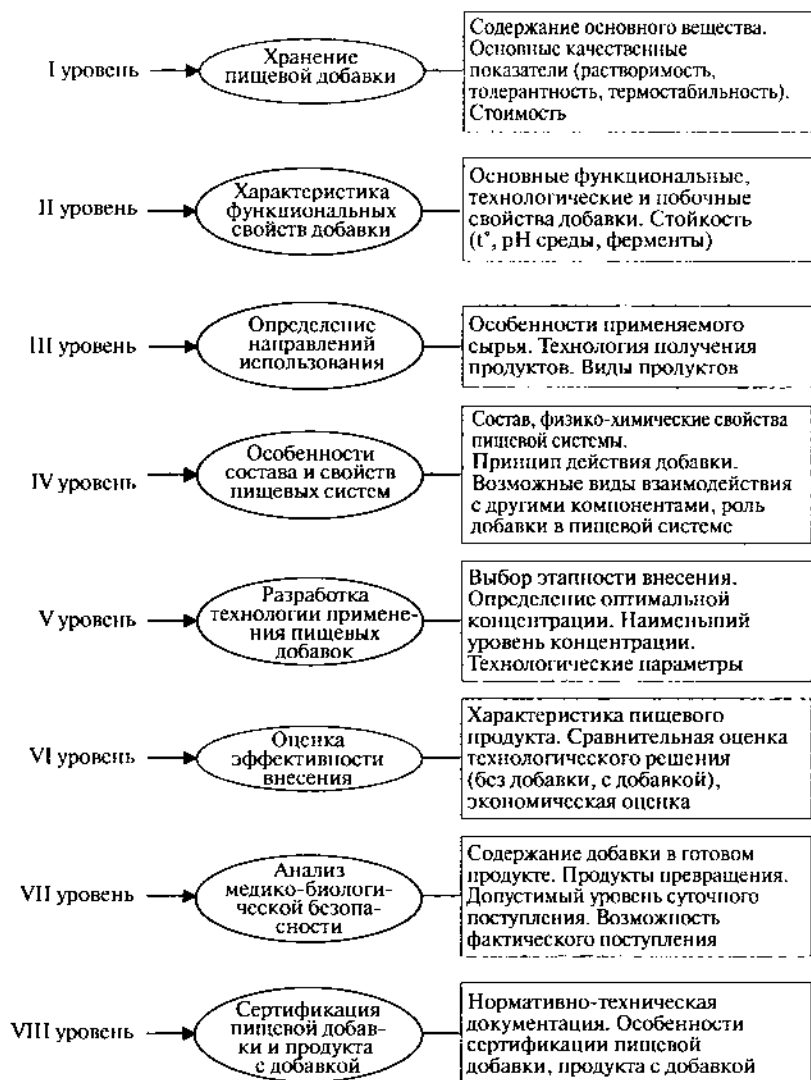


Рис. 18.8. Технология подбора и применения новой пищевой добавки



## 18.2. БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ДОБАВКИ

*Биологически активные добавки к пище* (БАД) — концентраты натуральных (природных) или идентичных натуральным биологически активных веществ (включая эссенциальные пищевые вещества), предназначенные для непосредственного приема с пищей и (или) введения в состав пищевых продуктов с целью обогащения рациона отдельными пищевыми и биологически активными веществами и их комплексами.

В основе существующей сегодня классификации биологически активных добавок к пище лежит принцип их подразделения как источников различных групп пищевых и биологически активных веществ (табл. 18.16).

Таблица 18.16

**Классификация биологически активных добавок**

Группы БАД	Подгруппы БАД
<i>Нутрицевтики</i> — дополнительные источники нутриентов (пищевых веществ)	<p>Источники преимущественно белка и аминокислот</p> <p>Источники преимущественно эссенциальных жирных кислот, липидов и жирорастворимых витаминов:</p> <p>на основе растительных масел</p> <p>на основе рыбьего жира</p> <p>Источники преимущественно углеводов и сахаров</p> <p>Источники преимущественно водорастворимых витаминов</p> <p>Источники преимущественно минеральных веществ (макро- и микроэлементов)</p> <p>Источники преимущественно пищевых волокон</p>
<i>Парафармацевтики</i> — источники физиологически активных веществ	<p>На растительной основе:</p> <p>сухие</p> <p>жидкие</p> <p>На основе переработки животного сырья: мясомолочного сырья и субпродуктов; рыбы и морепродуктов</p>
<i>Пробиотики</i> — источники живых непатогенных нетоксикогенных микроорганизмов, их структурных компонентов и метаболитов	<p>Пробиотики на основе чистых культур микроорганизмов</p> <p>Пробиотики смешанного состава (с добавлением аминокислот, микроэлементов, моно- и дисахаридов и др.).</p>

В соответствии с СанПиН 2.3.2.1290—03 «Гигиенические требования к организации производства и оборота БАД к пище» биологически активные добавки предназначены для использования в качестве дополнительного источника пищевых и биологически активных веществ, для оптимизации углеводного, жирового, белкового, витаминного и других видов обмена веществ при различных функ-

циональных состояниях, для нормализации и(или) улучшения функционального состояния органов и систем организма человека, в том числе продуктов, оказывающих общеукрепляющее, мягкое мочегонное, тонизирующее, успокаивающее и иные виды действия при различных функциональных состояниях, для снижения риска заболеваний, а также для нормализации микрофлоры желудочно-кишечного тракта, а также в качестве энтеросорбентов.

Информация для потребителя, нанесенная на этикетку БАД в соответствии с действующими законодательными и нормативными документами, должна содержать наряду с общими (наименование, товарный знак изготовителя, дата изготовления и др.) сведения об ингредиентном составе в порядке, соответствующем их убыванию в весовом или процентном выражении, данные о весе или объеме БАД в единице потребительской упаковки или весе (объеме) единицы продукта, сведения об основных потребительских свойствах БАД, противопоказаниях для ее применения при отдельных видах заболеваний, а также указание, что БАД не является лекарством.

В соответствии с требованиями к обороту (хранению, транспортированию и реализации) биологически активных добавок к пище каждый продукт сопровождается удостоверением качества и безопасности.

Под *качеством БАД к пище* понимают совокупность характеристик, которые обуславливают потребительские свойства, эффективность и безопасность биологически активных добавок к пище.

Под *безопасностью БАД к пище*, как и технологических пищевых добавок, понимают отсутствие опасности для жизни и здоровья людей нынешнего и будущих поколений.

За качество, безопасность, заявленные свойства, эффективность и рекламу выпускаемой биологически активной добавки к пище полную ответственность несет производитель.

### **18.2.1. ГИГИЕНИЧЕСКАЯ РЕГЛАМЕНТАЦИЯ БАД К ПИЩЕ**

Гигиенические требования к безопасности и эффективности БАД устанавливаются специальными санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами (СанПиН).

Санитарно-эпидемиологическая экспертиза и регистрация (подтверждение соответствия) биологически активных добавок к пище осуществляется в учреждениях и лабораториях, аккредитованных в установленном порядке, и представляет собой последовательное выполнение ряда процедур, к которым относятся:

первичная экспертиза заявки, документов и материалов, характеризующих данную продукцию;

определение потребности в проведении необходимых исследований;

проведение комплекса необходимых санитарно-химических, санитарно-микробиологических и других видов исследований и оценка их результатов с целью подтверждения безопасности и подлинности рассматриваемой продукции;

экспериментальные исследования токсикологических, физиологических и метаболических эффектов, подтверждающие заявленную эффективность и безопасность БАД (при необходимости);

клиническая оценка эффективности (при необходимости);

оценка результатов экспериментальных и клинических испытаний и наблюдений;

оценка методов исследований основных ингредиентов и подлинности БАД;

подготовка и оформление экспертного заключения;

подготовка и оформление регистрационного удостоверения.

При экспертизе биологически активных добавок к пище, предназначенных для детей первых трех лет жизни, необходимым условием является отсутствие в их составе идентичных натуральных и синтетических пищевых добавок.

### 18.2.2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПОЛУЧЕНИИ БАД

Исходным сырьем для производства БАД к пище могут служить объекты растительного, животного, микробиологического и минерального происхождения, а также их синтетические аналоги. Основным условием их использования является безвредность для организма человека.

В зависимости от исходного сырья и вида готовой формы БАД их производство условно подразделяют на семь групп (табл. 18.17).

Таблица 18.17

#### Производственные группы БАД

№ группы	Название группы	БАД в виде готовых форм
1	Кондитерская	Карамель, леденцы, фруктовые пастилки, батончики, желе, жевательные резинки
2	Безалкогольная и алкогольная (до 15 % алкоголя)	Соки, концентраты соков, бальзамы, сиропы, экстракты, эликсиры, настойки, биококтейли
3	Чайная	Чай, сборы, гранулы, порошки, брикеты
4	Группа концентратов	Порошки, драже, таблетки, гранулы, кубики, капсулы
5	Масложировая	Масла, жиры, масляные экстракты
6	Микробиологическая	Порошки, таблетки, капсулы, жидкость
7	Другие	Мед, соль, минеральная вода и др.

В качестве растительного источника БАД могут использоваться, например, пищевые и лекарственные растения, в состав которых входят биологически активные вещества с установленным эффектом позитивного физиологического воздействия.

При производстве БАД на основе культурно-возделываемого сырья необходимо иметь информацию об использовании генетически модифицированной продукции, а также о пестицидах, применяемых при возделывании сельскохозяйственных культур.

Наряду с наземными растениями для получения БАД используют также различные виды морских водорослей.

При производстве БАД на основе сырья животного происхождения (органы и ткани, молоко, молоко, кровь животных и др.) необходимо иметь информацию о том, использовали ли при выращивании животных антибиотики и лекарственные препараты.

В соответствии с решением Комиссии Европейского сообщества по запрещению использования материалов, представляющих риск в отношении передачи спонгиозной энцефалопатии, использование некоторых видов животного сырья, например черепов и спинного мозга коров (быков), коз (козлов) и овец (баранов) старше 12 мес. или селезенки овец и коз в качестве источников получения БАД не допускается.

К числу перспективных источников животного происхождения относятся различные виды рыбы и морепродуктов.

Многие источники макро- и микроэлементов имеют минеральное происхождение. Для использования минерального сырья, содержащего цеолиты, обязательно заключение Комиссии по канцерогенным веществам Минздрава РФ.

В производстве БАД допускается использование красителей, эссенций, ароматических веществ и пищевых кислот, разрешенных к применению в установленном порядке.

Биологически активные добавки из природного сырья производят с помощью различных методов: сушки, экстрагирования, гидратации, перегонки, фракционирования, кристаллизации, концентрирования (в частности, выпаривания), измельчения, деминерализации, криообработки, гидролиза, органического и биорганического синтеза, ферментации.

### 18.2.3. НУТРИЦЕВТИКИ

*Нутрицевтики* — биологически активные добавки к пище, которые применяют для коррекции химического состава пищи человека.

Цель введения нутрицевтиков в пищевой рацион (в качестве БАД к пище или в составе пищевого продукта) — улучшение пищевого статуса человека, укрепление здоровья и профилактика ряда заболеваний путем коррекции содержания естественных эссенциальных макро- и микронутриентов в суточном рационе до

уровня, соответствующего физиологической потребности здорового человека.

**Функциональная роль нутрицевтиков:**

восполнение дефицита эссенциальных пищевых веществ;  
направленные изменения метаболизма веществ;  
повышение неспецифической резистентности организма к действию неблагоприятных факторов окружающей среды;  
иммуномодулирующее действие;  
связывание и выведение ксенобиотиков;  
лечебное питание.

Основными представителями группы нутрицевтиков являются источники эссенциальных микронутриентов, к которым относятся витамины и витаминоподобные вещества, минеральные вещества, полиненасыщенные жирные кислоты.

**Витамины** — низкомолекулярные органические соединения различной химической природы, выступающие биорегуляторами процессов, протекающих в живом организме. Организм человека не синтезирует витамины или синтезирует их в недостаточном количестве (никотиновая кислота, витамин D).

Витамины являются естественными компонентами пищевого сырья и продуктов, в составе которых рассматриваются как микронутриенты. С этих позиций они уже были описаны в соответствующих разделах учебника (см. разделы 2.2 и 35.2). Препараты индивидуальных витаминов и их комплексов, а также премиксы витаминов с минеральными веществами относятся к группе БАД, называемой *нутрицевтиками*. В связи с чем являются предметом повторного рассмотрения в этом разделе. В отличие от других незаменимых нутриентов витамины не являются пластическим материалом или источником энергии, но участвуют в обмене веществ в качестве необходимых компонентов биокатализа или регуляторов отдельных биохимических и физиологических процессов.

Классификация витаминов дана в разделе 2.2.4.

Некоторыми свойствами, присущими истинным витаминам, могут обладать и другие соединения, объединяемые в группу *витаминоподобных веществ*. К витаминоподобным веществам относятся: витамин B<sub>15</sub> (пангамовая кислота); B<sub>13</sub> (оротовая кислота); B<sub>4</sub> (холин); B<sub>8</sub> (инозит); B<sub>11</sub> (карнитин); F (полиненасыщенные жирные кислоты); U (S-метилметионин); B<sub>10</sub> (*para*-аминобензойная кислота)

Потребность человека в витаминах зависит от внутренних (состояние организма) и внешних (влияние окружающей среды) факторов.

Нормы потребления витаминов устанавливаются компетентными органами [в России Министерство здравоохранения, в странах Европейского сообщества (ЕС) — Департаменты продовольствия и питания] в виде рекомендуемых суточных потребностей, которые представляют собой уровень потребления жизненно важ-

ных веществ, необходимый для обеспечения потребностей в них практически здоровых людей с учетом пола, возраста и особенностей физического состояния (см. табл. 2.2). Рекомендуемые усредненные нормы потребления витаминов в России, странах Европейского сообщества и США, представлены в табл. 18.18.

Таблица 18.18

**Рекомендуемые суточные нормы потребления витаминов**

Витамины	Россия (1991 г.)	Страны ЕС (1990 г.)	США (1999—2001 гг.)	
			RDA*	Допустимый верхний уровень потребления
A, мкг	1000	1000	700—900	3000
D, мкг	2,5	8	5	50
E, мг	10	12	15,0	1000
B <sub>1</sub> , мг	1,5	1,5	1,1—1,2	—
B <sub>2</sub> , мг	2	1,8	1,1—1,3	—
B <sub>6</sub> , мг	2	2,1	1,3	100
PP, мг	20	20	14—16	35
Фолиевая кислота, мкг	200	300	400	1000
B <sub>12</sub> , мкг	3	3	2,4	—
C, мг	60—70	80	75—90	2000
B <sub>5</sub> , мг	5—7	6	—	—
H, мкг	150	150	30—100	—

\* Рекомендуемая суточная потребность

Потребление витаминоподобных соединений официальными нормативами не регламентируется; ориентировочная потребность в них представлена в табл. 18.19.

Таблица 18.19

**Ориентировочное суточное потребление в витаминоподобных веществах**

Витаминоподобные вещества	Суточная потребность
P (биофлавоноиды), мг	30—50
B <sub>4</sub> (холин), мг	150—1000
B <sub>8</sub> (инозит), мг	500—1500
N (липовая кислота)*, г	0,5—2
B <sub>15</sub> (пангамовая кислота), г	Около 2
B <sub>13</sub> (оротовая кислота), г	0,5—1,5 до 3
B <sub>10</sub> (пара-аминобензойная кислота)	Не установлена
B <sub>11</sub> (карнитин)	То же
U (S-метилметионин)	♦

\* Липовая кислота относится к витаминам.

Общие представления об основных источниках витаминов и их физиологических функциях в организме человека были описаны в разделе 2.2.4 и обобщены в табл. 18.20, опубликованной в учебнике «Питание человека (основы нутрициологии)».

Основные источники и физиологические функции витаминов [8]

Вита- мины	Источник витаминов	Физиологические функции, выполняемые в организме человека	Проявления	
			недостаточности	избытка
<i>Жирорастворимые</i>				
Вита- мин А (рети- нол — в продук- тах жи- вотного проис- хождения, β-каротин в расти- тельных)	Ретинол в пече- ни животных, рыбе семейства лососевых, в желтке яиц, в молочных про- дуктах; β-каротин — в оран- жевых, желто- красных и тем- но-зеленых овощах и фрук- тах (морковь, помидоры, тыква, зелень, абрикосы, апельсины и персики)	Входит в состав зри- тельного пигмента родопсина и обеспе- чивает восприятие света глазом; необхо- дим для роста тела и нормального разви- тия клеток слизистых оболочек, кожи, репродуктивных органов; поддержа- ет иммунную систе- му; снижаст риск рака легких и других онкологических заболеваний	Снижение остро- ты зрения, осо- бенно в сумерках («куриная слепота»), сухость кожи и слизистых гла- за, поражение роговицы глаза; задержка роста у детей; снижение иммунитета и повышенная чувствительность к инфекциям	В высоких дозах рети- нол (но не каротин) токсичен. Головная боль, повы- шенная утомляе- мость, боли в костях и суставах, су- хая и потрес- кавшаяся кожа, сыпь на коже, зуд, выпадение волос
Вита- мин D (кальци- ферол)	Молоко и масло, желток яйца, жир пече- ни трески (ры- бий жир), жир- ные сорта ры- бы. Вырабаты- вается в коже на солнечном свету	Необходим для усвоения кальция и фосфора, роста и развития костей и зубов	Повышенная нервная возбуди- мость и судороги икроножных мышц. Склон- ность к перело- мам костей. Заболевания кос- тей: у детей — ра- хит, у взрослых — остеомалация	В высоких дозах токси- чен. Голов- ная боль, потеря аппе- тита, понос, отложение кальция в сердце, со- судах, поч- ках
Витамин Е (токо- ферол)	Растительное масло, яйца, майонез, орехи и семена, цель- нос зерно, зеле- ные листовые овощи	Защищает клетки и ткани (содержащиеся в них жирные кисло- ты) от повреждающе- го действия активных форм кислорода и других активных ра- дикалов, физического и эмоционального стресса; необходим для нормального раз- вития мышц и обра- зования эритроцитов	У человека не выявлены	У человека не выявлены
Вита- мин К	Кабачки, шпи- нат, зелень, сви- нина, печень, зеленый листо- вой чай	Необходим для свер- тывания крови и образования костной ткани	Плохая свертыва- емость крови, склонность к кровотечениям и образованию кровоподтеков и синяков	У человека не выявлены

Вита- мины	Источник витаминов	Физиологические функции, выполняемые в организме человека	Проявления	
			недостаточности	избытка
<i>Водорастворимые</i>				
Вита- мин В <sub>1</sub> (тиамин)	Мясо, печень, орехи и семена, хлеб, крупы, бобовые	Участвует в обмене углеводов и получе- нии из них энергии для обеспечения нерв- ной и мышечной сис- тем, в том числе мышц сердца. Поддерживает функцию пищева- рения и аппетит	Подавленное и неустойчивое на- строение, наруше- ние сна, быстрая утомляемость, су- дороги мышц, мы- шечная слабость, потеря аппетита, тошнота. В тяже- лых случаях разви- вается болезнь «Бери-бери» с по- ражением сердеч- ной мышцы и нервной системы	Дефицит других витаминов
Вита- мин В <sub>2</sub> (рибо- флавин)	Молоко и мо- лочные продук- ты, мясо, хлеб, крупы и грибы	Участвует в обмене жиров и обеспечении организма энергией из основных пищевых веществ. Необходим для поддержания цветового зрения (восприятия цвета)	Нарушение зре- ния, светобоязнь, нарушение акта глотания, дерма- тит, трещины в уголках рта и на слизистой языка	У человека не выявлены
Вита- мин В <sub>6</sub> (пири- доксин)	Мясо, рыба, птица, хлеб и крупы, бобо- вые, зелень	Участвует в обмене белков и углеводов; необходим для нор- мального функцио- нирования нервной системы и кровото- чения	Угнетенное на- строение, раздра- жительность, по- теря аппетита и веса, зуд кожи, гладкий красный язык, малокро- вис, склеротиче- ские изменения сосудов	Нарушение нервной чувствитель- ности
Вита- мин В <sub>12</sub> (кобала- мин)	Все продукты животного про- исхождения, в растениях не содержится	Необходим для обра- зования эритроцитов и нервных волокон, участвует в синтезе нуклеиновых кислот	Пернициозная анемия, пораже- ние нервной сис- темы, слабость, гладкий красный язык	У человека не выявлены
Вита- мин С (аскор- биновая кислота)	Почти все ово- щи и фрукты, но особенно цитрусовые (фрукты и соки), ягоды, перец сладкий, капуста, картофель	Укрепляет стенки кровеносных сосудов, способствует заживле- нию ран, улучшает вса- сывание железа, сни- жает холестерин в кро- ви и предупреждает развитие атероскlero- за, укрепляет имму- нитет, способствует обезвреживанию чужеродных веществ	Кровоточивость десен, расшатыва- ние и выпадение зубов, кровоизли- яние в кожу и си- няки, потеря ап- петита, сухость кожи, плохое за- живление ран и царапин. В тяже- лых случаях — цинга	Понос, об- разование почечных камней, раздражение мочевых пу- тей, рассасы- вание кост- ной ткани



Вита- мины	Источник витаминов	Физиологические функции, выполняемые в организме человека	Проявления	
			недостаточности	избытка
Вита- мин РР (ниа- цин)	Постное мясо, рыба, птица, молоко, яйца, бобовые, хлеб и крупы	Необходим для полу- чения энергии из пи- щи, способствует нормальному росту, снижает холестерин в крови	Понос, нарушение функции мозга, раздражительность, нервозность, быст- рая утомляемость, образование язв на слизистой рта. В тяжелых случа- ях — пеллагра	Поражение печени, по- вышение в крови сахара и мочевой кислоты
Вита- мин В <sub>9</sub> (фолие- вая кислота)	Печень, дрож- жи, капуста, бобовые, сырые овощи	Участвует в биосинте- зе нуклеиновых кис- лот. Необходим для кровообразования, роста и развития всех орга- нов и тканей, разви- тия плода	Нарушение обра- зования эритро- цитов и анемия, потеря аппетита и веса тела, рас- стройство кишеч- ника	Может нарушать всасывание цинка
Вита- мин В <sub>5</sub> (панто- теновая кислота)	Почти во всех видах пищи	Необходим для об- мена жиров и угле- водов и получения энергии, для синтеза антител, гемоглобина, холестерина и поло- вых гормонов	Жжение в стопах, упадок сил и усталость, посе- дение и выпаде- ние волос	Понос и отеки
Вита- мин Н (биотин)	Соевые бобы, злаки, дрожжи	Участвует в обмене углеводов и жиров и обеспечении организ- ма энергией	Шелушние кожи, выпадение волос, боли в мышцах, депрес- сия, повышение холестерина в крови	У человека не выявлены

Дефицит того или иного витамина в пищевом рационе приводит к возникновению и развитию в организме упоминавшейся в разделе 2.2.4 витаминной недостаточности по соответствующему витамину, что проявляется в нарушениях ферментативных процессов.

Различают два вида недостаточности витаминов:

*гиповитаминоз* — состояние умеренного дефицита со стертыми неспецифическими проявлениями, такими как потеря аппетита, быстрая утомляемость, раздражительность, и отдельными микросимптомами: кровоточивость десен, шелушение и сухость кожи, ломкость волос и др.; в случае недостатка в организме нескольких витаминов могут развиваться полигиповитаминозы, при которых недостаточность одного из витаминов проявляется на фоне сопутствующей недостаточности других;

*авитаминоз* — глубокий дефицит того или иного витамина с развернутой клинической картиной болезненного состояния недостаточности: при дефиците витамина С развивается цинга, витамина D — рахит, витамина В<sub>1</sub> — болезнь «Бери-бери», витамина РР — пеллагра, витамина В<sub>12</sub> — пернициозная анемия.

Основные причины гипо- и авитаминозов подразделяются на первичные (экзогенные), связанные с недостаточным поступлением витаминов в состав пищевых продуктов, и вторичные (эндогенные), которые обусловлены нарушениями утилизации витаминов в организме при достаточном поступлении их с пищей, или резко повышении потребности в них.

К причинам эндогенного характера относятся:

нарушения ассимиляции витаминов;  
угнетение кишечной микрофлоры, продуцирующей витамины;  
повышенная потребность в витаминах в связи с особым физическим состоянием организма, заболеваниями или климатическими условиями;

врожденные нарушения обмена и функции витаминов.

**Минеральные вещества** (минеральные элементы) — неорганические составные части пищи, являющиеся незаменимыми пищевыми веществами.

В группу незаменимых веществ входит 21 элемент.

В основе классификации лежит принцип количественного содержания минеральных веществ в организме, т. е. количества, необходимого человеку (табл. 18.21).

Таблица 18.21

**Классификация минеральных веществ**

Классификация	Элемент	Количество в организме взрослого человека, г
Незаменимые макроэлементы — элементы, составляющие более 0,005 % массы тела	Кальций	1020
	Фосфор	680
	Калий	270
	Сера	200
	Натрий	140
	Хлор	140
	Магний	25
	Железо	4,5
	Цинк	1,9
	Иод	0,015
	Селен	0,013
	Медь	0,125
	Незаменимые микроэлементы — элементы, составляющие менее 0,005 % массы тела	Марганец
Фтор		Не установлено
Хлор		То же
Молибден		»
Ванадий		»
Никель		»
Кремний		»
Мышьяк		»
Кобальт		»
Элементы, незаменимость которых пока не установлена, но есть данные об их участии в химических процессах		Барий, олово, бром, стронций, кадмий

Классификация	Элемент	Количество в организме взрослого человека, г
Элементы, участие которых в биохимических процессах не установлено	Золото, серебро, алюминий, ртуть, висмут, галлий, свинец, бор, литий и еще 20 элементов	Не установлено

Общие свойства основных макро- и микроэлементов, входящих в состав пищевого сырья и продуктов, описаны в разделе 2.2.5.2.

Являясь незаменимыми микронутриентами, которые поступают в организм человека с пищей, минеральные вещества принимают участие в различных физиологических и биохимических процессах, протекающих в организме.

В организме человека минеральные вещества выполняют следующие общие функции:

- поддержание кислотно-щелочного равновесия;
- регуляция биохимических реакций;
- формирование и развитие тканей организма;
- нормализация водного обмена.

Наряду с общими, каждый минеральный элемент выполняет в организме человека свои специфические функции, приведенные ранее в разделе 2.2.5.2 и обобщенные в табл. 18.22).

Таблица 18.22

#### Основные источники и физиологические функции минеральных веществ [8]

Элемент	Источник минеральных веществ	Физиологические функции, выполняемые в организме человека	Проявления	
			недостаточности	избытка
Кальций	Молоко, кефир, йогурт, сыр, творог, хлеб, овощная зелень (укроп, петрушка и др.)	Образование костей и зубов, проведение нервного импульса, мышечное сокращение, свертывание крови	Рахит и остеопороз (в сочетании с недостатком витамина D)	Не выявлено
Фосфор	Любая пища	Образование костей, синтез биологически активных веществ	Нет	Судороги (у новорожденных)
Магний	Многие продукты	Развитие скелета, нервной и мышечной систем	Слабость, нарушение функции сердца	При поступлении с пищей отсутствует
Натрий и хлор	Любая пища, приготовленная с добавлением поваренной соли, хлеб	Участвует в водно-солевом обмене и регуляции кислотно-щелочного баланса; находится во внеклеточной жидкости; необходим для функций нервной системы и мышечного сокращения	Редко наблюдаются судороги, падение артериального давления	Повышение артериального давления (у взрослых)
Калий	Овощи, фрукты, молоко, мясо	Регулирует водно-солевой обмен и кислотно-щелочное равновесие; находится внутри клетки	Мышечная слабость, нарушение ритма сердца	При поступлении с пищей отсутствует

Элемент	Источник минеральных веществ	Физиологические функции, выполняемые в организме человека	Проявления	
			недостаточности	избытка
Железо	Мясо, рыба, птица, хлеб, овощи	Образование гемоглобина, транспорт кислорода	Анемия, повышенная утомляемость, бледность кожных покровов	Может привести к смерти
Цинк	Мясо, молоко, хлеб, крупы	Входит в состав около 100 ферментов	Замедление роста у детей и подростков, поражение кожи	Тошнота, рвота, изменение состава крови
Медь	Мясо, хлеб, крупы, овощи	Входит в состав ферментов	Изменения состава крови, поражения скелета и сердца	Токсична
Селен	Злаковые продукты, рыба, мясо	Входит в состав около 100 ферментов	Поражение сердца (болезнь Кешана)	Токсичен

Минеральные вещества, необходимые человеку, содержатся во многих пищевых продуктах, различающихся по составу и концентрации макро- и микроэлементов, однако их доступность для усвоения организмом неодинакова. Например, в кишечнике человека усваивается не более 50 % потребляемого с пищей кальция, не более 10 % железа из растительной пищи и 40 % из мяса животных. Всасыванию минеральных веществ в кишечнике препятствуют соли фитиновой кислоты (фитаты), содержащиеся в зерне и зерновых продуктах (хлеб, крупы и др.).

Средние суточные потребности человека в минеральных веществах, имеющих наибольшее значение в питании, приведены в табл. 18.23.

Таблица 18.23

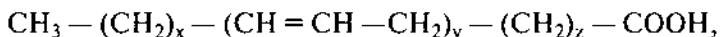
**Рекомендуемые уровни среднесуточного потребления минеральных веществ в России, странах ЕС и США**

Минеральные вещества	Россия (1991 г.)	Страны ЕС (1990 г.)	США (1999–2001 г.)	
			RDA	Допустимый верхний уровень потребления
Кальций, мг	800	600	1000	2500
Фосфор, мг	1200	800	700	4000
Магний, мг	400	420	320–340	350
Железо, мг	10*...20**	(6,2...12,3)*...(11,9...23,8)**	8...18	45
Цинк, мг	15	8...12	8...11	40
Иод, мкг	200	150	150	1100

Среднесуточное потребление железа: \* — для мужчин, \*\* — для женщин.  
RDA — см. табл. 18.18.

Поскольку минеральные соединения, входящие в состав пищевых продуктов, характеризуются разной степенью доступности для усвоения организмом, необходимый уровень их поступления с пищей может быть обеспечен только за счет разнообразного питания.

*Полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК)* — кислоты, имеющие общую формулу



где  $x$ : 1, 4, 5, 7;  $y$ : 1–6;  $z$ : 0–7.

с общим числом атомов углерода от 12 до 24 и *цис*-конфигурацией, которые являются незаменимыми по одной из двух причин:

не синтезируются животным организмом, и их отсутствие в пище вызывает симптомы недостаточности жирных кислот (линолевая, линоленовая).

синтезируются в организме и способны устранять симптомы недостаточности (метаболиты линолевой и линоленовой кислот).

Полиненасыщенные кислоты образуют 2 семейства:

$\omega$ -3 (или  $n$ -3) — полиненасыщенные жирные кислоты ( $x = 1$ ):

$\alpha$ -линоленовая кислота ( $\text{C}_{18:3}$ );

эйкозапентаеновая кислота ( $\text{C}_{20:5}$ );

докозагексаеновая кислота ( $\text{C}_{22:6}$ );

$\omega$ -6 (или  $n$ -6) — полиненасыщенные жирные кислоты ( $x = 4$ ):

линолевая кислота ( $\text{C}_{18:2}$ );

$\gamma$ -линоленовая кислота ( $\text{C}_{18:3}$ );

арахидоновая кислота ( $\text{C}_{20:4}$ ).

Линолевая и линоленовая кислоты — продукты биосинтеза в растительных организмах, где происходит их образование из олеиновой кислоты путем последовательного дегидрирования. Животные организмы их не синтезируют, поэтому эти кислоты относятся к незаменимым (эссенциальным) и могут поступать в животный организм только с растительной пищей.

Важнейшим метаболитом линолевой кислоты является арахидоновая, которая может образовываться в организме из линолевой при участии витамина  $\text{B}_6$ . Биосинтез этой кислоты непосредственно связан с поступлением в организм линолевой, в связи с чем арахидоновую кислоту относят также к незаменимым.

Содержание этих трех эссенциальных кислот (% по массе) в пищевых продуктах приведено в табл. 18.24.

$\alpha$ -Линоленовая кислота — первый представитель  $\omega$ -3 — незаменимых жирных кислот. Ее ценными метаболитами являются кислоты  $\text{C}_{20:5}$  и  $\text{C}_{22:6}$ , которые образуются преимущественно в морских животных (различные виды рыб) и являются основным источником поступления незаменимых жирных кислот в организм человека.

Содержание некоторых незаменимых жирных кислот в жирах (% по массе)

Вид жира	Линолевая кислота	$\alpha$ -Линоленовая кислота	Арахидоновая кислота
Масло			
подсолнечное	59,8	—	—
соевое	50,9	10,3	—
оливковое	12,0	—	—
хлопковое	50,8	—	—
коровье (топленое)	1,7	0,6	0,09
Жир			
свиной	8...9	0,7	0,5
говяжий	2...5	0,6	0,1
бараний	3...4	0,9	0,1
тресковый	0,3...2	0,4	1...4

Жирные кислоты наиболее полно обеспечивают синтез структурных компонентов клеточных мембран, отвечающих за нормальное функционирование мембран и их устойчивость к повреждающим воздействиям.

Недостаток полиненасыщенных жирных кислот в организме является одной из главных причин интенсификации перекисного окисления липидов мембран, которая вызывается рядом превращений, протекающих по схеме.

*Недостаток ПНЖК → изменение жирно-кислотного состава клеточных мембран → нарушение функциональной стабильности мембран → снижение устойчивости к повреждающему действию → увеличение проницаемости → интенсификация процессов перекисного окисления липидов мембран.*

Оптимальное соотношение  $\omega$ -6 :  $\omega$ -3 составляет 5 : 1\* ÷ 10 : 1\*\* (\* для лечебного питания; \*\* для здорового питания);

оптимальное поступление:

$C_{18:2}$  — 8 ÷ 10 г/день;

$C_{18:3}$  — 0,9 ÷ 1,0 г/день;

$C_{20:5}$  — 0,3 ÷ 0,4 г/день.

Хронический дисбаланс и недостаток ПНЖК в составе жирового компонента пищевого рациона могут быть вызваны потреблением повышенного количества твердых животных жиров, сокращенным потреблением растительных масел, отсутствием в составе рациона растительных масел или полным исключением из рациона жирового компонента.

В этом случае возможно развитие алиментарных болезней, связанных с дефицитом ПНЖК.

Недостаток полиненасыщенных жирных кислот в рационе питания приводит к следующим последствиям:

подавлению роста молодого организма;

угнетению репродуктивной функции;

возникновению дерматитов;  
уменьшению коагулирующих веществ крови;  
колебаниям артериального давления.

#### 18.2.4. ПАРАФАРМАЦЕВТИКИ

*Парафармацевтики* — биологически активные добавки к пище, применяемые для профилактики, вспомогательной терапии и поддержки в физиологических границах функциональной активности органов и систем.

Парафармацевтики — так называемые «минорные» (входящие в относительно небольших количествах) компоненты пищи, к которым относятся органические кислоты, биофлавоноиды, биогенные амины, кофеин, некоторые олигосахариды, ди- и олигопептиды и др.

Суточная доза парафармацевтика не должна превышать разовую терапевтическую дозу, определенную при применении этого вещества в качестве лекарственного средства.

Источниками парафармацевтиков являются пищевые и лекарственные растения, которые с древних времен широко используются для профилактики различных заболеваний и улучшения здоровья.

Главным условием использования растений в качестве парафармацевтиков является наличие разрешения на применение в пищевой промышленности, а также в составе лекарственных чаев и сборов в соответствии с требованиями Российской Фармакопеи или требованиями зарубежных Фармакопей.

#### 18.2.5. ПРОБИОТИКИ

*Пробиотики* — физиологически функциональные пищевые ингредиенты в виде живых непатогенных и нетоксикогенных микроорганизмов, обеспечивающие при систематическом употреблении самостоятельно или в составе пищевых продуктов оптимизацию микробиологического статуса организма человека за счет нормализации состава и биологической активности нормальной микрофлоры пищеварительного тракта.

Основные группы пробиотиков — препараты и биологически активные добавки к пище, содержащие живые микроорганизмы (монокультуры или их комплексы), структурные компоненты микроорганизмов — представителей нормальной микрофлоры или их метаболиты, микробного или иного происхождения, стимулирующие рост и активность бифидобактерий и лактобацилл — представителей нормальной микрофлоры.

Источниками пробиотиков могут являться функциональные

продукты питания на основе живых микроорганизмов, их метаболитов, других соединений микробного, растительного или животного происхождения, способные поддерживать и восстанавливать здоровье человека через коррекцию микробной экологии его организма.

К микроорганизмам, используемым в качестве пробиотиков, предъявляются особые требования. Они должны оказывать:

положительное воздействие на организм человека, подтвержденное лабораторными исследованиями и клиническими испытаниями;

быть устойчивыми к низким рН, желчным кислотам, антимикробным субстанциям в пищеварительном тракте;

иметь стабильные характеристики клинической и технологической эффективности;

иметь четкие физиолого-биохимическую и генетическую маркировки;

быть совместимы с другими микроорганизмами, присутствующими в желудочно-кишечном тракте;

быть устойчивыми к антимикробным средствам, содержащимся в просвете кишечника;

проявлять минимальную способность к транслокации из просвета пищеварительного тракта во внутреннюю среду организма при введении в больших количествах;

иметь высокую скорость роста;

не иметь побочных действий при длительном использовании.

На эффективность пробиотика оказывают влияние два основных фактора — состав пробиотика и состояние микробной экологии человека, которая зависит от пола, возраста, условий проживания и др.

Позитивные эффекты пробиотиков: антибактериальные свойства; антимуtagenные свойства; антиканцерогенные свойства; улучшение метаболизма лактозы; снижение уровня свороточно-го холестерина; стимуляция иммунной системы.

К основным процессам, обеспечивающим положительное влияние пробиотиков, полученных на основе живых микроорганизмов, на организм человека через нормализацию его микробной экологии относятся:

ингибирование роста потенциально вредных микроорганизмов в результате продукции антимикробных субстанций, конкуренция с ними за питательные вещества и рецепторы адгезии, активация иммунокомпетентных клеток;

стимуляция роста представителей кишечной флоры в результате синтеза витаминов и других ростостимулирующих факторов, нейтрализация токсинов и нормализация рН;

изменение микробного метаболизма, проявляющееся в повышении или снижении активности ферментов.

Наряду с веществами микробного происхождения на кишеч-



ную микрофлору человека могут оказывать влияние вещества не-микробной природы, выделенные в самостоятельную подгруппу и получившие название «пребиотики».

*Пребиотики* — функциональные пищевые ингредиенты в виде вещества или комплекса веществ, которые при систематическом употреблении в составе пищевых продуктов обеспечивают оптимизацию микробиологического статуса организма человека за счет избирательной стимуляции роста и (или) биологической активности нормальной микрофлоры пищеварительного тракта.

Основные виды пребиотиков: ди- и трисахариды, олиго- и полисахариды, многоатомные спирты, аминокислоты и пептиды, ферменты, органические низкомолекулярные и ненасыщенные высшие жирные кислоты, антиоксиданты, растительные и микробные экстракты и др.

*Синбиотики* — функциональные пищевые ингредиенты, представляющие собой комбинации пробиотиков и пребиотиков, оказывающие синергический эффект на физиологические функции и метаболические реакции организма человека.

#### *Контрольные вопросы*

1. Что такое пищевые добавки? На какие основные группы делятся пищевые добавки?
2. Что подразумевается под гигиенической регламентацией пищевых добавок в продуктах питания?
3. Как классифицируют пищевые красители? Какова цель их применения?
4. Что такое подслащивающие вещества (подсластители), как их классифицируют? Что понимается под смесью подсластителей?
5. Что такое пищевые ароматизаторы и как их классифицируют? Какие вещества относятся к усилителям и модификаторам вкуса?
6. Какие пищевые добавки изменяют структуру и реологические свойства пищевых продуктов? Какова их роль в создании продуктов питания?
7. Какова роль консервантов в сохранении пищевого сырья и готовых продуктов?
8. Какие вещества относятся к группе консервантов?
9. Какие добавки относятся к биологически активным?
10. Как классифицируют биологически активные добавки к пище?
11. Что подразумевается под гигиенической экспертизой БАД к пище?
12. Какие биологически активные добавки к пище относятся к нутрицевтикам?
13. Какие вещества относятся к витаминам? На какие основные группы они подразделяются?
14. Каковы основные виды и причины недостаточности витаминов?
15. Как подразделяются минеральные пищевые вещества?
16. Каковы основные физиологические функции кальция, фосфора и магния?
17. Какие жирные кислоты входят в группу незаменимых? Каковы их основные физиологические функции?
18. Какие вещества относятся к парафармацевтикам? Каковы принятые уровни их потребления?
19. Что такое пробиотики?

---

## Раздел V

# ТЕХНОЛОГИИ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

### Глава 19

## ТЕХНОЛОГИЯ МУКИ, КРУПЫ, ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ИЗ ЗЕРНА

Современные мукомольные и крупяные заводы являются крупными механизированными предприятиями с высокой степенью автоматизации технологических процессов. Ассортимент этих предприятий отличается большим разнообразием, обеспечивая население продуктами, в том числе для детского и диетического питания, которые в значительной степени восполняют потребности организма человека в энергии, белках, углеводах, минеральных веществах и витаминах.

### 19.1. ПЕРЕРАБОТКА ЗЕРНА В МУКУ

Помол зерна состоит из двух этапов: подготовки зерна к помолу и собственно помола зерна. Подготовка зерна к помолу заключается в составлении помольных партий зерна, очистке его от примесей, удалении оболочек, зародыша и кондиционировании.

Партии зерна поступают на предприятия мукомольной промышленности из разных районов произрастания, поэтому качество и технологические свойства их весьма различны. Для выпуска продукции, удовлетворяющей требованиям стандарта, помольные партии составляют с целью улучшения качества зерна одной партии за счет другой. Смешивать можно полноценное зерно, удовлетворяющее требованиям по зольности, стекловидности и иным показателям, или зерно полноценное и неполноценное (проросшее, морозобойное, пораженное клопом-черепашкой и т. п.).

Морозобойное зерно повреждается морозом при его созревании. Степень повреждения зависит от фазы его зрелости: менее зрелое зерно претерпевает более глубокие изменения. Поврежденные зерна становятся морщинистыми, приобретают серо-зеленый цвет, в них не происходит в полной мере синтез белков и крахмала, они содержат большое количество сахаров и декстринов, отличаются повышенной активностью  $\alpha$ -амилазы. Хлебопекарные свойства такого зерна резко снижены, хлеб получается с заминающимся мякишем, темный, с солодовым привкусом и плохой пористостью.

Получить хлеб хорошего качества из муки проросшего зерна без дополнительных мероприятий не удастся. Мука из такого зерна отличается повышенной активностью всех ферментов, в том числе  $\alpha$ -амилазы. Хлеб имеет липкий мякиш и темноокрашенную корку.

Зерно может повреждаться клопом-черепашкой, наиболее часто встречающимся вредителем. На поверхности зерна появляется темная точка укуса, окруженная пятном сморщившейся беловатой оболочки, внутри которой под влиянием мощных протеолитических ферментов, выделяемых слюнными железами клопа-черепашки и попадающих в зерно при укусе, происходят глубокие изменения. В результате укуса начинается глубокий протеолиз, снижается содержание белка, ослабляется клейковина и уменьшается ее количество. Тесто становится жидким, хлеб получается низкого качества, небольшого объема, более плотный.

Для очистки зерна от примесей, отличающихся размерами и аэродинамическими свойствами, применяют сепараторы.

Основные рабочие органы сепаратора — плоские наклонные сита, совершающие круговое поступательное движение в горизонтальной плоскости. Зерновую массу очищают, последовательно просеивая на ситах. Размеры отверстий сит подбирают так, чтобы через верхнее сито проходило зерно и мелкие примеси, а сходом шли крупные примеси. Через отверстия нижнего сита проходом идут мелкие примеси, а сходом — зерно. Выделенное зерно продувают восходящим потоком воздуха. Скорость воздушного потока меньше скорости витания основной культуры, в результате чего легкие примеси уносятся воздушной струей, а основное зерно остается.

Примеси, не схожие с зерном по форме (семена куколя, овсюга и др.), отделяют на триерах, рабочими органами которых являются вращающиеся барабаны или диски, закрепленные на горизонтальном валу. Внутренняя поверхность барабанов и боковые поверхности дисков имеют вид ячеек.

В качестве примера на рис. 19.1 показан принцип действия цилиндрического триера. Зерно с примесями поступает внутрь барабана. При вращении триера короткие примеси 2 попадают в ячейки 1 и плотно в них укладываются, поскольку размеры ячеек и примесей соответствуют друг другу. При вращении барабана за счет центробежной силы примеси поднимаются на определенную высоту, а затем под действием собственной силы тяжести, которая

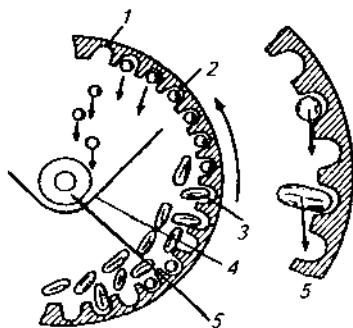


Рис. 19.1. Цилиндрический триер

должна быть больше центробежной силы, падают в лоток 4, из которого удаляются шнеком 5. Длинные зерна, например зерна пшеницы 3, в ячеи либо совсем не помешаются, либо укладываются неглубоко. Последние при вращении триера быстро выпадают и идут сходом. Триеры, служащие для отделения зерна от коротких примесей, называются куколеотборочными машинами. Зерно от длинных примесей очищают на триерах, называемых овсюгоотборочными машинами, в которых размер ячеей соответствует размерам зерна, поэтому основная культура попадает в ячеи, а примеси идут сходом.

В дальнейшем зерно очищают от металломагнитных примесей. Очистку от металломагнитных примесей проводят несколько раз, например, при выходе зерна из сепаратора, перед его обработкой в обоечных, щеточных машинах и т. д.

Зерновая масса, прошедшая через сепараторы и триеры, нуждается в дополнительной очистке. С поверхности зерна необходимо удалить загрязнения и пыль, частично поврежденные и отслаивающиеся оболочки, опушение и частично зародыш. Кроме того, при неблагоприятных условиях хранения на поверхности зерна развиваются плесневые грибы. Обработку поверхности зерна проводят сухим и мокрым способами. В первом случае применяют обоечные, щеточные и шелушильные машины, во втором — машины для мокрого шелушения. Использование последних машин

в 4—5 раз снижает микробиологическую обсемененность зерна. Обоечные машины могут быть двух типов: с абразивным цилиндром (используют при простых помолах ржи и пшеницы в обойную муку) и со стальным (применяют при сортовых помолах пшеницы, чтобы снизить травмирование зерна и обеспечить целостность оболочек и их дальнейшее выделение в виде крупных отрубей).

Обоечная машина типа РЗ-БМО-6 со стальным цилиндром (рис. 19.2) представляет собой ситовой барабан 2, внутри которого вращается бичевой ротор 3. Поступающее через приемный патрубок 1 исходное зерно 1 отбрасывается бичами в его поверхности. Обработка поверхности зерна происходит за счет многократных ударов и интенсивного трения его о бичи и рабочую поверхность барабана. Очищенное зерно II и про-

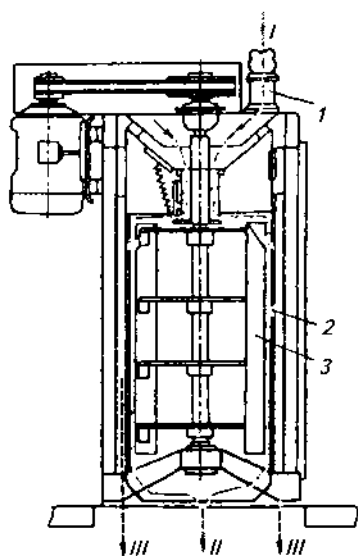


Рис. 19.2. Схема обоечной машины РЗ-БМО-6

дукты шелушения (отходы) III выводятся через выпускные отверстия. Для окончательной очистки поверхности зерна используют щеточные машины. Последняя состоит из вращающегося щеточного барабана и неподвижной деки. При выходе из щеточной машины зерно приобретает гладкую полированную поверхность.

При сортовом помоле загрязненное зерно моют и подвергают гидротермической обработке, которая включает в себя увлажнение и отволаживание зерна. Сухие оболочки зерна при помолу сильно измельчаются и, при попадании в муку, увеличивают ее зольность. При увлажнении зерна оболочки становятся эластичными, их связь с эндоспермом ослабляется, в то время как сам эндосперм остается сухим и хрупким. При помолу оболочки отделяются от зерна в виде крупных пластинок, что облегчает их последующее выделение при просеивании.

В зависимости от качества исходного зерна используют различные способы кондиционирования зерна. При холодном кондиционировании зерно увлажняют водой температурой 18...20 °С и подогретой до 35 °С и оставляют на отволаживание в течение 12...14 ч. При этом усиливается действие ферментов, идет протеолиз белка и ослабляется клейковина. Холодное кондиционирование применяют для обработки зерна с клейковиной малой растяжимости. Для укрепления зерна со слабой клейковиной необходимо уменьшить активность ферментов, в этом случае используют горячее кондиционирование. Увлажненное зерно выдерживают в кондиционерах при температуре от 40...45 °С до 55...60 °С в зависимости от качества клейковины с последующим охлаждением, а затем направляют в бункера для отволаживания. Процесс отволаживания длится меньше, чем при холодном кондиционировании. Возможно скоростное кондиционирование, при котором для увлажнения зерна используют водяной пар.

Непосредственно перед помолом поверхность зерна дополнительно увлажняют на 0,3...0,5 % и отволаживают в течение 20—30 мин, чтобы увеличить влажность оболочек и полнее их отделить от эндосперма.

Схема подготовки зерна к помолу может быть сокращенной или развернутой в зависимости от типа зерновой культуры, ее качества, типа помола и т. д. Для сортового помола пшеницы применяют развернутую схему, которая включает в себя следующие стадии: взвешивание, магнитный контроль, первое сепарирование, выделение минеральных примесей на камнеотделительной машине, очистку на куколе- и овсюгоотборочных машинах, магнитный контроль, первую обработку поверхности на обочечных машинах, выделение легких примесей на aspirаторе, холодное кондиционирование, проводимое в два этапа, между которыми проводят формирование помольной смеси, магнитный контроль, вторую обработку поверхности на обочечных или щеточных машинах, уничтожение скрытой зараженности, выде-

ление легких примесей на аспираторе, увлажнение и короткую отлежку.

Помол зерна состоит из двух операций: собственно помола зерна и просеивания продуктов помола. Помолы могут быть разовыми и повторительными.

Разовый помол — наиболее простой, при этом зерно на молотковых дробилках за один прием полностью измельчают в муку вместе с оболочками. Полученная мука отличается низким качеством, имеет темный цвет, неоднородна по размеру частиц. Для улучшения качества муки разового помола из нее путем просеивания отбирают некоторое количество крупных оболочек (отрубей). Разовые помолы имеют ограниченное применение.

Повторительные помолы более совершенны, зерно измельчают в муку путем многократного прохождения через измельчающие машины, при этом после каждого измельчения продукт сортируют в просеивающих машинах.

Основным видом измельчающего оборудования для этих помолов являются вальцовые станки (рис. 19.3). Два цилиндрических чугунных вальца 2 одинакового диаметра расположены под углом и вращаются навстречу друг другу с разными скоростями. Поверхность вальцов рифленая, зазор между ними устанавливается в зависимости от намечаемой крупноты помола. Исходное зерно 1 через приемную трубу 5 питающим механизмом 3 подается на вальцы 2. Зерно задерживается нижним вальцом, имеющим меньшую скорость вращения, скалывается и растирается рифлями верхнего быстровращающегося вальца. Чувствительный элемент регулятора уровня 4, шторки-датчики 6 и заслонка 7 служит для регули-

рования подачи зерна. Поверхность вальцов очищается с помощью щеток 1 и ножей 8. Измельченное зерно II удаляется через выпускные конусы 9. Для сортирования продуктов измельчения зерна по крупноте частиц после каждого вальцового станка устанавливается рассев с набором сит разных размеров, расположенных друг под другом. При просеивании получают две фракции: сход, состоящий из частиц, не прошедших через отверстия сита, и проход, прошедший через сита. При сортовых помолах пшеницы верхний сход является наиболее крупной фракцией с размером частиц 1,0...1,6 мм, следующие по крупноте фракции называются *крупка-*

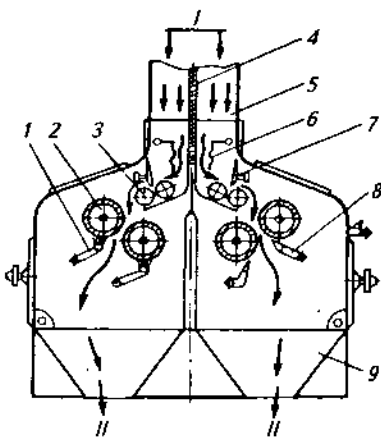


Рис. 19.3. Схема вальцового станка AI-БЗН

ми (размер частиц 0,31...1,0 мм) и дунстами (размер частиц 0,16...0,31 мм). Самая мелкая фракция — проход — образует муку (размер частиц менее 0,16 мм). Мельничные сита могут быть металлочные, шелковые и синтетические (капроновые, нейлоновые и т. п.). Сита различаются по номерам: для металлочного сита номер определяет размер отверстия (мм) в свету; номер шелковых мучных сит из облегченной ткани и синтетических соответствует числу отверстий на длине 1 см.

Вальцовый станок вместе с рассевом образует системы, которые бывают драными и размольными. В драных системах вальцы рифленые, отношение скорости быстровращающегося вальца к скорости медленновращающегося  $K = 2,5$ ; служат для дробления зерна до крупок и дунстов. В размольных системах вальцы шероховатые,  $K = 1,5$ ; превращают промежуточные продукты помола (крупку и дунсты) в муку.

Подготовка зерна к простому повторительному помолу состоит из сухой очистки его поверхности на обочных машинах, гидротермическая обработка необязательна. Сам процесс помола состоит из одного драного процесса, либо драного и сокращенного размольного процессов. Зерно последовательно измельчают на нескольких (3—4) вальцовых станках, после каждого из них смесь просеивают и отбирают муку в виде прохода с нижнего сита. Более крупные сходы с сит направляют на следующую пару вальцов. Такую операцию повторяют до тех пор, пока все частицы не превратятся в муку. Муку со всех рассевов объединяют, подвергают контрольному просеиванию и получают муку одного сорта. Можно организовать работу так, чтобы с последнего рассева сходили отруби. При обойном помолу выход ржаной муки составляет 95 %, количество отрубей 2 %, а выход пшеничной муки равен 96 % при выходе отрубей 1 %. Отобрав 9 % отрубей, можно получить ржаную обдирную муку с выходом 87 %.

Сложные повторительные помолы могут быть без обогащения крупок, т. е. без ситовеечного процесса (при получении, например, ржаной сеяной муки с выходом 63 %) и с обогащением крупок по сокращенной и развитой схемам (в последнем случае получают сортовую муку). При сложном помолу с обогащением крупок очистку и гидротермическую обработку зерна ведут по развернутой схеме. Зерно дробят на сравнительно крупные части на 4—5 драных системах. После просеивания верхний сход с первой системы идет на вальцовый станок второй системы, верхний сход со второй системы направляют на вальцовый станок третьей системы и т. д. С последней драной системы верхний сход является отрубями. Крупки и дунсты, отбираемые со средних сит рассева, направляют на обогащение. Проходы со всех сит объединяют и получают муку I или II сортов.

При сложных помолу в драном процессе стремятся с первых трех систем получить как можно больше крупок и меньше муки.

Количество крупных крупок составляет 18...20 %, средних — 22...24 %, мелких — 13...14 %. На долю дунстов приходится 12...14 % и на долю муки — 13...15 %. Выделенные крупки и дунсты обладают наибольшей ценностью, имеют наибольшую зольность и называются *продуктами первого качества* в отличие от крупок и дунстов второго качества, отбираемых на последующих драных системах и имеющих более высокую зольность.

Обогащение смеси крупок и дунстов ведут по крупноте и добротности на ситовеечных машинах, основным рабочим органом которых является сортировочное сито, разделенное на секции. Каждая секция имеет сито с определенными размерами ячеек. Через сито снизу вверх подается воздух. Сквозь первые самые мелкие сита проходят наиболее качественные крупки, богатые эндоспермом, которые затем идут на первые размольные системы и дают муку высших сортов. Крупки, содержащие большое количество оболочек и как более легкие, отделяются на последующих ситах. Затем их подвергают шлифованию, т. е. повторному дроблению на вальцовых станках с шероховатой поверхностью и отношением окружных скоростей 1,25, просеиванию и обработке на ситовеечных машинах для отделения остатков оболочек и зародыша. Только после такой обработки они направляются на последующие размольные системы, образуя муку более низких сортов. Количество размольных систем примерно в два раза больше числа драных. С последних (драной и размольной) систем отбирают отруби, которые подвергают вымолу, выделяя при этом некоторое количество муки более низких сортов.

Сложный помол с обогащением крупок позволяет получать муку различных сортов. Если муку со всех драных и размольных систем пропустить через единый контрольный рассев, то получим односортную муку, *помол* в этом случае называется *односортным*. Например, можно получить пшеничную муку I сорта с выходом 72 %. Можно получить муку двух сортов, в этом случае помол будет называться *двухсортным*. В этом помоле с первых размольных систем будет сходить 40 % муки I сорта и 38 % муки II сорта. Общий выход муки составит 78 %. Можно такое же количество муки (78 %) при сложном помоле разделить на три сорта, в этом случае помол будет называться *трехсортным*, например, будет получено 25 % муки высшего сорта, 40 % I сорта, 13 % II сорта.

Химический состав муки зависит от состава исходного зерна и сорта муки. При помоле зерна, особенно сортового, стремятся максимально удалить оболочки и зародыш, поэтому в муке содержится меньше клетчатки, минеральных веществ, жира и белка и больше крахмала, чем в зерне. Более высокие сорта муки получают из центральной части эндосперма, поэтому в их состав входит больше крахмала и меньше белков, сахаров, жира, минеральных солей, витаминов, которые в основном сосредоточены в его периферийных частях. Наибольшее количество белка содер-



жится в муке I сорта, далее следует мука высшего, II сортов и обойная.

Средний химический состав пшеничной муки (%): крахмал — 66...79; клетчатка — 0,1...1,9; сахара — 1,5...3; белки — 10,3...12,5; жир — 0,9...1,9; зола — 0,5...1,5.

## 19.2. ПЕРЕРАБОТКА ЗЕРНА В КРУПУ

### 19.2.1. ВИДЫ КРУП

На крупяных заводах вырабатывают более 20 видов и сортов крупы. Качество крупы в первую очередь зависит от содержания в ней доброкачественного ядра, которое может изменяться от 99 до 99,7%. *Ядром* называют зерно, освобожденное от пленок. Чем выше сорт крупы, тем больше в ней доброкачественного ядра. Кроме того, качество крупы оценивают по наличию в ней нецелушенных зерен (не более 0,1—0,5%), испорченных ядер (не более 0,1—0,8%) и сорной примеси (не более 0,3—0,7%). Влажность для всех видов и сортов круп не должна превышать 15%. Для дробленых круп (перловой, кукурузной и др.) установлен показатель выравненности (80%). Средний химический состав крупяных культур представлен в табл. 17.1.

Гречиха, как крупяная культура, отличается высоким содержанием белка (11,5—18,5%), который хорошо усваивается. Белок гречихи содержит ряд незаменимых аминокислот (лизин, валин). Из гречихи вырабатывают крупу ядрицу (целое ядро) 1-го, 2-го и 3-го сортов и продел (дробленое зерно).

Рис в зависимости от длины зерна может быть длиннозерный (6—8 мм), среднезерный (5—6 мм) и короткозерный или круглый (4—5 мм). Он отличается самым низким содержанием белка по сравнению с остальными крупяными культурами. Из риса вырабатывают следующие виды круп: рис шлифованный высшего, 1-го, 2-го и 3-го сортов и рис дробленый.

Отличительной особенностью овса является высокое содержание в нем жира (до 6,5%). При получении овсяной крупы зародыш и алейроновый слой не удаляют, поэтому срок хранения овсяной крупы ограничен. Из овса получают овсяную крупу шлифованную и плюшевую высшего, 1-го, 2-го сортов, а также овсяные хлопья и толокно.

Сырьем для получения шлифованного пшена высшего, 1-го, 2-го и 3-го сортов является просо.

Крупы перловая (№ 1...№ 5) и ячневая (№ 1...№ 3) получают из ячменя, причем перловая крупа — целый эндосперм, прошедший шлифование и полирование, а ячневая крупа — дробленое зерно ячменя. Номер крупы определяет ее крупность: чем меньше номер, тем крупнее крупа.

Из твердой пшеницы Дурум получают крупу Полтавскую (№ 1...№ 4) и Артек.

Из кукурузы получают шлифованную крупу (№ 1...№ 5), крупную крупу для производства хлопьев и мелкую крупу — для кукурузных палочек.

Горох, являясь бобовой культурой, содержит большое количество белка (20...36 %), доля незаменимых аминокислот в котором достигает 35 % от массы белка. Горох богат витаминами группы В. Все это говорит о высокой пищевой ценности гороховой крупы. Промышленность вырабатывает горох (целый и колотый).

В результате дополнительной гидротермической обработки и плющения крупы получают хлопья (перловые, овсяные, кукурузные и др.), которые по сравнению с крупой обладают более высокой усвояемостью белков и крахмала и более коротким временем кулинарной обработки.

Все крупы, кроме манной, вырабатывают на крупяных предприятиях. Манную крупу получают на мелькомбинатах при сортовом помоле пшеницы: после ситовеечного процесса может быть выделено до 2 % манной крупы от массы перерабатываемого зерна. Манная крупа может быть следующих марок: М, МТ и Т, если ее получили соответственно из мягкой пшеницы, мягкой с примесью твердой до 20 % или из твердой.

## 19.2.2. ПРОИЗВОДСТВО КРУПЫ

Крупа представляет собой целое ядро зерна (эндосперм) или его крупные частицы.

Процесс производства крупы включает в себя подготовку зерна к переработке и переработку его в крупу.

Подготовка зерна к переработке заключается в отделении зерна от примесей путем сепарирования, гидротермической обработки (ГТО), предварительного сортирования. ГТО проводят не для всех культур, а только для гречихи, пшеницы, кукурузы, овса, ячменя и гороха. Полезно проводить ГТО также для риса, но при этом крупа приобретает желтый оттенок. Цель ГТО, проводимая на крупяных заводах, иная, чем на мукомольных предприятиях. На крупяном заводе необходимо повысить прочность ядра и уменьшить прочность оболочек (пленок), за счет этого облегчается отделение оболочек и в дальнейшем увеличивается выход крупы, особенно высших сортов. В процессе ГТО зерно пропаривают в течение 3—5 мин под давлением, добиваясь его значительного увлажнения и прогрева. Зерно некоторых культур темперируют. Затем зерно подсушивают и охлаждают, при этом происходит обезвоживание цветочных пленок и снижение их прочности. ГТО способствует улучшению свойств крупы: повышается ее развариваемость, сокращается время варки, увеличивается усвояемость белков и крах-

мала. При переработке гречихи, кукурузы высушенное зерно сортируют по крупности на 2—3 и более фракций на сортировочных машинах, что повышает эффективность его переработки. Некоторые культуры (овес, ячмень, горох) перед ГТО сортируют на фракции. Гидротермическую обработку риса и проса не проводят, в подготовительном отделении его разделяют только на фракции, которые затем отдельно направляют на шелушение. При переработке ячменя проводят предварительное шелушение.

Переработка зерна в крупу включает следующие операции: шелушение и сортирование полученных продуктов, шлифование и полирование крупы, сортирование крупы по крупности (номерам).

Для всех пленочных культур проводят шелушение и последующее сортирование образовавшихся продуктов для разделения их на целое ядро, битое ядро, мучку, лузгу и нешелушенное ядро. При шелушении пленки и оболочки необходимо удалить, сохранив при этом целостность ядра. При проведении этой операции необходимо учитывать структурно-механические свойства ядра и пленок. У ячменя пленки плотно прилегают к зерновке и прочно с ней связаны, зерно отличается высокой прочностью, поэтому при шелушении необходимо интенсивное механическое воздействие. При шелушении гречихи удаляют плодовые оболочки, при этом обязательно учитывают невысокую прочность ядра, которое может разрушиться при неправильно подобранных режимах обработки. Повышенной хрупкостью обладает также зерно риса, в то время как цветочные пленки имеют высокую жесткость. Цветочные пленки овса отделяются сравнительно легко. Для обработки зерна различных культур следует применять соответствующие шелушительные машины, работающие на принципе удара или трения за счет деформации сдвига (вальцедековые станки, обочные машины и др.). При последующем сортировании лузгу и мучку удаляют, целое и битое ядро направляются на заключительную обработку, а нешелушенные продукты — на повторное шелушение. Для сортирования можно использовать сессы, триеры и другое оборудование. Выделенное при шелушении и сортировании ядро зерна всех крупяных культур, кроме гречихи, еще не является готовым продуктом. Из него следует удалить плодовые и семенные оболочки и алейроновый слой, что достигается путем шлифования крупы. При получении гречневой крупы плодовые оболочки удаляют при раздельном шелушении на вальцедековых станках полученных ранее 5—6 фракций. Поэтому дальнейшей обработке ядро не подвергают. После сортирования на сессах получают целую крупу — ядрицу — и битое зерно — продел. При производстве овсяной крупы на шлифовальных машинах удаляют только опусшение зерновки, ядро овса очень непрочное и при попытке удаления оболочек дробится.

При шлифовании крупы за счет удаления алейронового слоя и зародыша изменяется химический состав: снижается содержание

белка, клетчатки, жира, минеральных веществ, витаминов (тиамина, рибофлавина, ниацина, токоферола), а содержание крахмала в готовом продукте возрастает.

После шлифования в некоторых случаях применяют полирование крупы (например, рисовой) для придания ей привлекательного вида.

При производстве перловой, ячневой, кукурузной и пшеничной крупы после шлифования ее сортируют на отсевах. Номера сит соответствуют установленной градации крупы по крупности.

Кроме традиционных применяют новые технологии для обработки круп быстро пригодно приготовления и круп, не требующих варки (плющенные крупы, хлопья, взорванные или вспученные зерна). При получении этих продуктов крупу подвергают дополнительной интенсивной механической, термической и гидротермической обработке: пропариванию, предварительной варке, плющению, вспучиванию. Эти операции могут применяться самостоятельно или в различных сочетаниях. При подобных условиях обработки крупы в ней происходят в той или иной мере следующие необратимые изменения: частичная или полная денатурация белка, клейстеризация и декстринизация крахмала, что существенно сокращает время варки до готовности и существенно увеличивает усвояемость готового продукта.

Плющенную крупу получают из овсяной, пшеничной, ячменной и гороховой крупы. При проведении ГТО крупу увлажняют до 25—28 % и нагревают в пропаривателе до 70—75 °С при повышенном давлении. Давление ускоряет клейстеризацию крахмала. При такой обработке крупы приобретает пластичные свойства и одновременно увеличивается ее вязкость, что позволяет при ее плющении получать крупные целые хлопья. Плющение проводят на вальцевом станке с гладкими или рифлеными вальцами. При плющении крупы 20—25 % крахмала получает механические повреждения, при производстве хлопьев степень его повреждения достигает 50—55 %. В результате сокращается время варки, а тонкопелестковые хлопья могут употребляться непосредственно в пищу, например с горячим молоком.

При получении вспученных зерен перед плющением увлажненное зерно или крупу быстро нагревают (в течение 35—60 с) в микроволновом диапазоне ИК-излучения до температуры 170...180 °С. Источником ИК-излучения служит кварцевая лампа с вольфрамовой спиралью. Нагрев может осуществляться токами высокой частоты или при непосредственном контакте с раскаленной поверхностью. Влага переходит в псевдопарообразное состояние, давление внутри зерна возрастает, оно вспучивается и становится пластичным. При последующем плющении зерно взрывается и крупа приобретает микропористую структуру. Такая технология называется *микронизацией* и позволяет получать готовый к употреблению продукт.

Еще более эффективна экструзионная обработка, которая позволяет получать сухие завтраки, например кукурузные палочки. Полная готовность продукта к применению достигается в экструдере за счет воздействия на материал высоких температуры 150...180 °С и давления 15—50 мПа, в результате чего сырье переходит в вязкотекучее состояние и легко формируется через матрицу. Форма экструдата определяется формой отверстия матрицы. За счет большой разницы давления в экструдере и в атмосфере происходит формирование пенообразной структуры исходного материала.

При получении экструдированных продуктов можно использовать малоценную крупу, дробленое зерно, сечку, продел, мучку, муку низких сортов, отруби и т. п., а также расширять ассортимент готовых изделий, включая в рецептуру растительные добавки, биологически-активные вещества (витамины, аминокислоты, микроэлементы) и др.

### **19.3. РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА**

При получении муки и крупы образуются зародыш, отруби, мучка, лузга, рациональное использование которых имеет важное значение.

Зародыш зерна отличается высокой пищевой ценностью. В зависимости от культуры в его состав может входить до 18...30 % белка, до 12...30 % жира, причем белок содержит незаменимые аминокислоты, а жир отличается высоким содержанием непредельных жирных кислот. В зародыше нет крахмала, но зато в нем присутствуют сахара (до 21—30 %) и около 20 видов макро- и микроэлементов: содержание фосфора, калия, магния, железа высокое, а меди цинка, кобальта и др. — значительное. Кроме того, в зародыш входит целый комплекс витаминов: тиамин, рибофлавин, ниацин, пиридоксин, холин, пантотеновая и фолиевая кислоты, но особенно выделяется зародыш по содержанию в нем токоферола, который замедляет развитие атеросклероза и стабилизирует работу нервной системы.

Современная технология позволяет извлечь значительную часть зародышевого продукта при его чистоте 80 % и более.

При высушивании зародышевого продукта до влажности 5...7 % его можно хранить до 3-х мес и более. Для улучшения вкусовых свойств зародыш обжаривают при 130 °С, в результате он приобретает ореховый аромат и служит ценным сырьем для производства кондитерских изделий: для выработки шоколадных конфет, тортов, пирожных и др.

Для обогащения хлебобулочных и мучных кондитерских изделий витаминами, микроэлементами и другими биологически ак-

тивными веществами используют зародыш и тонкоизмельченные отруби.

Зародыш успешно применяется для диетического питания, при болезнях кровеносной системы, нервных расстройствах, дерматитах, а также для профилактики атеросклероза и при переутомлении. Употребление 50 г зародыша восполняет суточную потребность взрослого человека в витаминах.

Зародыш является сырьем для получения растительных масел, в первую очередь, кукурузного. Оставшийся после извлечения масла из зародыша продукт отличается высоким содержанием белка (более 30 %), ценным аминокислотным и минеральным составом, поэтому его используют в качестве обогатителя хлебобулочных изделий, сухих завтраков и других продуктов.

Отруби наряду с лузгой применяют для получения комбикормов, а также используют в качестве субстрата в микробиологической промышленности. Хорошим сырьем для фармацевтической и микробиологической промышленности является мука, особенно рисовая.

В последнее время особое внимание уделяется пшеничным отрубям, в состав которых, кроме клетчатки (5—15 %), крахмала (14—26 %), минеральных веществ (2—7 %), витаминов (гиамин — 2,29 мг%, рибофлавин — 0,56 мг%, ниацин — 34,6 мг%, токоферол — 6,8 мг%), входит белок (16—18 %).

Нечаевым А. П. и Колпаковой В. В. разработана технология получения различных белковых продуктов из пшеничных отрубей с высокой биологической ценностью и полифункционального назначения. Из отрубей может быть получена белковая мука с содержанием белка 45 %; белковый концентрат с содержанием белка 60 % на СВ; пищевой крахмало-белковый продукт для использования в производстве конфет, колбасных изделий, сухих завтраков; белково-жировые продукты для применения в качестве загустителей, эмульгаторов, пенообразователей, заменителей орехов в различных отраслях пищевой промышленности, а также кормовой продукт (сухая мезга) для комбикормовой промышленности. Белковые продукты на основе отрубей обладают высокой усвояемостью и превосходят исходное сырье по содержанию в нем ряда незаменимых аминокислот, витаминов, особенно В<sub>2</sub> и РР, минеральных веществ (калия, кальция, железа).

#### *Контрольные вопросы*

1. В чем заключается подготовка зерна к помолу?
2. Для какой цели составляют помольные партии зерна?
3. Что такое гидротермическая обработка зерна и для чего ее проводят при получении муки и крупы?
4. Что такое дранье и размольные системы и для каких целей их используют?
5. Как получают муку сложным повторительным помолом?
6. В чем состоит подготовка зерна к переработке в крупу?
7. Как осуществляют переработку зерна в крупу?
8. Как получают крупы, не требующие варки?

## Глава 20

# ТЕХНОЛОГИЯ ХЛЕБА И ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Технологическая схема производства хлеба и хлебобулочных изделий включает в себя следующие этапы: хранение и подготовка сырья к производству, приготовление и разделка теста, выпечка и хранение хлеба. На рис. 20.1 приведена схема производства круглого подового хлеба на современном хлебозаводе.

Мука поступает на хлебозавод в автомуковозах 1, а дополнительное сырье — в автомашинах 2. По трубопроводу 3 мука, пройдя дисковые переключатели 7, поступает в силосы 4 для хранения. Фильтры 5, 10, 14 служат для очистки транспортируемого воздуха от мучной пыли. Затем роторными питателями 6 мука из силосов подается в просеиватель 8 и далее питателем 9 в промежуточную емкость 11. После взвешивания на весах 12 мука поступает в бункер 13, а затем по мукопроводу — в производственный бункер 15.

Для хранения растворов соли, сахара, а также дрожжевого молока и жира установлены сборники 17...20. В первую тестомесильную машину 26 для замеса опары подается мука, из водомерного сборника 16 — вода и из бачка постоянного уровня 22 через дозировочную станцию 25 — дрожжевое молоко. Замешанная опара нагнетателем 27 направляется в бункер 28 для брожения. Во второй тестомесильной машине 30 замешивают тесто на готовой опаре, добавляя оставшуюся муку и растворы соли, сахара и жир из бачков

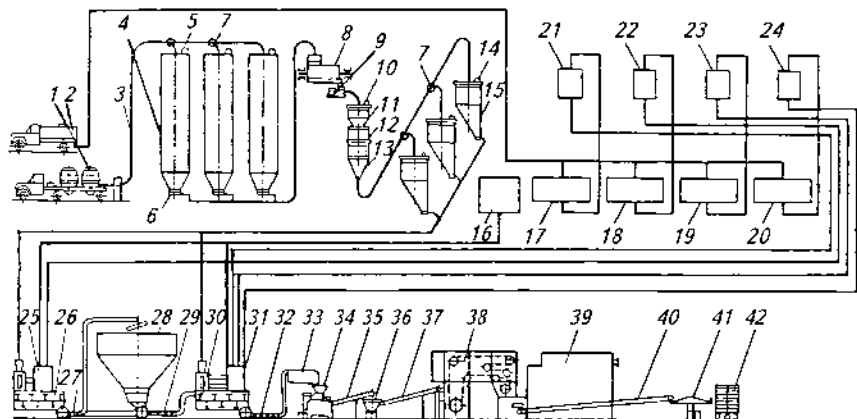


Рис. 20.1. Технологическая схема производства круглого подового хлеба на современном хлебозаводе

постоянного уровня 21, 23, 24 через дозировочную станцию 31. Тесто перемещается нагнетателями 29 и 32 в емкость для брожения 33.

Выброженное тесто поступает в делитель 34 и далее в виде отдельных кусков определенной массы транспортерами 35 и 37 соответственно в округлитель 36 и далее в расстойный шкаф 38. Расстойшиеся тестовые заготовки идут далее в печь 39. Выпеченный хлеб подают транспортером 40 на циркуляционный стол 41. Хлеб укладывают на лотки, которые помещают в контейнер 42.

## 20.1. ХРАНЕНИЕ И ПОДГОТОВКА МУКИ К ПРОИЗВОДСТВУ

Свежесмолотая мука не годится для выпечки хлеба, так как образует мажущееся, расплывающееся тесто, поэтому такую муку в хлебопечении никогда не применяют. Хлеб из свежесмолотой муки получается плохого качества (малого объема, пониженного выхода и т. п.). В связи с этим мука должна пройти отлежку или созревание в благоприятных условиях, при которых ее хлебопекарные свойства улучшаются.

Созревание пшеничной муки проводят на мелькомбинатах в течение 1,5...2 мес. При этом меняется влажность муки в зависимости от параметров окружающего воздуха; цвет ее становится светлее в результате окисления каротиноидов; увеличивается кислотность в основном за счет разложения жира и образования жирных кислот, а также в результате накопления других кислореагирующих веществ (кислых фосфатов, продуктов гидролиза белков и др.). Следствием возрастания кислотности являются глубокие изменения белков, укрепление структурно-механических свойств клейковины, уменьшение ее растяжимости и увеличение упругости. Слабая клейковина при отлежке приобретает свойства средней; средняя по силе становится сильной, а сильная — очень сильной.

Длительность созревания муки зависит от ее сорта, влажности и условий хранения. Повышение выхода муки, ее влажности и температуры хранения ускоряет процесс созревания, так как создаются более благоприятные условия для окислительно-восстановительных процессов. Для ускорения созревания используют химические улучшители, а также пневматическое перемещение муки с помощью сжатого, особенно нагретого, воздуха.

Созреванию подвергают только пшеничную муку; ржаная мука при отлежке свои хлебопекарные свойства не изменяет, поэтому в созревании не нуждается.

Существует два способа транспортирования и хранения муки на предприятиях: тарный, когда муку перевозят и хранят в мешках, и бестарный, когда муку перевозят в автомуковозах и хранят в бункерах или силосах. Бестарный способ перевозки и хранения муки имеет ряд преимуществ перед тарным, так как позволяет ме-



ханизировать и автоматизировать операции по разгрузке муки и управлять ими с пульта. Кроме того, при тарном способе хранения возникают дополнительные потери муки, связанные с ее распылом и остатками в опорожненных мешках.

В настоящее время используется бестарный способ хранения муки в емкостях различных конструкций и размеров, изготовленных из металла, монолитного или сборного железобетона. Емкости состоят из верхней цилиндрической или прямоугольной части и нижней конусной. Емкости, у которых отношение высоты (без конусной части) к меньшему диаметру больше или равно 1,5, называются *силосами*. Если это отношение меньше 1,5, то такие емкости называются *бункерами*. Конусное дно может иметь различный уклон к горизонту (10, 12 или 60°). При хранении в силосах мука слеживается, что затрудняет ее выборку. Чтобы придать ей текучесть, днище силоса выполняют аэрируемым, т. е. из керамических пористых плит, покрытых сверху бельгингом. В днище через патрубки подают сжатый воздух, который разрыхляет нижние слои муки. В каждом силосе муку хранят только одного сорта и только одной партии. Для работы предприятия склад должен обеспечивать хранение не менее 7-суточного запаса муки.

В последние годы нашел применение открытый способ размещения установок для бестарного хранения муки вне зданий на территории хлебозаводов. Это позволяет сэкономить средства на строительстве здания склада, сократить сроки ввода установок в эксплуатацию и уменьшить взрывоопасность.

Склад бестарного хранения муки оборудуют установками для приема муки и ее внутривозовского транспортирования, автоматическими весами для учета поступающей на производство муки и просеивателями с магнитными уловителями.

Муку можно транспортировать на производство механическим, пневматическим или аэрозольным транспортом (с помощью сжатого воздуха по трубопроводам). На предприятиях пищевой промышленности предпочтение отдают аэрозольному транспортированию, так как оно обеспечивает высокую концентрацию муки в смеси с воздухом, уменьшает удельный расход воздуха и позволяет при малых сечениях трубопроводов достигать высокой производительности. При пневматическом транспортировании 1 м<sup>3</sup> воздуха перемещает 5...6 кг муки, а при аэрозольном — примерно 60...120 кг.

Перед подачей муки в производство ее подвергают обработке, которая заключается в подсортировке отдельных партий, их просеивании и магнитной очистке. Отдельные партии муки могут значительно отличаться по своим хлебопекарным качествам, поэтому перед подачей на производство принято составлять смесь различных партий муки в пределах одного сорта. Муку со слабой клейковиной смешивают с сильной; муку, темнеющую в процессе переработки, — с нетемнеющей и т. д. Соотношение компонентов

в мучной смеси определяет лаборатория на основании анализа. При этом исходят из необходимости улучшить свойства одной партии муки за счет другой. Обычно смешивают на смесителях две или три партии муки в простых соотношениях (1:1, 1:2, 1:3 и т. д.).

Для просеивания муки с целью удаления случайных посторонних примесей применяют бураты, вибросита или просеиватели других конструкций. Муку просеивают через сито из стальной сетки с ячейками определенного размера.

Для очистки муки от металломагнитных примесей в выходных каналах просеивающих машин устанавливают магнитные уловители, которые очищают через каждые 4 ч работы. При использовании аэрозольтранспорта вместо слабых постоянных магнитов применяют электромагнитные сепараторы.

## **20.2. ХРАНЕНИЕ И ПОДГОТОВКА ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ К ПРОИЗВОДСТВУ**

### **20.2.1. ВОДА**

Качество питьевой воды определяется ГОСТ 2874—90. На каждом хлебозаводе должны быть запасы холодной и горячей воды, рассчитанные соответственно на 8 ч и на 4 ч работы предприятия.

Для приготовления теста на 100 кг муки расходуют от 35 до 75 л питьевой воды.

Количество воды в тесте зависит:

от вида муки и изделий. Наименьшую влажность имеет тесто, предназначенное для бараночных изделий, наибольшую — для ржаного хлеба из обойной муки;

от влажности муки. Чем суше мука, тем больше воды она поглощает при замесе;

от количества сахара и жира, добавляемых по рецептуре, которые как бы разжижают тесто. При внесении значительных количеств сахара и жира сокращают количество воды, добавляемой при замесе.

### **20.2.2. СОЛЬ**

В рецептуру хлебобулочных изделий, за исключением диетических бессолевых сортов, входит поваренная соль в количестве от 1 до 2,5 % к массе муки. Она улучшает вкус изделий, существенно влияет на физические свойства теста, укрепляя его клейковину. Состояние же дрожжей в присутствии соли ухудшается, так как соль задерживает процессы спиртового и молочнокислого брожения в тесте. Количество поваренной соли должно соответствовать ГОСТ 13830—97.

Соль доставляют на хлебозавод в мешках или насыпью и хранят в отдельных помещениях. Раствор соли готовят в солерастворителе, который разделен на отделения. Одно заполнено слоем соли, в который поступает вода, образуя насыщенный раствор 26%-й концентрации; второе служит отстойником раствора соли после фильтрования. В настоящее время применяют новый (мокрый) способ хранения соли. Для этого ее ссыпают в металлический или бетонный бункер, к которому подведена вода. В хранилище образуется раствор соли плотностью 1,16...1,2 кг/л. Перед подачей на производство раствор соли фильтруют и перекачивают в расходные баки.

### 20.2.3. ДРОЖЖИ

В хлебопечении применяют прессованные, сушеные, жидкие дрожжи и дрожжевое молоко.

Прессованные дрожжи представляют собой выращенные в особых условиях дрожжевые клетки, выделенные из среды, в которой они размножились. В соответствии с ГОСТ 171—92 влажность их составляет до 75 %, поэтому они являются скоропортящимся продуктом. Их следует хранить не более 12 сут. при температуре 0...4 °С. Важным показателем качества дрожжей является их подъемная сила, или быстрота подъема теста, характеризующая способность дрожжей разрыхлять тесто. Хорошие дрожжи поднимают тесто за 60...65 мин.

Расход прессованных дрожжей для приготовления пшеничного теста составляет 0,5...3 % к массе муки и зависит от ряда факторов:

подъемной силы дрожжей. Если подъемная сила дрожжей 20 мин, то требуется увеличить расход дрожжей на замес теста;

длительности процесса брожения теста и способа его приготовления. Чем больше длительность брожения, тем меньше расход дрожжей; для безопарного способа приготовления теста требуется 1,5...3 %, а для опарного — 0,5...1 % дрожжей;

количества сахара и жира, содержащихся в тесте. Эти продукты угнетают жизнедеятельность дрожжей, поэтому увеличивают количество вводимого разрыхлителя.

Подготовка прессованных дрожжей к производству состоит в освобождении их от упаковки, предварительном грубом измельчении и приготовлении хорошо размешанной однородной массы (суспензии) в теплой воде температурой 30...35 °С.

Сушеные дрожжи получают из прессованных путем высушивания в определенных условиях до влажности 8...10 %. Сушеные дрожжи могут храниться продолжительное время (при температуре не более 10 °С до 1 года). Они имеют светло-желтый или светло-коричневый цвет с дрожжевым запахом, подъемная сила их составляет до 90 мин. Сушеные дрожжи применяют в тех случаях, когда невозможно доставить на завод или сохранить прессованные дрожжи.

В последнее время на хлебозаводах, расположенных недалеко от дрожжевых предприятий, применяется дрожжевое молоко (жидкая суспензия дрожжей в воде, полученная при сепарировании культуральной среды после размножения в ней дрожжей). Дрожжевые клетки в этом продукте находятся в более активном биологическом состоянии, чем в прессованных дрожжах. Кроме того, на дрожжевых заводах в этом случае исключаются такие операции, как прессование и утаковывание. Дрожжевое молоко доставляют на завод в термоизолированных цистернах — молоковозах, из которых оно поступает в приемные металлические емкости, оборудованные мешалками, где хранится в течение 1,5...2 сут при температуре 6...10 °С.

Жидкие дрожжи представляют собой мучную среду, в которой находятся активные дрожжевые клетки и молочнокислые бактерии. Жидкие дрожжи готовят непосредственно на хлебозаводах. Они применяются для разрыхления пшеничного теста в количестве 20...35 % к массе муки.

#### 20.2.4. САХАР-ПЕСОК, ЖИР

**Сахар-песок.** В хлебопечении применяют сахар-песок и сахарную пудру, количество которых определяется ГОСТ 21—94 и ГОСТ 22—94. Сахар-песок добавляют в тесто при изготовлении булочных и сдобных изделий в количестве 2,5...30 % к массе муки, сахарную пудру используют для отделки поверхности сдобных изделий.

Сахар-песок оказывает существенное влияние на качество теста и готового хлеба. Он разжижает тесто, поэтому надо делать поправку на количество вносимой воды; его добавление в небольшом количестве (до 10 % к массе муки) ускоряет брожение теста, а при повышенной дозировке угнетает. Если по рецептуре требуется большое количество сахара-песка и жира, то их вносят в тесто в конце брожения. Эта операция называется *отсдобкой*. Кроме того, сахар-песок улучшает вкус, аромат, окраску хлеба, повышает его энергетическую ценность.

На хлебозаводе, как правило, хранят 15-суточный запас сахара-песка, который обычно поступает в мешках. При подготовке к производству сахар-песок растворяют в воде в бачках с мешалками при температуре около 40 °С до концентрации раствора 55 %, а затем перекачивают в сборники. Возможно поступление сахара на завод в виде сахарного сиропа.

**Жир.** Для приготовления большинства изделий используется маргарин, для некоторых видов сдобных изделий — животное масло, для горчичного хлеба и горчичных баранок — растительное (горчичное) масло. Растительные масла применяются также при разделке теста, для смазки форм и листов. Качество маргарина

должно соответствовать ГОСТ 240—91, подсолнечного масла — ГОСТ 1128—86. Жир вносят в тесто в количестве до 20...30 %.

Жиры повышают энергетическую ценность изделий, улучшают их вкусовые качества, увеличивают объем хлеба, повышают пластичность теста, несколько укрепляют клейковину. В то же время они снижают интенсивность брожения теста. Желательно, чтобы жиры, применяемые в хлебопечении, были безводными и хорошо эмульгировались в воде, имели пластичную структуру и невысокую температуру плавления.

Твердые жиры растапливают в бачках с водяной рубашкой и мешалкой. Температура маргарина при этом не должна превышать 40...45 °С, иначе произойдет расслоение массы на жир и воду, что нарушит равномерное распределение жира в тесте.

Жир (растительное масло, маргарин) улучшает качество хлеба, если его вносить в тесто в виде предварительно приготовленной тонкодисперсной эмульсии с применением пищевого эмульгатора, например фосфатидного концентрата (ФК) следующего состава (%): маргарин — 50, фосфатидный концентрат — 5...7, вода — 45. Такая эмульсия устойчива, она не расслаивается в течение 2...3 сут, хорошо транспортируется по трубам. Внесение эмульсии позволит значительно улучшить качество хлеба, задерживая его черствение.

### 20.3. ПРИГОТОВЛЕНИЕ ТЕСТА

Для каждого сорта хлеба существуют унифицированные рецептуры, в которых указывают сорт муки и расход (кг на 100 кг муки) каждого вида сырья. На их основании лаборатория хлебозавода составляет производственные рецептуры, в которых указывает дозировку муки, дополнительного сырья, растворов, полуфабрикатов (закваски, заварки, жидких дрожжей) на замес одной порции опары (закваски) и теста в зависимости от мощности завода, его оборудования, принятого способа тестоведения, а также технологический режим приготовления изделий (температура, влажность, кислотность полуфабрикатов, продолжительность брожения, условия расстойки и выпечки).

**Замес теста.** Это короткая, но весьма важная технологическая операция. Длительность замеса для пшеничного теста составляет 7...8 мин, для ржаного — 5...7 мин.

Цель замеса — получить однородную массу теста с определенными структурно-механическими свойствами. При замесе одновременно протекают физико-механические и коллоидные процессы, которые взаимно влияют друг на друга. Коллоидные процессы, или процессы набухания, связаны с основными составными частями муки — белками и крахмалом. Белки пшеничной муки, поглощая влагу, резко увеличиваются в объеме и образуют клейковинный каркас, внутри которого находятся набухшие зерна

крахмала и частицы оболочек. Слипание частиц в сплошную массу, происходящее в результате механического перемешивания, приводит к образованию теста. Однако чрезмерный замес может вызвать разрушение уже образовавшейся структуры теста, что приведет к ухудшению качества хлеба.

Тесто после замеса состоит из трех фаз: твердой, жидкой и газообразной. От соотношения этих фаз зависят свойства теста: увеличение количества жидкой фазы «ослабляет» его, делает более жидким, текучим, липким. Этим объясняются различные свойства пшеничного и ржаного теста. Пшеничное тесто эластичное, упругое, а ржаное — вязкое, пластичное. Твердая фаза в пшеничном тесте состоит из набухших нерастворимых в воде белков, зерен крахмала и частиц оболочек. Она преобладает над жидкой фазой, в состав которой входят водорастворимые вещества (сахар, соль, водорастворимые белки и др.). Кроме того, основная часть жидкой фазы пшеничного теста связана набухшими белками. Газообразная фаза представлена пузырьками воздуха, захваченными тестом при замесе. В ржаном тесте отсутствует клейковинный каркас, значительная часть белков (до 97 %) неограниченно набухает, превращаясь в жидкую фазу, в состав которой входят также слизи и большое количество декстринов, сахаров и других веществ. Значительное содержание декстринов и сахаров в ржаном тесте связано с тем, что крахмал ржи очень легко (за счет высокой атакруемости) и интенсивно расщепляется под действием ферментов, так как в ржаной муке нормального качества присутствуют  $\alpha$ - и  $\beta$ -амилазы в отличие от пшеничной муки нормального качества, в которой находится только  $\beta$ -амилаза. Твердая фаза ржаного теста состоит из небольшого количества ограничено набухающих белков (2...3 %), крахмала и частиц отрубей.

Структурно-механические свойства ржаного теста во многом зависят от его кислотности: ее повышение до определенных пределов (до 10...12° по сравнению с конечной кислотностью пшеничного теста 7°) увеличивает долю твердой фазы, улучшает его структурно-механические свойства, делает тесто менее вязким за счет медленного разложения крахмала и снижения образования декстринов, придающих тесту липкие свойства.

**Брожение теста.** Брожение теста охватывает период времени с момента его замеса до деления на куски. Цель брожения — разрыхление теста, придание ему определенных структурно-механических свойств, необходимых для последующих операций, а также накопление веществ, обуславливающих вкус и аромат хлеба, его окраску.

Комплекс процессов, одновременно протекающих на стадии брожения и взаимно влияющих друг на друга, объединяют под общим понятием *созревание теста*. Созревание включает в себя микробиологические (спиртовое и молочнокислое брожение), коллоидные, физические и биохимические процессы.

Спиртовое брожение вызывается дрожжами, в результате которого сахара превращаются в спирт и диоксид углерода. Дрожжи сбраживают сначала глюкозу и фруктозу, а затем сахарозу и мальтозу, которые предварительно превращаются в моносахариды. Источником сахаров являются собственные сахара зерна, перешедшие в муку, но главную массу составляет мальтоза, образовавшаяся в тесте при расщеплении крахмала. Скорость брожения зависит от температуры, кислотности среды, качества дрожжей и ускоряется при увеличении количества дрожжей и повышении их активности, при достаточном содержании сбраживаемых сахаров, аминокислот, фосфорнокислых солей. Повышенное содержание соли, сахара, жира тормозит газообразование в тесте. Брожение ускоряется при добавлении в тесто амилолитических ферментных препаратов.

Молочнокислородное брожение вызывается молочнокислыми бактериями, которые попадают в тесто из воздуха с мукой и расщепляют глюкозу до молочной кислоты. Существует два вида молочнокислых бактерий: гомоферментативные, образующие молочную кислоту, и гетероферментативные, которые наряду с молочной кислотой вырабатывают другие кислоты (уксусную, янтарную, лимонную и пр.). При снижении влажности и температуры теста гетероферментативные молочнокислые бактерии развиваются с большей скоростью, в результате резко возрастает кислотность теста и ухудшается вкус хлеба. В пшеничном тесте преобладает спиртовое, а в ржаном — молочнокислородное брожение. В результате нарастания кислотности ускоряется набухание белков, замедляется разложение крахмала до декстринов и мальтозы, что крайне важно при переработке пшеничной муки из проросшего зерна и ржаной муки, так как позволяет получить тесто с оптимальными структурно-механическими свойствами. Поэтому кислотность теста является признаком его созревания, а кислотность хлеба — один из показателей его качества, включенный в стандарт.

Коллоидные процессы, начавшиеся на стадии замеса, продолжают в процессе брожения. В зависимости от свойств муки возможно ограниченное и неограниченное набухание белков. При ограниченном набухании белки только увеличиваются в размерах, а при неограниченном меняется форма белковой молекулы. У муки с сильной клейковиной почти до конца брожения происходит ограниченное набухание, при этом свойства теста улучшаются. У муки со слабой клейковиной наблюдается неограниченное набухание и тесто разжижается, поэтому продолжительность брожения теста из такой муки должна быть сокращена.

В результате физических процессов повышается температура теста на 1...2 °С и увеличивается его объем за счет насыщения диоксидом углерода.

Биохимические процессы, протекающие в тесте, — одни из важнейших, так как от них зависят и микробиологические, и кол-

лоидные, и физические превращения. Суть биохимических процессов состоит в том, что под действием ферментов муки, дрожжей и микроорганизмов происходит расщепление составных компонентов муки, прежде всего белков и крахмала. При этом желательна определенная степень протеолиза, так как она ведет к получению достаточно упругого и эластичного теста, обладающего оптимальными свойствами для получения качественного хлеба. Кроме того, продукты разложения белков на стадии выпечки принимают участие в образовании цвета, вкуса и аромата хлеба. При интенсивном разложении белков, особенно в слабой муке, тесто расплывается и хлеб получается неудовлетворительного качества. При расщеплении крахмала ферментами идет образование мальтозы (5...6 % к массе муки), которая расходуется на брожение теста и участвует в процессе выпечки, определяя вкус и аромат хлеба.

Интенсивность протекания всех рассмотренных процессов зависит от температуры. Оптимальная температура для спиртового брожения в тесте около 35 °С, а для молочнокислого — 35...40 °С. Повышение температуры теста влечет за собой усиление нарастания кислотности. Кроме того, с повышением температуры теста в нем усиливаются биохимические процессы, ослабляется клейковина, увеличивается ее растяжимость и расплываемость. Оптимальная температура брожения теста — 26...32 °С. Тесто из сильной муки рекомендуется готовить при повышенной температуре, а тесто из слабой муки — при более низкой температуре. Таким образом, температура является основным фактором, регулирующим ход технологического процесса приготовления теста.

**Обминка теста.** В процессе брожения тесто, которое готовится порционно, подвергается обминке, т.е. кратковременному повторному процессу в течение 1,5...2,5 мин. При этом происходит равномерное распределение пузырьков диоксида углерода в массе теста, улучшается его качество, мякиш хлеба приобретает мелкую, тонкостенную и равномерную пористость.

**Способы приготовления пшеничного теста.** Пшеничное тесто готовят безопарным и опарным способами. Приготовление пшеничного теста безопарным способом. При безопарном способе тесто замешивают в один прием сразу из всего сырья, предусмотренного рецептурой. Расход прессованных дрожжей — 2...2,5 %, длительность брожения — 2,5 ч. В процессе брожения проводят 2...3 обминки, последнюю за 30...40 мин до разделки теста. Перед последней обминкой проводят *отсодку теста* (добавление жира, сахара, яиц в тесто в период брожения). Безопарным способом обычно готовят ситнички, московские калачи, московские булочки, рожки, рогалики, а также хлеб из пшеничной муки высшего и I сортов с низкой кислотностью.

Приготовление пшеничного теста опарным способом. Состоит из двух этапов — приготовления опары и теста. Для опары берут часть муки и воды и все количество дрож-



жей (0,5...1 %). По консистенции опара более жидкая, чем тесто. Длительность ее брожения — 3,5...4,5 ч. На готовой опаре замешивают тесто, добавляя оставшуюся часть муки, воды и остальное сырье (соль и т. д.). Тесто бродит 1...1,5 ч. В процессе брожения тесто из сортовой муки подвергают одной или двум обминкам, перед последней производят отсдобку.

Опары могут быть густыми, жидкими и большими густыми и различаются количеством муки и воды, взятых для их приготовления. Для приготовления густой опары с содержанием влаги 45...48 % берут половину муки, 2/3 воды от их общего расхода на тесто и все количество дрожжей. Жидкие опары готовят с содержанием влаги 65...75 % и муки в них 20...35 % ее расхода на тесто. При этом тесто готовят уже без воды, так как вся вода находится в опаре. Жидкие опары более транспортабельны, чем густые, их легче перекачивать по трубам с помощью насосов. Они легко дозируются, процесс их приготовления сравнительно легко регулируется (жидкие опары можно нагревать или охлаждать, в случае необходимости добавлять в них различные улучшители), в них более интенсивно протекает процесс созревания.

В последнее время тесто готовят на большой густой опаре с содержанием влаги 41...44 % с сокращенной продолжительностью брожения перед разделкой. В этом случае опара должна быть сильной, зрелой, поэтому на ее замес берут 65...70 % муки. Продолжительность брожения — 4...4,5 ч. Замешанное с добавлением всех компонентов тесто бродит 20...25 мин (иногда до 40 мин). Преимуществом такого варианта является сокращенный цикл приготовления теста.

Опарный способ приготовления теста более длительный, чем безопарный, но он получил большее распространение, так как в результате более глубокого протекания процессов созревания теста количество хлеба выше (лучше вкус, аромат, пористость). Он требует меньшего расхода дрожжей и обладает технологической гибкостью, позволяющей лучше учитывать хлебопекарные свойства муки.

Приготовление пшеничного теста на жидких дрожжах и заквасках. В хлебопечении применяется биохимический способ разрыхления теста с помощью прессованных дрожжей, а также с использованием жидких дрожжей и жидких заквасок, приготовляемых на хлебозаводах. Жидкие дрожжи и жидкие закваски содержат в активном состоянии как дрожжи, так и нетермофильные молочнокислые бактерии.

Питательной средой для жидких заквасок является осахаренная заварка, т. е. водно-мучная смесь, нагретая до 65...67 °С для клейстеризации крахмала. В нее добавляют белый солод — источник ферментов, разлагающих крахмал с максимальным образованием сахаров. Микрофлора жидких заквасок представлена в основном гетероферментативными молочнокислыми бактериями и некоторым количеством дрожжей. Поэтому пшеничный хлеб, пригото-

ленный на жидких заквасках, имеет высокую кислотность. Жидкие закваски применяют для получения пшеничного хлеба из обойной муки.

Питательной средой для жидких дрожжей является заквашенная заварка, т. е. осажаренная заварка, в которой при температуре 48...54 °С развиваются молочнокислые бактерии, вырабатывающие молочную кислоту. В дальнейшем полученную смесь охлаждают до 28...30 °С и используют в качестве питательной среды для размножения дрожжей. Микрофлора жидких дрожжей — гомоферментативные молочнокислые бактерии и дрожжи, причем преобладают дрожжи.

Жидкие дрожжи используют для приготовления хлеба из пшеничной муки высшего, I и II сортов, так как в этом случае не происходит чрезмерного нарастания кислотности. Жидкие дрожжи и жидкие закваски (в количестве 20...35 % массы муки) можно использовать для приготовления пшеничного хлеба любым способом — как опарным, так и безопарным. Жидкие дрожжи можно использовать в смеси с прессованными дрожжами (например, 1...1,5 % прессованных и 8...15 % жидких дрожжей).

На предприятиях малой мощности — пекарнях и на отдельных хлебозаводах с одно- и двухсменным режимом работы — применяют различные ускоренные способы приготовления теста, одним из которых является интенсивная («холодная») технология хлебобулочных изделий из пшеничной муки, разработанная ГОСНИИХП. Тесто готовят однофазным способом с использованием интенсивного замеса при пониженной температуре теста (25–28 °С), с повышенным количеством дрожжей и обязательным внесением комплексных улучшителей. При этом увеличивается продолжительность предварительной расстойки до 20 мин, которую проводят при температуре 36 °С и относительной влажности паровоздушной среды 75 %.

Подобные мероприятия улучшают структурно-механические свойства и качество хлеба, сокращая продолжительность приготовления теста в 3,5 раза по сравнению с опарным способом.

**Способы приготовления ржаного теста.** Приготовление ржаного теста отличается от пшеничного, что связано с особенностями ржаной муки, содержащей в своем составе  $\alpha$ - и  $\beta$ -амилазу. Действие этих ферментов, особенно при выпечке хлеба, влияет на качество готового продукта. В начальный период выпечки действуют оба фермента. Декстрины, образующиеся за счет действия  $\alpha$ -амилазы, в тесте не накапливаются, так как расщепляются  $\beta$ -амилазой до мальтозы. В дальнейшем, по мере увеличения температуры в пекарной камере,  $\beta$ -амилазы при 82...84 °С инактивируется, а  $\alpha$ -амилаза продолжает действовать, оставаясь активной до конца выпечки. Температура ее инактивации составляет около 130 °С, в то время как температура мякиша хлеба не превышает 95...97 °С. Следовательно, в температурном интервале от

82...84 до 95...97 °С за счет действия  $\alpha$ -амилазы в хлебе идет процесс интенсивного накопления декстринов, придающих мякишу липкие свойства и ухудшающих качество хлеба. Для инактивации  $\alpha$ -амилазы увеличивают кислотность теста. С этой целью ржаное тесто готовят на закваске. *Закваска* — это порция спелого теста, приготовленная без соли и содержащая активные молочнокислые бактерии, которые могут быть как истинными, так и неистинными. Кроме молочнокислых бактерий в состав закваски входит небольшое количество дрожжей. Закваски в зависимости от содержания в них влаги могут быть густыми, менее густыми и жидкими, содержащими соответственно 50, 60 и 70...80 % влаги.

Приготовление ржаного теста на густых заквасках. В приготовлении теста различают два цикла: разводочный и производственный. Разводочный цикл — это процесс приготовления новой закваски. Он применяется, если качество уже имеющихся производственных заквасок не соответствует норме. Новую закваску готовят в три этапа, получая последовательно дрожевую, промежуточную и исходную закваски. При этом не только увеличивается их масса, но и происходит накопление в мучной среде молочнокислых бактерий и дрожжей. Общая длительность разводочного цикла — 12...14 ч, температура брожения заквасок последовательно увеличивается с 25 до 28 °С.

Для получения дрожевой закваски готовят тесто из муки, воды, дрожжей и производственной закваски предыдущего приготовления, которая является источником молочнокислых бактерий. В результате брожения, когда кислотность достигнет определенного уровня, получают дрожевую закваску. Ее освежают и увеличивают массу путем внесения воды и дополнительного большего, чем на первом этапе, количества муки. Массу вновь подвергают брожению, получая промежуточную закваску, в которую опять вносят муку и воду и вновь сбраживают. В результате образуется исходная закваска. Источник микрофлоры в разводочном цикле — размноженные в лаборатории чистые культуры дрожжей и молочнокислые бактерии.

Далее процесс идет по производственному циклу, который включает приготовление производственной закваски и получение теста. Производственную закваску получают из исходной аналогично предыдущим закваскам. Затем ее делят на три части, из которых две идут на приготовление двух порций теста, а третью порцию используют для возобновления производственной закваски, добавляя в нее муку и воду. В процессе брожения, который длится 3,5...4 ч при температуре 28 °С, закваска восстанавливает свою кислотность и состав бродильной микрофлоры. Далее ее вновь делят на три части, из которых 2/3 идут для приготовления теста, а 1/3 — на возобновление закваски. Производственный цикл повторяется.

При приготовлении теста в закваску добавляют муку, воду, соль и другие компоненты, брожение длится в течение 1...1,5 ч

при температуре 28...30 °С до кислотности 9...12°. Используя производственный цикл, хлебозавод может работать месяцами.

Приготовление ржаного теста на жидких заквасках. На ряде предприятий ржаное тесто готовят на более текучих и легко транспортируемых по трубопроводам жидких заквасках.

В хлебопечении применяется несколько технологических схем приготовления ржаного теста на жидких заквасках, например Саратовская, Ивановская, универсальная. Эти схемы отличаются составом бродильной микрофлоры, технологией разводочного цикла и составами питания производственной закваски.

Саратовская схема предусматривает использование гомоферментативных молочнокислых бактерий. Дрожжи в разводочном цикле не применяются, что снижает подъемную силу закваски.

По Ивановской схеме в разводочном цикле используют чистые культуры дрожжей (Ивановская раса) и гетероферментативные молочнокислые бактерии. В состав питательной среды входят осахаренная мучная заварка, вода и мука.

Производственный цикл приготовления закваски и теста следующей. Через 2 ч после брожения отбирают 1/2 готовой закваски кислотностью 10...11° для приготовления теста, а к оставшейся половине прибавляют питательную среду для возобновления закваски. Температура заквасок и теста — 28...30 °С.

Универсальная схема создана на основе обобщения опыта использования других схем приготовления жидких заквасок. Суть схемы состоит в приготовлении теста на жидкой закваске с применением осахаренной заварки, способствующей лучшему развитию микрофлоры.

**Аппаратурные решения способов тестоведения.** В отрасли используются порционный и непрерывный способы приготовления теста. Порционный применяется на предприятиях малой мощности — в пекарнях, непрерывный — на хлебозаводах. Непрерывный способ приготовления полуфабриката позволяет механизировать и автоматизировать производственный процесс, стабилизировать и повысить качество хлеба.

Широкое применение на хлебозаводах нашли тестопрототипные агрегаты, в состав которых входит оборудование для дозирования ингредиентов, замеса и брожения. Различают агрегаты порционного и поточного (непрерывного) приготовления теста.

В агрегатах порционного приготовления замес опары (закваски) и теста осуществляется отдельными порциями или непрерывно, а брожения — порционно. В агрегатах для непрерывного приготовления теста замес опары и теста и их брожение проводят в стационарных емкостях с одновременным перемещением опары или теста непрерывным потоком. К агрегатам непрерывного действия относят бункерные агрегаты И8-ХАГ-6, Л4-ХАГ-13, МТИПП-РМК, И8-ХТА-6, И8-ХТА-12 для приготовления пшеничного теста на большой густой опаре, жидких опарах и безопар-

ным способом. Кроме того, на агрегате И8-ХТА-6 можно готовить ржаное тесто на густых заквасках.

В настоящее время серийно выпускаются агрегаты И8-ХТА-6 и И8-ХТА-12 вместимостью бункеров 6 и 12 м<sup>3</sup>. Приготовление теста осуществляется следующим образом. Для замеса опары в тестомесильные машины 1 (рис. 20.2) дозатором подается мука, а из дозирочной станции 2 — вода и дрожжи. Тестомесильная машина 1 представляет собой корытообразную емкость, внутри которой находятся два параллельных вала с месильными лопастями. Лопасты расположены под углом к оси вала, причем этот угол можно менять для регулирования интенсивности замеса и производительности машины. Свежезамешанная опара нагнетателем опары по тестопроводу подается на поворотный наклонный лоток 5, с которого она поступает в одну из секций стационарного бункера 3 для брожения. Через определенное время лоток поворачивается на 1/6 окружности, заполняя очередную секцию бункера опарой. Полный оборот лотка соответствует времени брожения опары. Выброшенная опара поступает в бункер выгрузки и нагнетателем по трубопроводу подается во вторую тестомесильную машину для замеса теста, в которую из соответствующих дозаторов поступают мука и все жидкие компоненты из дозирочной станции 2. Освобожденная от опары секция бункера после поворота лотка вновь заполняется свежей опарой. Замешанное тесто нагнетателем по трубопроводу подается в наклонно установленную емкость 4 корытообразной формы для брожения. Выброженное тесто через патрубок поступает на разделку.

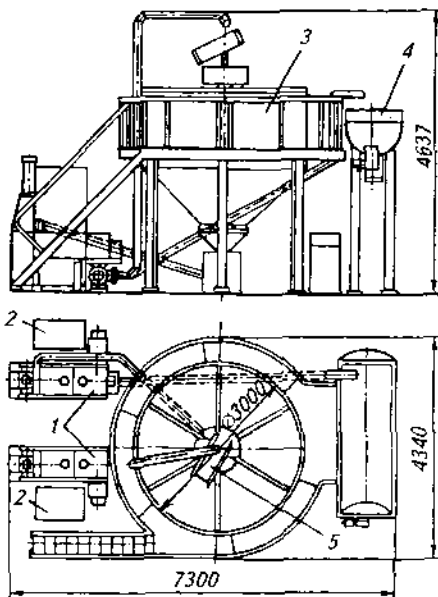


Рис. 20.2. Бункерный тестоприготовительный агрегат И8-ХТА-6 (12)

## 20.4. РАЗДЕЛКА ТЕСТА

Разделка пшеничного теста включает в себя деление теста на куски, округление, предварительную расстойку, формование тестовых заготовок и окончательную расстойку.

Разделка ржаного теста состоит из следующих этапов: деления теста на куски, формования тестовых заготовок и окончательной расстойки. Разница в разделке ржаного и пшеничного теста обусловлена различиями в их свойствах. Ржаное тесто, не имеющее клейковинного скелета, более пластично. Оно более липкое, поэтому для него необходима минимальная механическая обработка. Пшеничное тесто вследствие своей упругости и сравнительно небольшой адгезии (прилипания) должно подвергаться более интенсивной механической обработке при разделке, чем ржаное тесто. Многократная обработка пшеничного теста необходима для получения однородной структуры во всей массе куска, в результате чего хлеб получается с ровной мелкой пористостью.

**Деление теста на куски.** Цель этой операции — обеспечить получение заданной массы хлеба. Допустимое отклонение массы отдельных кусков не должно превышать  $\pm 1,5\%$ .

Деление осуществляется на тестоделительных машинах по объемному принципу. Существуют делительные машины, отсекающие тесто от жгута, разделяющие его на куски мерными карманами при различном нагнетании теста (шнековым, валковым, лопастным и др.) и штампующие куски теста.

Машины со шнековым нагнетанием применяются, как правило, для деления на куски теста из ржаной и пшеничной обойной муки и муки II сорта. К этой группе относятся машины «Кузбасс» различных модификаций, ХДФ-М2.

В машине «Кузбасс-2М-1» (рис. 20.3, а) тесто поступает в приемную воронку 5 шнековой камеры 6, а затем шнеком 4 через угловой отвод 3 направляется в мерный карман делительного барабана 2.

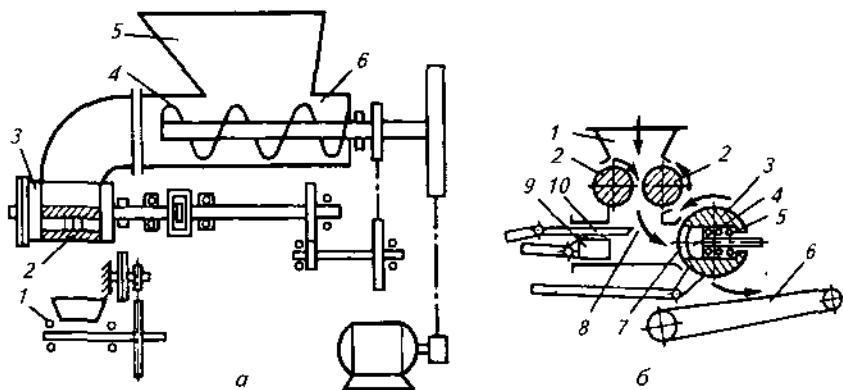


Рис. 20.3. Схемы тестоделительных машин:

а — «Кузбасс-2М-1» со шнековым нагнетанием теста; б — РМК-60А с поршневым нагнетанием теста

на, периодически вращающегося внутри делительной головки 3. В мерном кармане расположен поршень 2, состоящий из двух частей. Сближая или удаляя половинки поршня с помощью винта и пружины, можно изменять объем мерного кармана и тем самым регулировать массу кусков теста. При нагнетании теста в мерный карман поршень 2 перемещается вниз до упора, освобождая карман для заполнения тестом. После окончания заполнения кармана делительный барабан поворачивается на 180°. При этом тесто, находящееся в камере, оказывая давление на поршень, перемещает его вниз. Поршень выталкивает кусок теста из кармана на транспортер 1, одновременно освобождая верхнюю часть кармана для последующего заполнения.

На базе делителя «Кузбасс» созданы делительно-посадочные механизмы, осуществляющие деление теста на куски с одновременной посадкой их в формы, закрепленные на люльках расстойно-печных агрегатов. Они предназначены для деления ржаного и пшеничного теста на куски массой 0,8...1 кг.

Машины с поршневым лопастным и валковым нагнетанием теста (РМК-60А, А2-ХТН, РТ, А2-ХПО/5) предназначены для деления теста из пшеничной муки высшего, I и II сортов.

Принцип действия машин с поршневым нагнетанием теста показан на примере делительной машины РМК-60А (рис. 20.3, б). Тесто из воронки 1 под действием силы тяжести или питающих валков поступает в камеру делителя. При этом нагнетающий поршень 9 и заслонка 10 находятся в крайнем левом положении. Заполнение рабочей камеры 8 тестом происходит с помощью вращающихся навстречу друг другу валков 2. При заполнении тестом рабочей камеры 8 делителя поршень 9 и заслонка 10 начинают одновременно двигаться вправо, причем заслонка 10, опережая движение поршня 9, прекращает поступление новых порций теста из воронки 1, и поршень 9 нагнетает тесто в мерный карман 7 делительной головки 3. В мерном кармане 7 находится поршень 4, который при нагнетании теста перемещается в глубь кармана, сжимая пружину 5. После заполнения мерного кармана 7 тестом делительная головка 3 поворачивается на угол 90°, а поршень 4 за счет энергии сжатой пружины 5 выталкивает кусок теста из кармана на ленточный транспортер 6.

**Округление кусков теста.** Этот процесс необходим для придания кускам теста шарообразной формы. Округление необходимо для сглаживания неровностей на поверхности кусков и создания пленки, которая препятствует выходу газов из теста в процессе предварительной расстойки. Наличие пленки дает равномерную пористость мякишу при выпечке. При производстве круглых подовых изделий эта операция является операцией окончательного формирования кусков теста, после которой они поступают на окончательную, в данном случае единственную, расстойку. При производстве многих видов изделий (батонов, булок, плетеных изделий

и др.) из пшеничной муки высшего, I и II сортов округление является лишь первой операцией формования.

Округление осуществляют в тестоокруглительных машинах различных модификаций: с конической, цилиндрической и плоской рабочей поверхностью. В наиболее распространенной конической машине (рис. 20.4, а) тестовая заготовка через воронку 1 попадает на дно вращающейся конической чаши, внутри которой установлен неподвижный спиральный желоб 2. Тесто, увлекаемое внутренней поверхностью чаши, перемещается по желобу вверх, совершая при этом сложное движение, и приобретает форму шара. В цилиндрической машине (рис. 20.4, б) округление осуществляется за счет движения куска теста между цилиндрическими поверхностями двух противоположно вращающихся барабанов 1 и 2, расположенных эксцентрично один в другом. В плоской машине (рис. 20.4, в) куски теста округляются под действием плоских движущихся лент трех транспортеров (1...3), два из которых (1 и 2) установлены под углом к горизонтальному транспортеру 3. Ленты транспортеров движутся с различной скоростью в противоположных направлениях.

**Предварительная расстойка.** Это кратковременный процесс: в течение 5...8 мин отлежки кусков теста в определенных условиях, в результате которого ослабляются внутренние напряжения, возникшие в тесте при делении и округлении, и восстанавливаются частично разрушенные отдельные звенья клейковинного структурного каркаса. Предварительная расстойка осуществляется на ленточных транспортерах или в шкафах, внутри которых устанавливают систему ленточных транспортеров или цепной люлечный конвейер. Брожение на этой стадии не играет практической роли, поэтому здесь не нужно создавать особых температурных условий.

**Формование тестовых заготовок.** Цель процесса — придать кускам теста форму, соответствующую данному сорту изделий.

Если необходимо придать тестовым заготовкам, например из ржаного теста, цилиндрическую форму, то используют ленточные закаточные машины, в которых кусочек теста прокатывается меж-

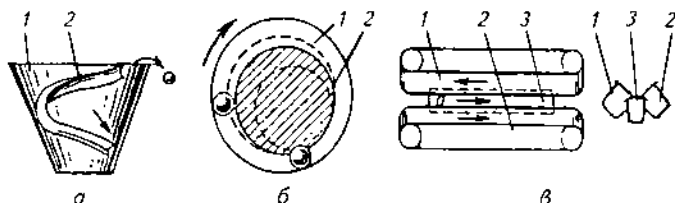
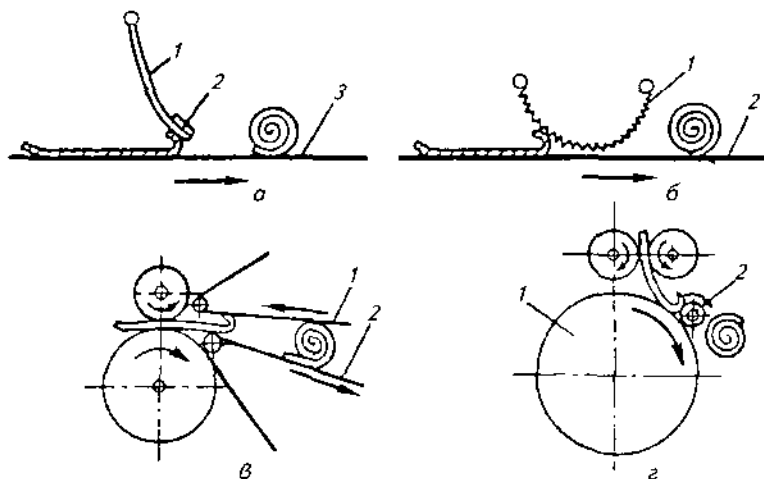


Рис. 20.4. Схемы тестоокруглительных машин:

а — конической; б — цилиндрической; в — плоской





**Рис. 20.5. Завертывание теста в рулон при помощи:**

*а* — гибкого фартука; *б* — гибкой решетчатой металлической подвески; *в* — двух транспортерных лент, движущихся навстречу друг другу; *г* — рифленого валика

ду транспортерными лентами, установленными друг над другом, имеющими встречное движение и различные скорости, или между неподвижной плитой и движущейся лентой.

Для получения тестовых заготовок пшеничного теста определенной формы тесто раскатывают в пласт, затем свертывают в рулон и прокатывают, а иногда еще и удлиняют. Такая дополнительная обработка пшеничного теста улучшает пористость заготовки. Формование пшеничного теста проводится на тестозакаточных машинах (ленточных или барабанных) Т1-ХТ2-3-1, Т1-ХТ2-3, А2-ХПО/9 и др.

Раскатывание теста в пласт на машинах любых конструкций осуществляется с помощью одной или двух пар валков, вращающихся навстречу друг к другу. Завертывание пласта в рулон может производиться разными способами: при помощи гибкого фартука 1 (рис. 20.5, *а*) с грузом 2, подвешенным над лентой транспортера 3, по которой перемещается раскатанное тесто; при помощи панцирной сетки или гибкой решетчатой металлической подвески 1 (рис. 20.5, *б*), установленной над лентой транспортера 2 при помощи двух бесконечных ленточных транспортеров 1, 2 со встречным движением (рис. 20.5, *в*) и с помощью рифленого валика 2, установленного над несущим барабаном 1 (рис. 20.5, *г*). Окончательная обработка теста и придание ему формы батона проводится между двумя транспортерными лентами или между неподвижной плитой и транспортером, как в случае формования ржаного теста.

**Окончательная расстойка.** Цель этого процесса — брожение теста, которое необходимо для восполнения диоксида углерода, удаленного в процессе деления, округления и формования. Если выпекать хлеб без окончательной расстойки, то он получится низкого объема, с плотным, плохо разрыхленным мякишем, с разрывами и трещинами на корке. В процессе расстойки формируется структура пористости будущего изделия. Поверхность тестовых заготовок становится гладкой, эластичной и газонепроницаемой. Для ускорения брожения и предотвращения заветривания наружных слоев теста окончательную расстойку следует проводить при температуре 35...40 °С и относительной влажности воздуха 75...85 %.

Длительность расстойки колеблется от 25 до 120 мин в зависимости от массы кусков, условий расстойки, свойств муки, рецептуры теста и ряда других факторов.

На современных тесторазделочных поточных линиях эта операция проводится в конвейерных шкафах окончательной расстойки (Т1-ХР2-3, РШВ и в расстойных универсальных агрегатах Т1-ХР-2А-30, Т1-ХР-2А-48 и др.). Они могут быть Г-, П- или Т-образной формы. В зависимости от расположения цепного конвейера шкафы могут быть горизонтальные и вертикальные. Внутри шкафа установлен цепной конвейер, состоящий из нескольких пар цепных звездочек, из которых одна пара является приводной, другая — натяжной, а остальные — направляющими, и двух цепей, перемещающихся по направляющим. К цепям с определенным шагом на шарнирах подвешены люльки (одно- или двухполочные). Количество и размеры люлек зависят от конструкции шкафа. В универсальных конвейерных шкафах количество люлек колеблется в зависимости от типа шкафа от 34 до 76. Возможный размер люлек 340 × 1930 мм. Подовые изделия расстаиваются на листах, которые помещают на люльки. Последние выполнены в виде подигов. В некоторых шкафах люльки выполнены в виде рамок, обтянутых материей, и имеют несколько карманов, в результате чего в каждую люльку помещается несколько тестовых заготовок. Движение конвейера прерывистое. В момент остановки конвейера происходят загрузка и разгрузка соответствующих люлек. Для создания оптимальной температуры и влажности среды в шкаф окончательной расстойки вмонтирован кондиционер.

При разделке теста возможно его прилипание (адгезия) к рабочим органам тесторазделочного оборудования. Для этого оборудование посыпает мукой. В настоящее время с целью экономии муки рабочие органы соответствующих машин обдувают горячим воздухом или покрывают их поверхность материалами из полимеров, обладающих антиадгезионными свойствами. Сочетание обдувки воздухом и покрытия поверхностей полимерными материалами позволило полностью устранить прилипание теста.

Кроме основных этапов разделка теста включает в себя вспо-

могательные операции (посадка тестовых заготовок в расстойный шкаф и их выгрузка, надрезание заготовок после окончательной расстойки, посадка их в печь), которые осуществляются специальными механизмами.

Тесторазделочные линии могут быть укомплектованы оборудованием для разделки теста применительно к определенному виду хлебобулочных изделий, что позволяет механизировать и автоматизировать процесс.

## 20.5. ВЫПЕЧКА ХЛЕБА

**Процессы, происходящие при выпечке хлеба.** Изменения, характеризующие переход тестовой заготовки в процессе выпечки в хлеб, являются результатом целого комплекса процессов — физических, микробиологических, коллоидных и биохимических. Однако в основе всех процессов лежат физические явления — прогревание теста и вызываемый им внешний влагообмен между тестом-хлебом и паровоздушной средой пекарной камеры и внутренний тепломассообмен в тесте-хлебе.

**Физические процессы.** В начале выпечки тесто поглощает влагу в результате конденсации паров воды из среды пекарной камеры; в этот период масса куска теста-хлеба несколько увеличивается. После прекращения конденсации начинается испарение влаги с поверхности, которая к этому времени прогревается до 100 °С, превращаясь в сухую корку. Часть влаги при образовании корки испаряется в окружающую среду, а часть (около 50 %) переходит в мякиш, так как влага при нагревании различных продуктов перемещается от более нагретых участков (корки) к менее нагретым (мякишу). Вследствие этого содержание влаги в мякише горячего хлеба на 1,5...2,5 % выше содержания влаги в тесте. Обезвоженная корка прогревается в процессе выпечки до 160...180 °С, а температура в центре мякиша поднимается до 95...97 °С. Выше этой температуры мякиш не прогревается из-за его высокой влажности (45...50 %).

**Микробиологические и биохимические процессы.** В первые минуты выпечки спиртовое брожение внутри теста ускоряется и при 35 °С достигает максимума. В дальнейшем брожение затухает и при 50 °С прекращается, так как дрожжевые клетки отмирают, а при 60 °С приостанавливается жизнедеятельность кислотообразующих бактерий. В результате остаточной деятельности микрофлоры во время выпечки в тесте-хлебе увеличивается содержание спирта, диоксида углерода и кислот, что повышает объем хлеба и улучшает его вкус. Кроме того, в первые минуты выпечки происходит тепловое расширение воздуха и газов внутри теста, что существенно влияет на увеличение его объема.

Биохимические процессы связаны с изменением состояния крахмала и белков, и при температуре 70...80 °С они прекращаются. Крахмал при выпечке клейстеризуется и энергично разлагается, причем его гидролиз в ржаном тесте идет интенсивнее, чем в пшеничном. Поэтому в ржаном тесте содержание водорастворимых веществ (декстринов и сахаров) значительно выше, чем в пшеничном. Белки при выпечке также расщепляются с образованием промежуточных продуктов. Глубина и интенсивность расщепления крахмала и белков влияют на характер протекания химических процессов, определяющих цвет корки пшеничного хлеба, его вкус и аромат. Это связано с тем, что в результате окислительно-восстановительного взаимодействия образовавшиеся сахара вступают в реакцию с продуктами разложения белков и образуют темноокрашенные вещества — меланоидины и ароматические соединения. Цвет же ржаного хлеба обусловлен в основном содержанием меланинов, образующихся в хлебе при участии некоторых аминокислот и ферментов.

Коллоидные процессы. Белки и крахмал при выпечке претерпевают существенные изменения. При 50...70 °С одновременно протекают процессы денатурации (свертывания) белков и клейстеризации крахмала. Белки при этом выделяют воду, поглощенную при замесе теста, уплотняются, теряют эластичность и растяжимость. Прочный каркас свернувшихся белков закрепляет форму хлеба.

Влага, выделенная белками, поглощается крахмалом. Однако этой влаги недостаточно для полной клейстеризации крахмала, и процесс протекает сравнительно медленно и заканчивается при прогреве мякиша до 95...97 °С. Клейстеризуясь, крахмальные зерна прочно связывают влагу, поэтому мякиш хлеба кажется более сухим, чем тесто.

**Режимы выпечки.** Определяются степенью увлажнения среды пекарной камеры, температурой в различных ее зонах и продолжительностью процесса. Режим выпечки зависит от сорта хлеба, вида и массы изделия, качества теста, свойств муки, а также от конструкции печи. Решающим фактором является масса тестовой заготовки. Продолжительность выпечки колеблется от 8...12 мин для мелкоштучных изделий и до 1 ч для ржаного хлеба массой 1 кг.

Для большинства пшеничных и ржаных изделий режим выпечки включает три периода. В первый период выпечка протекает при высокой относительной влажности (до 80 %) и сравнительно низкой температуре паровоздушной среды пекарной камеры (110...120 °С) и длится 2...3 мин. За это время тестовая заготовка увеличивается в объеме, а пар, конденсируясь, улучшает состояние ее поверхности. В конце первого периода необходим интенсивный подвод теплоты для повышения температуры до 240...280 °С. Второй период идет при высокой температуре и несколько пониженной относительной влажности газовой среды.

При этом образуется корка, закрепляются объем и форма изделий. Третий период — это завершающий этап выпечки. Он характеризуется менее интенсивным подводом теплоты ( $180^{\circ}\text{C}$ ), что приводит к снижению упека.

**Хлебопекарные печи.** Это основное технологическое оборудование, по которому определяют производительность хлебозавода.

В хлебопекарной промышленности широко используются конвейерные тупиковые печи, в которых можно выпекать практически все виды хлебобулочных изделий.

Недостатком этих печей является то, что их трудно устанавливать в автоматические поточные линии, так как посадка тестовых заготовок и выгрузка хлеба идет с одной стороны, а также сложность осуществления оптимальных режимов выпечки. К группе тупиковых относятся печи ФТЛ-2, ХПА-40, Ш2-ХПА и др. Эти печи средней производительности с цепным люлечным подом. Печи ФТЛ, Ш2-ХПА используются для выработки хлебобулочных изделий широкого ассортимента, а печь ХПА-40 входит в расстойно-печной агрегат для производства формового хлеба.

Печь ФТЛ-2-66 (в настоящее время под этой маркой выпускается печь ФТЛ-2) состоит из топки 5, пекарной камеры 6, цепного конвейера 2 с люльками 7 и приводного механизма (рис. 20.6).

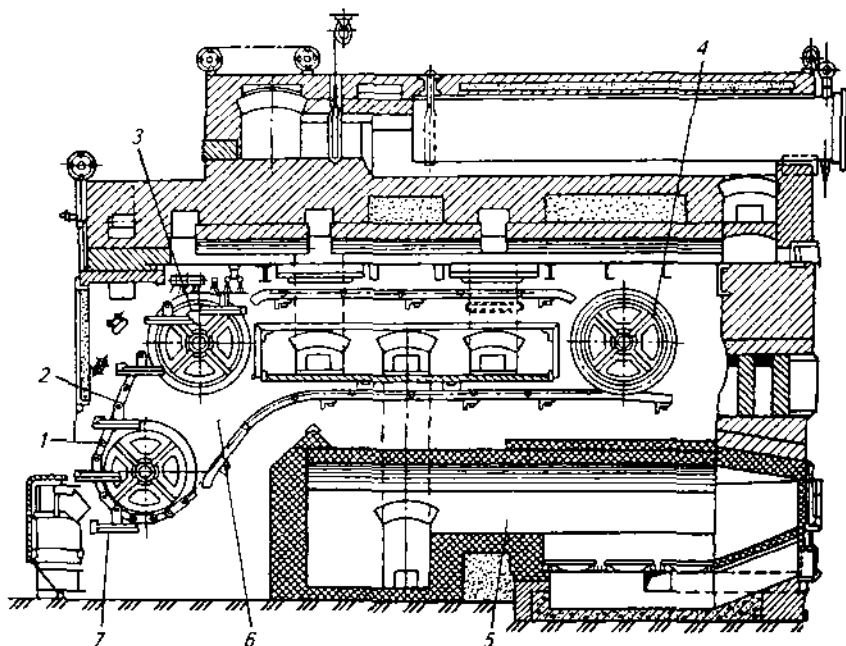


Рис. 20.6. Хлебопекарная печь ФТЛ-2-66

Цепной конвейер 2 представляет собой две пластинчатые шарнирные цепи, натянутые на три вала — передний 1, приводной задний 4 и натяжной ведомый 3. Между цепями подвешены люльки 7. Для выпечки формового хлеба люльки выполняются в виде рамок, в которые вставляют секции из форм, а для подовых изделий — люльки с подиками. Прерывистое движение конвейера позволяет в момент остановки произвести загрузку тестовых заготовок и выемку готовых изделий.

Цепной конвейер автоматически останавливается в тот момент, когда очередная люлька подходит к посадочному отверстию печи. Тестовые заготовки с помощью специального механизма укладываются в люльки. Затем конвейер начинает двигаться с постоянной скоростью и вновь останавливается для очередной загрузки и разгрузки и т. д. Люльки с тестовыми заготовками перемещаются сначала вдоль верхней ветви конвейера, а затем в обратном направлении вдоль нижней ветви, проходя поочередно три зоны (периода) выпечки. Поскольку первый период выпечки должен протекать при высокой относительной влажности воздуха и низкой температуре, над загрузочным отверстием печи устанавливается пароувлажнитель, который представляет собой гребенку трубок, в которую подается пар. Обработка тестовых заготовок паром осуществляется на первых четырех люльках.

Второй и третий периоды выпечки следует проводить при более высоких температурах. Соответствующая температура в пекарной камере поддерживается за счет излучения через стенки каналов дымовых газов, являющихся продуктами сгорания топлива. Из толки горячие дымовые газы поступают в каналы печи: сначала они движутся по нижнему каналу, затем поднимаются по двум боковым и направляются в каналы верхнего газохода, обогревая соответственно нижний свод печи, пространство между верхней и нижней ветвями конвейера и верхний свод. Перед выходом из печи хлеб рекомендуется опрыскивать водой для получения глянцевого покрытия.

Тоннельные печи являются сквозными, так как посадка тестовых заготовок осуществляется с одной стороны, а выгрузка хлеба — с другой (противоположной). К тоннельным печам относятся печи ПХС-25, ПХС-40, БН, Г4-ПХЗС, АЯ-ХПЯ-25, АЯ-ХПЯ-50 и др., которые используются для выпечки широкого ассортимента хлебобулочных изделий. Печи ПХС, Г4-ПХЗС выпускают с канальным обогревом, БН — с газовым и электрообогревом, а АЯ-ХПЯ-25 и АЯ-ХПЯ-50 — с электрообогревом.

В качестве примера рассмотрим устройство печи ПХС-25М (рис. 20.7). Печь представляет собой металлическую конструкцию с теплоизоляцией из минеральной ваты 4. Через загрузочное отверстие тестовые заготовки подаются на ленточный конвейер 2 пекарной камеры 11. Ленточный конвейер печи изготовлен из стальной спирально-стержневой сетки, натянутой на два бараба-

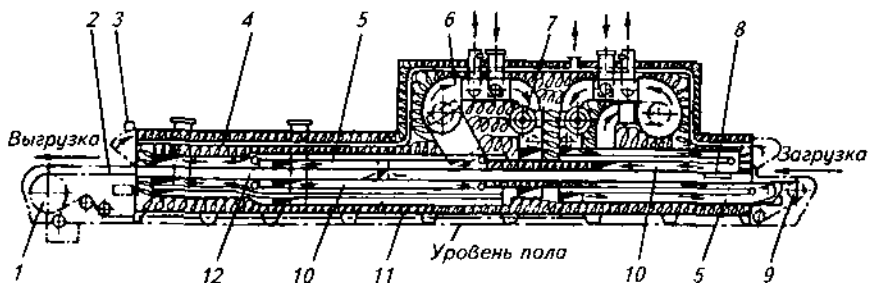


Рис. 20.7. Хлебопекарная печь ПХС-25М

на: приводной 1 и натяжной 9. В зоне посадки тестовых заготовок установлено пароувлажнительное устройство 8, состоящее из ряда перфорированных трубок, в которые из котельной хлебозавода поступает пар.

В тоннельных печах применяется рециркуляционный обогрев, что позволяет рационально использовать тепло отработавших газов. Жидкое или газообразное топливо смешивается с воздухом и сгорает в топке 7. Образующиеся горячие газы соединяются с частью отработавших газов, отсасываемых рециркуляционным вентилятором 6. Остатки отработавших газов выбрасываются из системы в дымовую трубу. По транспортирующим каналам 5 и 12 горячие газы поступают в греющие (нагревательные) каналы 10, расположенные сверху и снизу ленточного конвейера. Печь оборудована двумя независимыми обогревательными системами, одна из которых обслуживает короткую посадочную зону печи, а вторая — остальную часть. В каждую систему входят топка со смесительной камерой, греющие и транспортирующие каналы, а также регулирующее устройство. По торцам печи установлены вытяжные зонты 3. Наличие этих независимых друг от друга обогревательных систем позволяет регулировать параметры процесса выпечки, увеличивая температуру на втором и снижая ее — на завершающем этапе.

Тоннельные печи позволяют организовать механизированную загрузку и выгрузку изделий, в которых можно регулировать верхний и нижний обогрев выпекаемых изделий. Но в то же время установка этих печей требует наличия больших производственных площадей по сравнению с тупиковыми печами.

Для выпечки формового хлеба из ржаной, пшеничной муки и их смеси на базе печей ФТЛ-2, ХПА-40 и некоторых других созданы расстойно-печные агрегаты, представляющие собой шкафы окончательной расстойки, объединенные с печами общим конвейером. Они позволяют механизировать процессы посадки тестовых заготовок, расстойки, выпечки и выгрузки готовой продукции.

**Упек хлеба.** Это потери массы теста (%) при выпечке, которые выражаются разностью между массой теста и горячего хлеба, отнесенной к массе теста. Около 95 % этих потерь приходится на влагу, а остальная часть — на спирт, диоксид углерода, летучие кислоты и др. Упек составляет 5...14 % и зависит от формы хлеба: у формового хлеба он меньше, чем у подового. Для снижения упека увеличивают массу хлеба, а на завершающем этапе выпечки повышают относительную влажность воздуха и снижают температуру в пекарной камере.

## 20.6. ХРАНЕНИЕ ХЛЕБА

После выпечки хлеб направляют в хлебохранилище для охлаждения, а затем — в экспедицию для отправки в торговую сеть. В процессе остывания происходит перераспределение влаги внутри хлеба, часть ее испаряется в окружающую среду, а влажность корки и слоев, лежащих под ней и в центре изделия, выравнивается. В результате влагообмена внутри изделия и с внешней средой масса хлеба уменьшается на 2...4 % по сравнению с массой горячего хлеба. Этот вид потерь называется *усушкой*.

Для снижения усушки хлеб следует как можно быстрее охладить, для этого понижают температуру и относительную влажность воздуха хлебохранилища, уменьшают плотность укладки хлеба, обдувают хлеб воздухом температурой 20 °С. На усушку влияют также влажность мякиша, так как увеличение влажности хлеба вызывает возрастание потерь на усушку. Чем больше масса хлеба, тем меньше усушка. У подового хлеба усушка меньше, чем у формового.

В хлебохранилище хлеб из печи подается ленточными транспортерами на циркуляционные столы, с которых его перекалывают на вагонетки-стеллажи. На вагонетках хлеб хранится до отправки в торговую сеть.

На большинстве существующих хлебозаводов транспортирование готовых изделий в хлебохранилище и экспедицию осуществляется на вагонетках с ручной укладкой продукции в лотки и перегрузкой их в специализированные автомобили-фургоны.

В последнее время внедряется способ хранения хлеба на лотках в специальных контейнерах. После охлаждения хлеб загружают в автомобили и отправляют в торговую сеть.

При хранении в результате физико-химических процессов, связанных с изменением структуры клейстеризованного крахмала, хлеб черствеет. Клейстеризованный в процессе выпечки крахмал с течением времени стареет — выделяет поглощенную им влагу и переходит в прежнее состояние, свойственное для крахмала муки. Крахмальные зерна при этом уплотняются и значительно уменьшаются в объеме, между ними образуются воздушные прослойки.



Полностью предотвратить черствение хлеба не удастся, но известны приемы его замедления: глубокое замораживание (при  $-18...-30^{\circ}\text{C}$ ) и последующее хранение в таком виде; завертывание хлеба во влагонепроницаемую бумагу; добавление молока, сыворотки, сахара, жира и других компонентов; интенсивный замес теста и длительная выпечка хлеба. Эффективным способом сохранения свежести хлеба является упаковка его в целлофан, парафинированную бумагу, лакированный целлофан, бумагу, дублированную полиэтиленом или другими материалами, и пакеты из них, полиэтиленовые пленки и пакеты из них, полипропиленовую пленку и пакеты из нее и др. Перспективной считается упаковка, пропитанная сорбиновой кислотой, которая предотвращает плесневение хлеба и увеличивает срок хранения.

## 20.7. РАСЧЕТ ВЫХОДА ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Выход хлеба — это основной технико-экономический показатель работы предприятия. *Выход* — это количество готовой продукции, получаемой из 100 кг муки и другого сырья, вносимого в соответствии с утвержденной рецептурой. Выход хлеба (кг) обусловлен выходом теста и технологическими затратами и потерями:

$$q_{\text{хл}} = q_{\text{т}} - (Z_{\text{бр}} + Z_{\text{разд}} + Z_{\text{уп}} + Z_{\text{ус}} + П_{\text{м}} + П_{\text{т.мех}} + П_{\text{кр}} + П_{\text{шт}} + П_{\text{пер.бр}}),$$

где  $q_{\text{т}}$  — выход теста из 100 кг муки, кг. Технологические затраты, кг:  $Z_{\text{бр}}$  — затраты сухого вещества при брожении полуфабрикатов (опары, теста, заквасок и пр.);  $Z_{\text{разд}}$  — затраты муки при разделке;  $Z_{\text{уп}}$  — выпечка;  $Z_{\text{ус}}$  — усушка. Технологические потери П, кг:  $П_{\text{м}}$  — потери муки до начала замеса полуфабрикатов;  $П_{\text{т.мех}}$  — механические потери теста от стадии замеса до посадки тестовых заготовок в печь;  $П_{\text{кр}}$  — потери в виде крошек и лома хлеба;  $П_{\text{шт}}$  — потери от неточности массы штучного хлеба;  $П_{\text{пер.бр}}$  — потери при переработке брака хлеба.

Технологические затраты неизбежны, поэтому для увеличения выхода хлеба их необходимо сводить к минимуму. Технологические потери неоправданы и вызваны несовершенством или неудовлетворительным состоянием оборудования. По возможности их необходимо также сводить к минимуму.

Потери муки  $П_{\text{м}}$  зависят от ее распыла при хранении и перевозке и от отходов при просеивании. Применение бестарного хранения муки в сочетании с пневматическим перемещением существенно (до 0,03 %) снижает эти потери.

Механические потери  $П_{\text{т.мех}}$  связаны с потерями тестовой крошки в виде отходов в процессе формования и распыляющейся муки при приготовлении полуфабрикатов. При замене дежей на тестоприготовительные агрегаты эти потери сокращаются с 0,06 до 0,03 %. Улучшение состояния соответствующего оборудования также снижает их величину.

Затраты сухого вещества на брожение  $Z_{бр}$  обусловлены уменьшением массы полуфабриката за счет сбраживания углеводов и потерь диоксида углерода, части спирта и летучих кислот, а также связаны с испарением влаги при замесе, брожении и разделке теста. Суммарные затраты  $Z_{бр}$  составляют 2,5...3 %. При использовании жидких опар с сокращенным периодом брожения эти затраты снижаются до 1,5...2 %.

Затраты муки при разделке  $Z_{разд}$  определяются расходом муки на посыпку рабочих органов тесторазделочного оборудования, для того чтобы не прилипало тесто, и могут быть частично или полностью устранены при обдувке теста воздухом и путем нанесения на рабочие поверхности водоотталкивающих (антиадгезионных) покрытий (фторопласт и др.).

Потери в виде крошки и лома при выбивке хлеба из форм, укладке его на лотки и других операциях составляют 0,02...0,03 %; потери от неточности массы штучного хлеба — 0,4...1; потери при переработке брака хлеба — 0,02 %.

С целью рационального использования муки и снижения производственных потерь для каждого сорта хлеба устанавливаются плановые нормы выхода с учетом степени механизации, мощности предприятия и других показателей. Норма выхода хлеба зависит от рецептуры (при увеличении количества дополнительного сырья — сахара, жира и т. д. — выход хлеба возрастает), от массы хлеба, содержания влаги в муке. Чем меньше влаги в муке, тем больше выход хлеба; изменение содержания влаги на 1 % изменяет выход хлеба на 1,6...1,7 %. Норма выхода устанавливается на базисное содержание влаги муки, равное 14,5 %. Повышение выхода хлеба на 1,4...1,5 % дает экономию 1 % муки.

Обеспечение стабильного содержания влаги в тесте на уровне предельно допустимой — важное условие экономии муки. Повышение влаги теста на 1 % может увеличить выход хлеба на 2...3 %, поэтому правильная дозировка воды в тесте является одним из основных мероприятий, обеспечивающих получение заданного выхода хлеба. Увеличение выхода хлеба за счет добавления чрезмерного количества воды в тесто приводит к выпуску хлеба с повышенным содержанием влаги в ущерб интересам потребителя, поэтому содержание влаги хлеба регламентируется стандартом..

## **20.8. ПОТОЧНО-МЕХАНИЗИРОВАННЫЕ ЛИНИИ ПРОИЗВОДСТВА ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Поточно-механизированные линии включают в себя оборудование для всех производственных процессов, начиная от приготовления теста до выхода готовой продукции. Оборудование для хранения муки и дополнительного сырья и подготовки к производству, оборудование для внутривозовского транспортирования

сырья, а также оснащение хлебохранилищ является в основном общим для разных хлебозаводов. Отличительными являются только участки приготовления теста и его разделки, включающие в себя также оборудование для автоматической посадки и пересадки тестовых заготовок с машины на машину и на под печи. Линии komponуют из расстойно-печных агрегатов с закрепленными на общем конвейере формами или на базе разделенных конвейеров для расстойки, печей и съемных форм.

Линии для производства формового хлеба (ржаного и пшеничного) включают бункерный тестоприготовительный агрегат И8-ХТА-6 (или другой марки), тестоделитель, посадчик заготовок в форму в виде ковшового элеватора (или делитель-посадочный автомат) и расстойно-печной агрегат. В хлебопекарной промышленности наибольшее распространение получили линии с конвейерными люлечными тупиковыми печами ФТЛ-2.

Линии для производства круглого подового хлеба могут быть укомплектованы тупиковыми или тоннельными печами. Линия с тоннельными печами включает в себя тестоприготовительный агрегат, тестоделительную и тестоокруглительную машины, карманный транспортер, конвейерный шкаф окончательной расстойки с механизмами для укладки тестовых заготовок в люльки шкафа расстойки и пересадки их на под печи, печь и ленточный транспортер для готовой продукции.

Линия для выработки батонов состоит из тестоприготовительного бункерного агрегата; тсторазделочного агрегата, включающего в себя делитель, округлитель и закаточную машину с отбраковщиком сдвоенных кусков теста; выравнивателя шага между тестовыми заготовками; шкафа окончательной расстойки; надрезчика тестовых заготовок; тоннельной печи и транспортера готовой продукции. Линии могут быть укомплектованы тупиковыми печами.

## 20.9. АССОРТИМЕНТ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

В ассортимент хлебобулочных изделий входят различные виды и сорта хлебобулочных, сдобных, бараночных, сухарных изделий, а также национальные и лечебно-диетические изделия. Перечисленные группы изделий включают сотни наименований, отличающихся друг от друга по сорту, рецептуре, форме и т. д. Номенклатура группового ассортимента включает в себя хлеб ржаной из обойной, обдирной и сеяной муки, хлеб пшенично-ржаной и ржано-пшеничный из обойной муки, хлеб пшеничный из муки обойной, I, II и высшего сортов различной массы и формы, булочные изделия из муки I, II и высшего сортов, бараночные и сдобные изделия, сухари, хрустящие хлебцы, пироги, пирожки и пончики. В последние годы ассортимент хлебобулочных изделий значитель-

но изменился. В соответствии с потребительским спросом возросло производство хлеба из сортовой муки, булочных, сдобных изделий, хлебобулочных изделий с белковыми добавками (молочная сыворотка, пахта, сухое молоко и др.) и резко снизилась выработка хлеба из обойной муки. Увеличивается выпуск булочных изделий массой до 300 г, в том числе массой 50 и 70 г. Почти весь ассортимент выпускается поштучно, что позволяет осуществлять торговлю хлебом в системе самообслуживания.

## 20.10. ПИЩЕВАЯ ЦЕННОСТЬ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Пищевая ценность хлеба определяется содержанием отдельных составных частей и энергетической ценностью с учетом коэффициента усвояемости. Пищевая ценность хлеба тем выше, чем больше он удовлетворяет потребности организма в пищевых веществах и чем больше его химический состав соответствует формуле сбалансированного питания.

Хлеб, приготовленный из различных сортов пшеничной и ржаной муки, содержит 40...50 % влаги и 60...50 % сухого вещества, которое в основном представлено углеводами (около 45 %), небольшим количеством белков (8...9 %), а также жиров, минеральных веществ, витаминов и кислот.

Энергетическая ценность хлеба зависит от содержания влаги (чем больше влаги, тем она ниже) и от количества отдельных компонентов сухого вещества. Хлеб играет существенную роль в энергетическом балансе человека, обеспечивая 1/3 потребности в энергии. При потреблении в среднем около 250...300 г хлеба в сутки организм человека обеспечивается белком на 38 %, углеводами растительного происхождения, в частности крахмалом, на 41, моно- и дисахаридами на 17,4, кальцием на 11,5, фосфором на 45,6, железом на 84,7, витаминами В<sub>1</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>9</sub>, РР в среднем на 37...54, витамином Е на 76, витамином В<sub>3</sub> на 25 и витамином В<sub>2</sub> на 18,7 %.

Вместе с тем белки хлеба не являются полноценными, в них мало незаменимых аминокислот лизина и метионина, для этого в процессе производства повышают белковую ценность хлеба путем обогащения молочными продуктами, белками бобовых и различных культур (сои, подсолнечника) и пищевой рыбной мукой.

Минеральная и витаминная ценность хлеба зависит от сорта муки: чем больше выход муки, тем она выше. Хлеб отличается высоким содержанием зольных элементов, в первую очередь фосфором, железом и магнием. Наиболее дефицитным является кальций. Соотношение кальция и фосфора в хлебе равно 1 : 5,5, что намного превышает оптимальное (1 : 1,5) и снижает усвоение организмом хлеба. Высококошным обогатителем в этом отношении являются молоко и молочные продукты, которые содержат кальций в наиболее усвояемой человеком форме.

С целью профилактики эндемического зоба в отдельных районах страны хлеб обогащают иодом, источником которого является морская капуста. Для повышения витаминной ценности хлеба, прежде всего витамина В<sub>2</sub>, проводят витаминизацию муки I и высшего сортов витаминами РР, В<sub>1</sub> и В<sub>2</sub>.

Перспективным является использование в хлебопечении плодово-ягодных порошков, получаемых из целых яблок, яблочных и виноградных выжимок и овощных порошков из капусты, моркови и др. Порошки — источники сахаросодержащего сырья, богаты клетчаткой, пектиновыми, минеральными веществами (калием, кальцием, магнием, натрием) и витаминами.

Введение в рецептуру хлебобулочных изделий пшеничных зародышевых хлопьев позволяет обогатить хлеб незаменимыми аминокислотами — лизином, метионином, триптофаном, по содержанию которых белок зародышей сходен с белком яиц; макро- и микроэлементами, в том числе кальцием, железом, калием, магнием; витаминами — токоферолом, тиамином, рибофлавином.

Использование муки из зерна нехлебопекарных и бобовых культур (рисовой мучки, кукурузной, гороховой и фасоловой муки) позволяет получать хлеб пониженной калорийности, с увеличенным содержанием балластных веществ, макро- и микроэлементов, витаминов, а также способствует экономии основного сырья.

## 20.11. ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ХЛЕБА И ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Качество хлеба и хлебобулочных изделий по качеству сырья, сорту муки, форме и массе изделий, органолептическим, физико-химическим и гигиеническим показателям должно удовлетворять требованиям соответствующих стандартов (ГОСТ) или технических условий (ТУ).

По органолептическим показателям определяют внешний вид (форму, поверхность, цвет), состояние мякиша (пропеченность, свежесть, пористость, эластичность), вкус и запах хлеба. Форма изделий должны быть правильной с выпуклой верхней коркой, поверхность — гладкой, без трещин и подрывов, цвет — равномерный, корка — блестящей; мякиш должен быть пропеченным, эластичным, с хорошо развитой равномерной тонкостенной пористостью, вкус — свойственный данному виду изделия, без посторонних привкусов.

К числу основных физико-химических показателей относят содержание влаги в мякише, его кислотность и пористость, а также содержание сахара и жира в изделии. По содержанию влаги судят о физиологической ценности хлеба, а также технико-экономических показателях работы хлебозавода. Для различных сортов пше-

ничного хлеба содержание влаги не должно превышать 42...48 %, для ржаного хлеба — 48...51 %.

По кислотности можно судить о правильности ведения процесса приготовления хлеба, так как кислотность обусловлена наличием в хлебе продуктов, образуемых в результате спиртового и молочнокислого брожения в тесте. Кислотность для отдельных сортов хлеба из ржаной муки составляет 9...12°, из пшеничной муки — 2...6°.

Усвояемость хлеба зависит от пористости. Хлеб с низкой пористостью получается из невыброженного или плохо выброженного теста или из муки низкого хлебопекарного качества. Для ржаного хлеба из обойной муки пористость должна быть не менее 42 %, для пшеничного в зависимости от сорта муки и способа выпечки — не менее 55...70 %.

Микробиологические требования включают в себя критерии безопасности пищевых продуктов, согласно которым содержание токсичных элементов, микотоксинов и пестицидов в хлебе не должно превышать допустимые уровни.

## 20.12. БОЛЕЗНИ ХЛЕБА

Болезни хлеба вызываются развитием в нем некоторых микроорганизмов. Все виды болезней делают хлеб непригодным для употребления в пищу. Наиболее распространенными являются картофельная болезнь и плесневение хлеба.

Возбудителем картофельной, или «тягучей», болезни хлеба является картофельная палочка (*V. mesentericus*). Эти микроорганизмы широко распространены в природе (в воздухе, почве, на растениях) и встречаются в том или ином количестве на зерне и в любой муке. За время выпечки хлеба споры сохраняют свою жизнестойкость (они погибают только при мгновенном прогревании до 130 °С или при 100 °С через 6 ч). Наиболее благоприятные условия для их прорастания: значительная влажность продукта, нейтральная реакция среды и температура выше 37 °С. Хлеб, пораженный этой болезнью, имеет слизистый мякиш, который тянется тонкими паутинообразными нитями, резкий, специфический запах и вкус, что связано с действием на него ферментов картофельной палочки. Картофельной болезнью болеет только пшеничный хлеб, особенно в жаркое время года. В ржаном хлебе вследствие его высокой кислотности болезнь не развивается. Наиболее эффективные средства предотвращения этого заболевания:

повышение конечной кислотности теста путем использования заквасок, жидких дрожжей или внесения в тесто соответствующего количества молочной кислоты или части спелого теста (опары) прошлого приготовления;

снижение температуры и максимальное усиление вентиляции в хлебохранилище для быстрого охлаждения хлеба.

Плесневение хлеба чаще всего происходит при длительном его хранении и вызывается попаданием плесени и ее спор из окружающей среды на поверхность продукта. Прорастая внутрь хлеба, плесень начинает развиваться и на мякише. Развитие и рост плесени возможны при температуре от 5 до 50 °С. Этому процессу способствует повышенная влажность воздуха, в атмосфере которого хранится хлеб. Завертывание хлеба в обычные пленочные упаковочные материалы, приводящие к быстрому нарастанию влажности корки, удачных результатов не дает, а наоборот, способствует его плесневению. Предотвратить плесневение хлеба особенно важно для тех его видов, которые предназначены для длительного хранения (для участников экспедиций и другого контингента). С этой целью в тесто вносят химические консерванты, например сорбиновую кислоту и ее соли, которые подавляют развитие плесени; хлеб заворачивают в герметическую влагонепроницаемую термостойкую пленку с последующей тепловой стерилизацией — прогреванием до температуры 85...90 °С в центре мякиша, а также в пленку или бумагу, пропитанную сорбиновой кислотой, с последующей герметической упаковкой. Для весьма длительного хранения хлеб подвергают расстойке и выпечке в жестяных консервных банках с закаткой их сразу же после выпечки.

#### *Контрольные вопросы*

1. В чем сущность процессов созревания муки?
2. Из каких этапов состоит подготовка муки к производству?
3. Какие процессы протекают при брожении теста и как они влияют на качество хлеба?
4. Чем отличается приготовление ржаного теста от пшеничного?
5. Из каких этапов состоит разделка ржаного и пшеничного теста?
6. В чем назначение окончательной расстойки?
7. Какие процессы протекают при выпечке хлеба?
8. Что такое упек и усушка хлеба? Каковы пути снижения этих потерь?
9. Что понимают под выходом хлеба и каковы способы его увеличения?
10. Как предотвратить картофельную болезнь и плесневение хлеба?

## **Глава 21**

### **ТЕХНОЛОГИЯ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Макаронные изделия вырабатывают из пшеничной муки высшего качества специального помола. Готовые изделия могут храниться более 1 года без заметных изменений свойств, так как имеют низкое содержание влаги (13 %) и в них полностью отсутствуют скоропортящиеся добавки, за исключением вкусовых и обогатительных. Макароны обладают высокой питательной ценностью из-за значительного содержания углеводов и белков.

## 21.1. КЛАССИФИКАЦИЯ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Макаронные изделия классифицируют по нескольким признакам.

1. Сорт. В зависимости от сорта муки макаронные изделия могут быть высшего и I сортов. При внесении вкусовых или обогатительных добавок к названию сорта добавляется название входящих добавок (например, высший яичный).

2. Форма. В зависимости от формы существуют следующие виды изделий: трубчатые (например, макароны, рожки и перья), нитеобразные (например, вермишель), лентообразные (например, лапша) и фигурные изделия.

3. По длине изделия могут быть длинными (от 15 до 50 см) и короткими или короткорезанными (от 1,5 до 15 см). Различают еще так называемые суповые засыпки, выпускаемые в виде срезов толщиной 1...3 мм.

4. Способ формования. Изделия могут быть прессованными и штампованными.

## 21.2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Технологическая схема производства макаронных изделий включает следующие этапы: хранение и подготовка сырья к производству, приготовление теста, прессование, разделка, сушка, охлаждение и упаковывание изделий.

Характерной особенностью макаронного производства является широкое использование автоматизированных линий, объединяющих в единый комплекс все технологические операции, что обеспечивает высокую степень механизации и автоматизации производственных процессов, позволяет получать качественные изделия. В зависимости от вида вырабатываемых изделий и установки того или иного оборудования используют ряд аппаратно-технологических схем. Наиболее перспективными являются следующие: схема производства длинных изделий с подвесным способом сушки на линиях Б6-ЛМВ и Б6-ЛМГ и схема производства коротких изделий с сушкой на ленточных транспортерах на линиях Б6-ЛКС. В состав этих линий входит единая мучная система для подготовки муки и ее транспортирования на производство, которая принципиально не отличается от применяемой на хлебозаводах, поэтому в дальнейшем ее описание не приводится.

**Автоматизированная поточная линия Б6-ЛМГ для производства длинных макаронных изделий** (рис. 21.1). Для замеса теста мука и вода дозируются в тестосмеситель шнекового пресса 1. Затем тесто прессуется через матрицу и поступает на разделку в саморазвес 7,



где сырые изделия развешиваются на бастуны, подрезаются и облудываются воздухом. После высушивания в предварительной 2 и окончательной 3 сушилках изделия направляются в стабилизатор-накопитель 4, а затем в машину 5 для съема с бастунов и резки и далее в фасовочно-упаковочную машину, после чего готовые изделия транспортирующими механизмами направляются в механизированный склад. Специальный механизм 6 возвращает пустые бастуны в начало линии.

**Автоматизированная поточная линия Б6-ЛКС для производства коротких изделий.** Процессы приготовления теста и его прессования ничем не отличаются от рассмотренных выше. Замес и прессование теста проводятся в шнековом прессе 2 (рис. 21.2). Ножи, вращающиеся по поверхности матрицы, обрезают изделия, которые двумя потоками направляются в виброподсушитель 3. Затем изделия наклонным элеватором 4 подаются на верхнюю ленту предварительной сушилки 5, где находятся девять нейлоновых транспортеров. Пересыпаясь с верхней ленты на нижние, изделия облудываются воздухом, нагреваемым калориферами в нижней зоне сушилки и проходящим над слоями изделий. Затем с помощью наклонного элеватора 6 изделия поступают на верхнюю ленту окончательной сушилки 7, где они высушиваются на одиннадцать транспортерах. Далее изделия наклонным элеватором 8 направляются в стабилизатор-накопитель 9, состоящий из восьми бункеров. Далее через вибробункер 10 они поступают на фасование. На этой линии можно получать штампованные изделия путем предварительного выпрессовывания двух тестовых лент, которые поступают в две штампмашины 1, оборудованные штампами разных видов.

Кроме перечисленных схем макаронные изделия получают и другими способами. Длинные изделия можно вырабатывать на автоматизированных линиях с предварительной сушкой на рамках и окончательной в цилиндрических кассетах, что позволяет получать абсолютно прямые изделия и полностью ликвидировать сухие отходы. Можно производить длинные изделия с сушкой в лотковых кассетах. Этот способ требует больших затрат ручного труда, однако он применяется в промышленности, ибо не требует сложного оборудования и больших производственных площадей. В этом случае выпрессовываемую прядь изделий с помощью маятникового стола укладывают в кассеты и разрезают ножом. Далее кассеты с изделиями устанавливают на вагонетки, которые отвозят их в сушильное отделение.

Широкое применение в промышленности нашла схема производства короткорезанных изделий на комплексно-механизированных линиях. Подобная линия состоит из шнекового пресса и сушилки непрерывного действия. Выпрессованные изделия нарезаются и подаются на верхнюю ленту сушилки. Постепенно пересыпаясь с верхней ленты на низлежащие, они облудываются нагретым

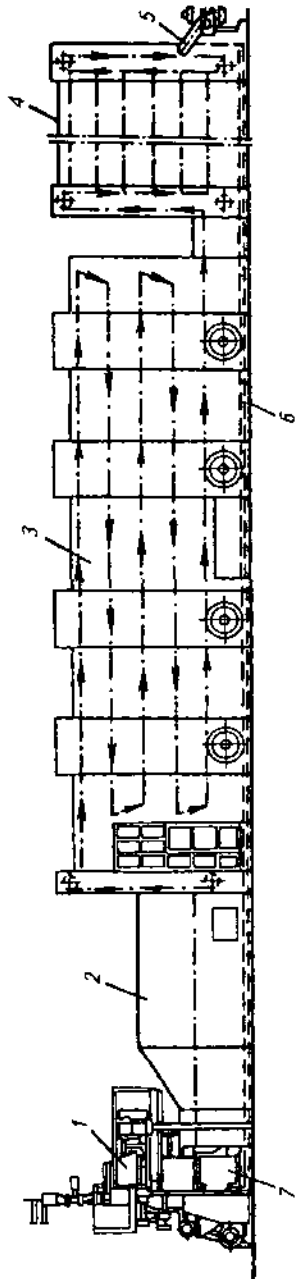


Рис. 21.1. Автоматизированная поточная линия Б6-ЛМГ

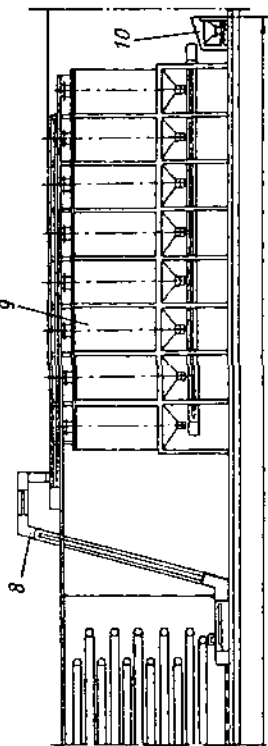
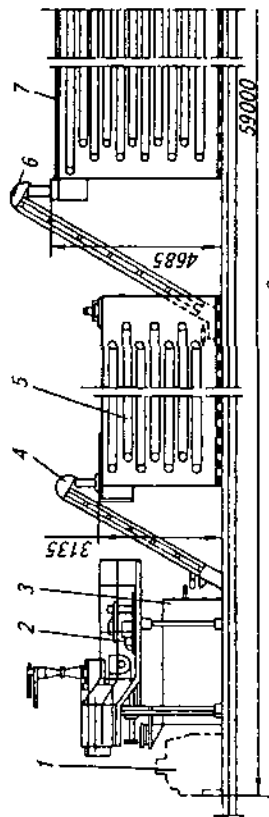


Рис. 21.2. Автоматизированная поточная линия Б6-ЛКС

воздухом. После охлаждения в виброохлаждателях или на ленточных транспортерах высушенные изделия направляются в упаковочное отделение.

### 21.3. ХРАНЕНИЕ И ПОДГОТОВКА СЫРЬЯ К ПРОИЗВОДСТВУ

Основную массу макаронных изделий готовят из муки и воды, а часть продукции — с добавками. Для производства макаронных изделий используют специальную муку двух сортов: высшего сорта (крупка) и I сорта (полукрупка), получаемую помолом зерна твердой или мягкой стекловидной пшеницы. При отсутствии макаронной муки разрешается использовать хлебопекарную муку высшего и I сортов.

Макаронная мука существенно отличается от хлебопекарной. Она имеет крупитчатую структуру с частицами размером от 250 до 350 мкм, более крупную у крупки по сравнению с полукрупкой; отличается высоким содержанием клейковины хорошего качества (в муке из твердых сортов пшеницы не менее 30...32 %, в муке из мягких сортов — не менее 28...30 %). Согласно ГОСТу макаронная мука должна быть желтого цвета и не должна темнеть в процессе переработки. Такие требования к муке позволяют получать янтарно-желтые изделия из крупки и светло-кремового оттенка из полукрупки, с гладкой поверхностью, стекловидные в изломе. Высокое содержание клейковины влияет на упругоэластичные свойства теста, а также определяет высокую питательную ценность готового продукта.

Добавки, используемые в макаронном производстве, делят на две группы: обогатительные, повышающие пищевую ценность изделий, и вкусовые, влияющие на вкус и цвет. К первой группе относят яичные продукты (яйца, яичный порошок, меланж), молочные (сухое цельное и сухое обезжиренное молоко, творог) и витамины (В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub> и РР), ко второй — овощные и фруктовые пасты, пюре и порошки.

Кроме концентрированных томатных продуктов (пюре, несоленая и соленая пасты) и порошка из томатопродуктов стандарт предусматривает использование пюре из шпината, щавеля и их смесей, а также натуральных соков с мякотью (морковного, свекольного).

Из нетрадиционного сырья можно использовать муку и крахмал бесклейковинных крахмалсодержащих зерновых, бобовых и клубневых культур, например картофельный и кукурузный крахмал, соевый шрот, белок и др.

Подготовка муки состоит из смешивания, просеивания, магнитной очистки и взвешивания.

Для приготовления макаронных изделий используют столовые яйца I категории (масса одного яйца не менее 48 г) и II категории (не менее 43 г).

Яичные и молочные добавки хранят в холодильных камерах. Так как яичная скорлупа часто бывает заражена бактериями, перед введением в тесто яйца дезинфицируют. Для этого их погружают в 2%-й раствор хлорной извести, затем в 2%-й раствор питьевой соды, после чего промывают холодной водой. Во избежание попадания испорченных яиц яйца разбивают в отдельную посуду небольшими порциями (по 3...5 шт.). Полученную яичную массу процеживают через сито с ячейками не крупнее 3 × 3 мм. Подготовка яиц к производству на фабриках — операция сложная, поэтому в качестве яичных добавок чаще всего используют яичный порошок или меланж. Меланж — это замороженная смесь белка и желтка. Перед употреблением меланж размораживают, помещая банки в теплую воду температурой 40...45 °С на 3...4 ч.

Томатную пасту хранят в герметичных емкостях из некорродирующего металла при температуре от 0 до 20 °С, не допуская замораживания. Витамины хранят в сухом помещении в упакованном виде. Упаковку следует вскрывать только перед составлением витаминной смеси.

Для равномерного распределения добавок в тесте их смешивают с водой в чанах с мешалками. Во избежание свертывания белков температура воды для размешивания яичных добавок должна быть не выше 45 °С, для сухого молока — не выше 55, для остальных добавок — 55...65 °С.

## 21.4. ПРИГОТОВЛЕНИЕ ТЕСТА

Макаронное тесто существенно отличается от всех других тестовых масс. Оно не подвергается брожению или искусственному разрыхлению. Так как количество воды, добавляемое в муку при замесе, составляет около 1/2 того количества, которое способны поглотить основные компоненты муки — крахмал и белок, тесто требует длительного замеса (20...30 мин).

Макаронное тесто представляет собой рыхлую массу из крошек различного размера, которая лишь в процессе дальнейшей обработки превращается в плотную пластичную массу, пригодную для формования.

Рецептура макаронного теста зависит от качества муки, вида изделий, способа сушки и некоторых других факторов. В рецептуре указывают количество муки и воды, содержание влаги, температуру муки, воды и теста. Количество воды приводят на 100 кг муки.

При расчете рецептур задаются влажностью теста, от величины которой зависит тип замеса: твердый (содержание влаги теста 28...29 %); средний (29,1...31 %) и мягкий (31,1...32,5 %). Наиболее распространен средний замес, при этом тесто получается мелкокомковатым, изделия после прессования хорошо сохраняют форму, не мнутся, не слипаются при раскладке и сушке в несколько слоев.

Чем выше содержание влаги в тесте, тем быстрее и равномернее увлажняются частицы муки, тесто легче поддается формованию и из него получаются изделия лучшего качества. Однако при очень высоком содержании влаги сырые изделия плохо сохраняют свою форму (слипаются, вытягиваются), процесс их сушки удлиняется.

По заданному содержанию влаги теста рассчитывают необходимое количество воды ( $\text{дм}^3$ ) для замеса:

$$B = \frac{M(W_T - W_M)}{100 - W_T},$$

где  $M$  — дозировка муки, кг;  $W_T$  и  $W_M$  — соответственно содержание влаги в тесте и муке, %.

Затем задаются температурой теста исходя из того, что после замеса она должна быть не выше  $40^\circ\text{C}$ . При этом учитывают, что в процессе формования изделий в шнековых прессах температура теста увеличивается на  $10\text{--}20^\circ\text{C}$ , а перед матрицей должна составлять  $50\text{--}55^\circ\text{C}$ .

Температуру воды по заданной температуре теста определяют по формуле

$$t_B = \frac{T_T c_T - M t_M c_M}{B c_B},$$

где  $t_B$ ,  $t_T$ ,  $t_M$  — соответственно температуры воды, теста и муки,  $^\circ\text{C}$ ;  $T$  — масса теста, кг;  $c_T$ ,  $c_M$ ,  $c_B$  — соответственно удельные теплосмкости теста, муки и воды, Дж/(кг · К);  $M$  — расход муки на замес теста, кг;  $B$  — расход воды на замес теста,  $\text{дм}^3$ .

В зависимости от температуры воды, используемой на замес теста, различают три типа замеса: горячий ( $75\text{--}85^\circ\text{C}$ ), теплый ( $55\text{--}65^\circ\text{C}$ ) и холодный (ниже  $30^\circ\text{C}$ ). На практике чаще применяется теплый замес, который позволяет получать среднекомковатое сыпучее тесто, которое хорошо заполняет витки шнека. Замес теста с использованием теплой воды происходит быстрее, чем с использованием холодной, тесто получается более пластичным, хорошо формуется, а поверхность изделий — более гладкой, цвет — более желтым, чем при других замесах.

Горячий замес используется относительно редко, так как при соприкосновении горячей воды с мукой часть белков денатурирует, в результате тесто частично теряет эластичность. Горячий замес применяется только для муки с повышенным содержанием клейковины, чрезмерно упругой по качеству, когда необходимо получить менее вязкое и достаточно пластичное тесто.

Холодный замес используется для приготовления изделий, предназначенных для длительного хранения, а также для муки с низким содержанием клейковины и слабой по качеству.

При приготовлении теста с добавками учитывают содержание в них влаги. Если содержание влаги добавок выше, чем у муки, то следует соответственно снизить расход воды на замес теста.

С целью вторичной переработки в рецептуру могут входить также доброкачественные отходы. Для этого используют полуфабрикаты (сырые обрезки, деформированные изделия и пр.), не имеющие посторонних привкуса и запаха, и сухие отходы. Сырые обрезки в количестве до 15 % к массе муки сразу же после разделки измельчают и добавляют в тестосмеситель. Сухие отходы в количестве до 10 % к массе муки желательно добавлять для выработки короткорезанных изделий (вермишели и лапши), предварительно измельчив их в крупку размером до 1 мм.

## 21.5. ФОРМОВАНИЕ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Для формования макаронного теста применяют два способа: прессование и штампование, причем в основе последнего лежит получение ленты теста, из которой затем штампуют изделия сложной формы.

Замес теста, уплотнение полученной крошковатой массы и формование изделий осуществляют в шнековом прессе непрерывного действия (рис. 21.3). Тесто готовят в тестосмесителе, в первое корыто которого с помощью дозаторов 1 и 2 подают муку и воду. При выработке макаронных изделий с добавками после растворения в воде или после приготовления водной эмульсии последние поступают в тестосмеситель 3 из дозатора для воды. Тестосмесители могут быть одно-, двух-, трех- и четырехкорытными, каждое корыто представляет собой полуцилиндр, внутри которого вращается вал 4. Лопасти вала расположены под углом к его оси, что

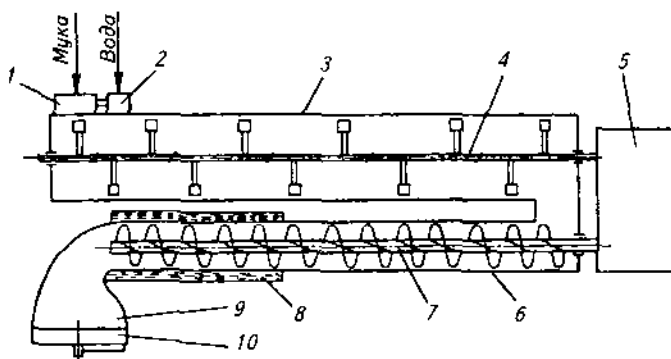


Рис. 21.3. Схема шнекового макаронного пресса

обеспечивает продвижение теста вперед и отбрасывание его назад. Это создает благоприятные условия для набухания муки за счет длительного перемешивания. Для получения однородной структуры теста замес удлиняют, применяя трех- и четырехкорытные тестосмесители. В результате получается комковатая масса, размер комков которой зависит от содержания влаги в тесте: чем оно выше, тем крупнее крошки и комья. В последнем корыте тестосмесителя создается вакуум для удаления мельчайших пузырьков воздуха, наличие которых приводит к растрескиванию изделий. При сушке полуфабриката, предварительно уплотненного при большом давлении на стадии прессования, происходит уменьшение линейных размеров теста. Пузырьки воздуха, находящиеся в нем в сжатом состоянии, при нагревании расширяются и разрушают микроструктуру изделия. При интенсивных режимах сушки микротрещины могут привести к резкому увеличению количества растрескавшихся изделий, одновременно снизить их транспортабельность. Наличие воздушных включений приводит к появлению белесого оттенка, что ухудшает цвет изделий и снижает потери сухих веществ при варке. Оптимальный режим вакуумирования следующий: остаточное давление 10...40 кПа, длительность 5...7 мин.

Для придания тесту однородной структуры его направляют в шнековую камеру 6 пресса на формование. Тесто подхватывается витками шнека 7, выполняющего роль транспортирующего механизма, перемещающего сыпучий продукт, а затем уплотняется, становясь вязкой, упругопластичной массой. Вал 4 и шнек 7 приводятся в движение от приводного редуктора 5.

Сформировавшееся в шнековой камере 6 тесто нагнетается в небольшое предматричное пространство 9, заканчивающееся матрицей 10, через отверстия которой оно выпрессовывается под давлением 10...12 МПа. Такое давление возникает вследствие сопротивления формующих отверстий матрицы истечению крутого теста. Величина его зависит от содержания влаги, температуры теста и других факторов. Только 18...20 % подаваемого в матрицу теста выпрессовывается через ее отверстия, основная же масса за счет противодействия закручивается в предматричном пространстве шнека и перемещается в противоположном направлении. Перед матрицей происходит послойное перемещение теста вперед и назад. Это ведет к переходу механической энергии движения отдельных слоев в тепловую, в результате чего тесто приобретает большую пластичность, его температура повышается на 10...12 °С. Для поддержания оптимальной температуры (55 °С) теста перед матрицей шнековая камера снабжена водяной рубашкой 8. При более высокой температуре происходит заваривание теста: оно становится более крутым и скорость прессования резко падает.

Как отмечалось, в современных прессах тесто вакуумируют на стадии замеса. Вместе с тем в промышленности применяется обо-

рудование (пресс типа ЛПЛ и др.), где вакуум создается на стадии прессования. Однако удалить воздух из спрессованного теста гораздо труднее и эффект от использования деаэрации ниже.

Наиболее важной составной частью пресса являются матрицы. Они могут быть круглыми в форме плоского диска и прямоугольными. Материал для их изготовления должен быть прочным, выдерживать значительные нагрузки и быть стойким к коррозии, так как тесто является агрессивной средой из-за содержания кислото-реагирующих веществ. Лучше всего матрицы изготавливать из латуни и бронзы, но можно использовать и нержавеющую сталь.

Форма изделий, получаемых прессованием, зависит от конфигурации формирующих отверстий матрицы. Встречаются три вида отверстий: кольцевые с вкладышами для получения макаронной трубки; без вкладышей для формования нитеобразных изделий; щелевидные для прессования лапши, фигурных изделий и широких лент теста для последующего формования из них штампованных изделий.

Формирующее отверстие с вкладышем (рис. 21.4) состоит из двух элементов: канала, просверленного в теле матрицы, и закрепленного с ним вкладыша. Нагнетаемое в отверстие тесто во входной камере 1 распределяется заплечиками 4 на три потока. Назначение заплечиков — удержать вкладыш в отверстии матрицы так, чтобы ось его ножки 5 совпала с осью отверстия. Для лучшего центрирования вкладыш обычно изготавливают с тремя заплечиками — трехпорный, а иногда с двумя — двухпорный вкладыш. В переходной части 2 под действием давления прессования проис-

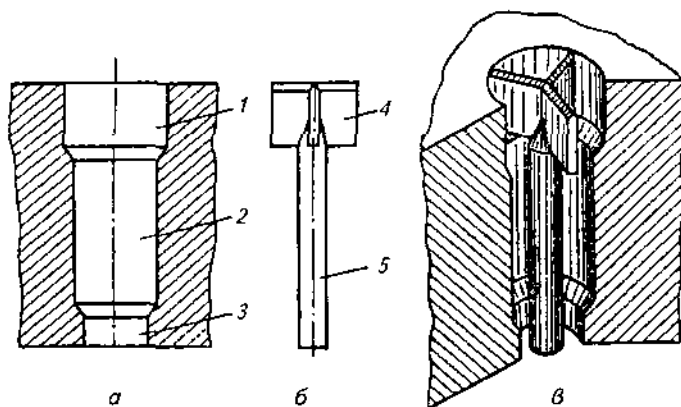


Рис. 21.4. Формирующее отверстие дисковой матрицы с вкладышем:

*а* — профиль отверстия; *б* — вкладыш трехпорный; *в* — отверстие с запрессованным вкладышем в сборе



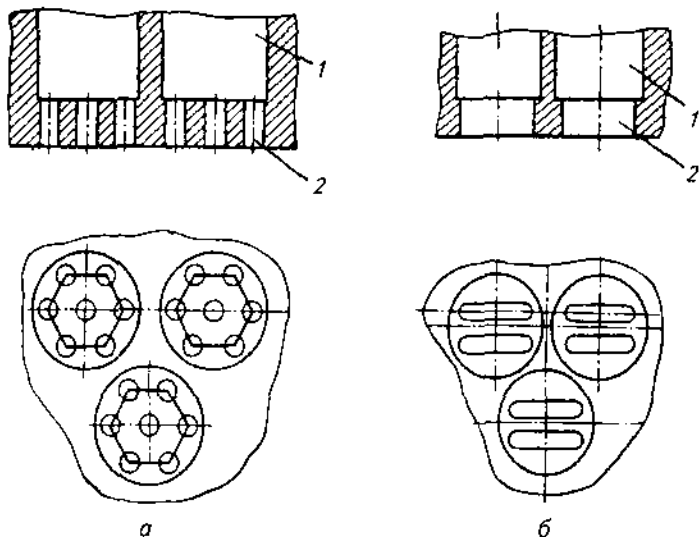


Рис. 21.5. Профили отверстий в матрице без вкладышей:

*a* — для вермишели; *б* — для лапши

ходит соединение отдельных потоков в тестовую трубку, которое заканчивается в кольцевом зазоре формирующей щели 3. Внешний диаметр макаронной трубки равен диаметру формирующей щели 3, а ее внутренний диаметр соответствует диаметру ножки 5 вкладыша.

Матрица для получения вермишели или лапши состоит из диска, в котором высверливаются углубления (кессоны) (рис. 21.5). Во входную камеру 1 тесто входит одним потоком, а затем продавливается через формирующие щели 2 высотой 1,5...2 мм.

При использовании металлических матриц поверхность изделий получается более или менее шероховатой, что связано с прилипанием теста к поверхности матрицы. Тесто движется в канале матрицы послойно, причем скорость движения слоев различна. Прилипший элементарный слой теста остается неподвижным, а следующий элементарный слой движется, отрываясь от прилипшего слоя, при этом скорость его движения замедляется, а на поверхности образуются надрывы, заусенцы. С увеличением пластичности теста поверхность становится более гладкой, так как образовавшиеся заусенцы как бы затягиваются.

Степень прилипания теста зависит от материала матрицы. Наиболее сильно тесто прилипает к матрицам, изготовленным из нержавеющей стали, меньше — к матрицам из латуни, еще мень-

ше — к матрицам из бронзы. Для снижения степени прилипания теста поверхность формирующей щели матрицы должна быть тщательно отшлифована. В последнее время для получения изделий с гладкой поверхностью используют матрицы со вставками из пластмасс, в частности из фторопласта, к которому тесто не прилипает. В результате существенно возрастает скорость прессования, а готовые изделия имеют более желтый цвет.

## 21.6. РАЗДЕЛКА СЫРЫХ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Разделка сырых макаронных изделий состоит из обдувки, резки и раскладки. Ее цель — подготовить полуфабрикат к наиболее продолжительной и трудоемкой стадии производства — сушке. От правильности разделки зависят продолжительность сушки и качество готовых изделий.

Сырые изделия для быстрой подсушки обдуваются воздухом, который нагнетается из помещения цеха. При этом содержание влаги изделий снижается на 2...3 %, в результате уменьшается пластичность полуфабриката, увеличивается его упругость, на поверхности образуется корочка, которая препятствует слипанию и искривлению изделий.

Назначение резки — получить продукт определенной длины. Короткорезанные изделия режут двумя способами. В первом случае нож скользит по поверхности матрицы или режет свисающую прядь на некотором расстоянии от матрицы; во втором случае изделия режут после того, как они немного подсохнут.

Сырые изделия подают к сушилкам по наклонным спускам или пневмотранспортом. Использование пневмотранспорта позволяет несколько подсушить продукт, что сокращает длительность сушки.

Для раскладки сырых короткорезанных изделий применяют механические раскладчики (раструсчики), труба или транспортер которых совершает колебательное движение над движущейся лентой сушилки, распределяя на ней продукт равномерным слоем толщиной 2...5 см.

Резка и раскладка макарон зависят от способа сушки: кассетного (в кассетах) или подвешного (на бастунах). В первом случае используются кассеты, изготовленные из фанеры, деревянных планок или дюралюминия. Кассета представляет собой ящик, имеющих только две боковые стенки, между которыми укладывают макароны так, чтобы через них вдоль трубок проходил сушильный воздух. Бастун — это полая алюминиевая трубка длиной 2000 мм с цапфами на концах, с помощью которых она опирается на цепи транспортера.

При кассетной сушке выпрессованные изделия, достигшие длины 1,5...2 м, механически подхватываются, укладываются на

кассеты и режутся раскладочно-резательным механизмом на отрезки длиной 250 мм.

Разделка макарон для подвесной сушки ведется саморазвесом, который входит в автоматизированную линию. Пустые бастуны движутся в горизонтальном направлении с некоторыми перерывами. В момент остановки ряды формуемых изделий, проходя обдуватель, достигают необходимой длины, опускаясь ниже бастуна, находящегося в покое. При движении вперед бастун оттягивает макаронную прядь и она огибают его с одной стороны. Затем два пустотелых цилиндра переводят верхнюю половину пряди на другую сторону бастуна. Ножи отрезают прядь макарон, и она под действием собственной массы падает и виснет на бастуне. Нижние ножи подравнивают концы изделий. Обрезки падают в шнек, находящийся внизу, измельчаются и далее подаются пневмотранспортом в тестосмеситель на вторичную переработку.

## 21.7. СУШКА МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Макаронное тесто служит хорошей средой для микробиологических и биохимических процессов. Для их предотвращения тесто сушат до содержания влаги 13,5...14 %, чтобы после охлаждения содержание влаги в макаронных изделиях было не более 13 %. Сушка — наиболее длительная стадия технологического процесса производства макаронных изделий. От правильности ее проведения зависят такие показатели качества готового продукта, как прочность, кислотность и стекловидность. Очень интенсивная сушка может привести к растрескиванию изделий, чрезмерно длительная, а также недосушивание — к их закисанию.

Сушку макаронных изделий проводят конвективным способом, который основан на тепло- и влагообмене между высушиваемым материалом и нагретым воздухом. Процесс сушки состоит в подводе влаги от внутренних слоев изделий к наружным, превращении ее в пар и удалении пара с поверхности за счет нагретого сушильного воздуха. Количество влаги, которое может поглотить 1 кг воздуха до полного его насыщения, называется *сушильной способностью воздуха*. Чем выше температура, скорость движения воздуха и ниже его относительная влажность, тем выше его сушильная способность и тем быстрее протекает процесс сушки.

Процесс сушки характеризуется кривыми сушки и кривыми скорости сушки (см. главу 7, п. 7.6).

Макаронное тесто при сушке проявляет некоторые особенности, обусловленные характером поглощения тестом влаги при его замесе. Поскольку тесто готовят с низким содержанием влаги, свободной влаги в нем нет, она полностью связана белками и крахмалом, причем белки удерживают ее прочнее, чем крахмал.

Поэтому процесс сушки протекает в два этапа: на первом — при постоянной скорости сушки происходит более быстрое удаление влаги, связанной крахмалом, на втором — при убывающей скорости сушки — медленное обезвоживание белков.

Влага внутри макаронного теста перемещается от более нагретых наружных слоев к менее нагретым внутренним (явление термолабильности). За счет различного содержания влаги этих слоев, возникающего в результате испарения влаги с поверхности материала и быстрого осушивания, происходит перераспределение влаги от более влажных внутренних слоев к наружным (явление влагопроводности). Основное движение влаги внутри полуфабриката происходит за счет влагопроводности. Таким образом, влага внутри теста перемещается в противоположных направлениях, что замедляет процесс сушки.

По мере испарения влаги в изделиях происходит их усадка на 6...8 %. Наружные слои высыхают быстрее и стремятся уменьшить размеры, а внутренние, в которых содержание влаги какое-то время выше, — сохранить их. В изделиях возникают внутренние напряжения сдвига. В начальный период сушки, пока содержание влаги продукта выше 20 %, тесто обладает пластичными свойствами, ослабляющими внутренние напряжения сдвига. В результате изделия уменьшаются в размерах, не разрушаясь. В дальнейшем, по мере снижения содержания влаги с 20 до 16 %, изделия постепенно утрачивают свойства пластичного материала и приобретают упругие свойства, т. е. они становятся упругопластичным материалом. При этом если внутренние напряжения сдвига превысят предельно допустимые значения, то появятся микротрещины, которые могут привести к лому изделий. В конце сушки, когда содержание влаги снижается с 16 до 13,5 %, изделия ведут себя как упругохрупкие тела и малейшая усадка ведет к их растрескиванию.

Идеальным режимом сушки является такой, при котором внутренний массоперенос влаги не будет отставать от влагоотдачи с поверхности изделий. Однако осуществить такой режим сложно, так как процесс сушки чрезмерно замедляется, что может вызвать закисание продукта. Для ускорения процесса сушки и получения изделий хорошего качества в начальный период (при содержании влаги теста до 20 %) их сушат при жестких режимах, т. е. при интенсивной обдувке воздухом с высокой сушильной способностью. Затем во избежание растрескивания высушивание ведут при мягких режимах, когда влага медленно удаляется воздухом с низкой сушильной способностью. Особенно осторожно надо вести этот процесс на последних этапах сушки, когда содержание влаги изделий ниже 16 %. Практически эти условия можно выполнить при сушке изделий в сушилках поточных линий, где процесс разделен на два этапа — предварительную и окончательную сушку.

В зависимости от сушильной способности воздуха для сушки изделий применяют следующие режимы: трехстадийный, или пульсирующий; сушку воздухом с постоянной сушильной способностью; сушку воздухом с изменяющейся сушильной способностью и сушку с предварительной термообработкой сырых изделий.

Трехстадийный режим сушки состоит из следующих этапов: предварительной сушки, отволаживания и окончательной сушки. Предварительная сушка длится от 30 мин до 2 ч. В течение этого времени испаряется от 1/3 до 1/2 влаги, которую необходимо удалить из изделий. Процесс ведут при жестких режимах, так как тесто пластично и нет опасности растрескивания. Цель этой стадии — ускорить сушку, стабилизировать форму сырых изделий, предотвратить их вытягивание, плесневение и закисание.

Содержание влаги в тесте, выходящем из камеры предварительной сушки, должно быть не ниже 20 %. Образовавшаяся на поверхности корочка может вызвать растрескивание продукта при дальнейшей сушке. Для размягчения корочки изделия направляются на отволаживание — обдувку горячим воздухом с относительной влажностью 90...100 %. При этом испарения влаги с поверхности практически не происходит, а подведенная теплота расходуется на прогрев изделий, выравнивание влажности во внутренних и наружных слоях макаронной трубки.

Окончательную сушку ведут при мягких режимах, так как изделия приобретают упругие свойства и скорость испарения влаги с их поверхности должна быть соизмерима со скоростью ее подвода из внутренних слоев к наружным. На этом этапе последовательно чередуют процессы сушки и отволаживания, причем отношение продолжительности сушки ко времени отволаживания составляет примерно 1 : 2,5.

Подобный способ применяется для сушки длинных изделий в подвесном состоянии на автоматизированных линиях ЛМБ, Б6-ЛМВ, Б6-ЛМГ и линиях зарубежных фирм («Брайбанти», «Паван» и др.). Развешенные на бастуны изделия перемещаются в тоннельных сушилках и обдуваются воздухом. Параметры сушильного воздуха в предварительной сушилке зависят от вида изделий (температура 35...45 °С, относительная влажность 65...75 %). Окончательная сушилка представляет собой тоннель, разделенный по длине на зоны сушки и зоны отволаживания. В зонах сушки установлены калориферы для подогрева воздуха и вентиляторы. Температура воздуха в зонах окончательной сушки 35...45 °С, относительная влажность 70...85 %. По высоте тоннель окончательной сушилки разделен на несколько ярусов, по которым последовательно проходят бастуны с изделиями, пересекая поочередно зоны сушки и отволаживания.

Способ сушки воздухом с постоянной сушильной способностью предусматривает примерное постоянство параметров воздуха

от начала до конца сушки. Недостаток этого способа — необходимость вести сушку при высокой сушильной способности, что может привести к растрескиванию изделий. Однако этот способ широко применяется на фабриках для сушки макарон в кассетах в бескалориферных сушилках. Сушка ведется путем продувки через макаронные трубки воздуха, забираемого из помещения цеха. Параметры воздуха поддерживаются на постоянном уровне при помощи приточно-вытяжной вентиляции. Продолжительность сушки 20...24 ч. Для равномерного высушивания направление воздуха меняют каждый час на противоположное.

Сушка с изменяющейся сушильной способностью воздуха применяется в современных ленточных конвейерных паровых сушилках непрерывного действия КСА-80, СПК-30, СПК-45, СПК-90, используемых для сушки коротких изделий. Сушилка подобного типа представляет собой тоннель, внутри которого друг над другом располагаются четыре или пять транспортеров с находящимися на них изделиями. Транспортеры движутся в противоположных направлениях, при этом продукт последовательно пересыпается с верхних лент на нижние и обдувается воздухом, нагретым в калориферах. Калориферы располагаются между верхней и нижней лентами каждого транспортера. Продолжительность сушки 30...90 мин в зависимости от размера изделий. Свежий воздух подогревается нижним калорифером до 50...60 °С и имеет относительную влажность 15...20 %. Проходя через слой изделий на нижней ленте, воздух отдает часть теплоты и увлажняется. Поднимаясь вверх, он подогревается вторым калорифером до той же температуры, проходит через слой изделий на следующей ленте и т. д. В результате на выходе из сушилки его температура достигает 40...50 °С, а относительная влажность — 50...60 %, т. е. сушка ведется воздухом с меняющейся сушильной способностью. Для смягчения режима сушки и повышения качества изделий устанавливают последовательно две сушилки. Первая выполняет роль предварительной, а вторая — окончательной сушилки. Общая продолжительность сушки 1...3 ч, в том числе в предварительной камере 0,5 ч. Аналогичный режим используется в автоматизированных линиях для сушки коротких изделий, в которых кроме предварительной и окончательной сушилок предусмотрена установка для первичной подсушки (трабатто или виброподсушиватель). Эта установка представляет собой ряд сетчатых рамок, совершающих возвратно-поступательное движение, что обеспечивает последовательное перемещение сырых изделий с верхних рамок на нижние. При этом они обдуваются горячим воздухом и за 2...3 мин теряют 1,5...2,5 % влаги. На поверхности сырых изделий образуется корочка, предотвращающая их слипание во время последующего высушивания в слое на лентах сушилки. В этом случае сушку ведут при мягком режиме, что улучшает качество продукта.

В настоящее время кроме традиционных низкотемпературных режимов высушивания (температура сушильного воздуха не превышает 60 °С) используют:

высокотемпературные (ВТ) режимы, когда температура воздуха на определенном этапе сушки колеблется от 70 до 90 °С;

сверхвысокотемпературные (СВТ) режимы, когда температура воздуха превышает 90 °С.

При использовании ВТ- и СВТ-режимов сушки макаронные изделия остаются в пластичном состоянии до влажности 16...13 % (в зависимости от температуры воздуха). В этом случае момент перехода материала из пластичного состояния в упругое снижается практически до величины влажности готовых изделий. Поэтому появляется возможность использования таких режимов на всем протяжении сушки, значительно сокращая ее длительность (примерно на 40 %). Однако во избежание растрескивания высушенных изделий особенно тщательно надо проводить стабилизацию и охлаждение изделий, т. е. температура и влажность воздуха на данной стадии должны соответствовать равновесной влажности изделий — 13 %.

Использование ВТ- и СВТ-режимов сушки улучшает внешний вид изделий, их варочные свойства, уменьшает микробиологическую обсемененность продукта.

К СВТ-режимам относится сушка с предварительной термообработкой сырых изделий перед сушкой. Этот способ заключается в обдувке трубчатых изделий паровоздушной смесью температурой 95...98 °С и относительной влажностью 95 % в течение 2 мин и коротких изделий сухим паром температурой 120...180 °С в течение 30 с с последующей сушкой воздухом с постоянной сушильной способностью. Такая тепловая обработка ведет к денатурации белков и клейстеризации крахмала, что ускоряет процесс удаления влаги, сокращает время сушки и дает возможность на последующих этапах применять жесткие режимы обезвоживания без опасения появления трещин.

В последние годы наряду с производством традиционных видов макаронных изделий получили распространение новые технологии, в частности производство быстрорастворимых изделий и изделий, не требующих варки. К первому виду относят изделия, которые варят в кипящей воде не более 3...5 мин, а ко второму — такие изделия, для доведения которых до готовности достаточно выдержать их 3...5 мин в горячей воде температурой не менее 80...85 °С. Для получения быстрорастворимых изделий применяют частичную гиротермическую обработку их после прессования или подсушку с последующей сушкой до стандартной влажности. Такая обработка ведет к частичной денатурации белков и частичной клейстеризации крахмала, т. е. к предварительной частичной варке изделий, что снижает продолжительность варки в процессе приготовления.

## 21.8. ОХЛАЖДЕНИЕ, УПАКОВЫВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Температура макаронных изделий на выходе из сушилки примерно равна температуре сушильного воздуха. Перед упаковыванием изделия необходимо медленно охладить в течение не менее 4 ч до температуры упаковочного отделения за счет омывания воздухом с относительной влажностью 60...65 % и температурой 25...30 °С. При этом происходит стабилизация изделий: окончательно выравнивается влажность по всей толщине продукта, рассасываются внутренние напряжения сдвига, которые могли остаться после интенсивной сушки изделий, и снижается масса изделий за счет испарения 0,5...1 % влаги.

В поточных линиях стабилизацию и охлаждение изделий проводят в стабилизаторах-накопителях, где одновременно создается запас 12-часовой выработки высушенных изделий. В остальных случаях используют виброохлаждители.

Процесс упаковывания состоит из подачи изделий на упаковочные столы или в бункера; сортировки, проверки их на магнитных сепараторах; укладки в тару, включая уплотнение на вибраторе; взвешивания и маркировки.

Макаронные изделия выпускают в упакованном и фасованном виде. Фасование, т. е. упаковывание в потребительскую (мелкую) тару, проводят на автоматах или вручную. К потребительской таре относятся коробочки из картона или плотной бумаги, пакеты из полиэтиленовой пленки или из термосклеивающегося целлофана, а к наружной — короба из гофрированного или литого картона, ящики фанерные и дощатые и четырехслойные бумажные крафт-пакеты.

Макаронные изделия следует хранить в складских помещениях на стеллажах или поддонах при температуре 16...18 °С и относительной влажности воздуха не более 70 %. Эти помещения должны быть чистыми, сухими, защищенными от воздействия атмосферных осадков, не зараженными вредителями хлебных запасов. Изделия нельзя хранить с товарами, имеющими специфический запах, так как они могут впитать этот запах.

Качество макаронных изделий должно удовлетворять следующим требованиям: они должны иметь правильную форму, гладкую поверхность, быть стекловидными в изломе, однотонными по цвету с кремовым или желтоватым оттенком. Содержание влаги в макаронных изделиях должно быть не более 13 %, кислотность — не более 3°, а для изделий с томатопродуктами — не более 10°. Кроме того, для определения качества макаронных изделий необходимо определять следующие показатели: прочность, содержание лома, крошки и деформированных изделий, наличие металлопримесей и мучных вредителей, состояние изделий после варки.



## 21.9. УЧЕТ РАСХОДА СЫРЬЯ

Одним из важных показателей работы макаронной фабрики является расход сырья в соответствии с установленными нормами, т. е. максимально допустимыми затратами на выработку единицы продукции. В макаронной промышленности норма расхода сырья определяется количеством сырья (муки и добавок), требуемого для изготовления 1 т макаронных изделий влажностью 13 %.

Норма расхода сырья зависит от технологических затрат и потерь (учтенных и безвозвратных):

$$H_c = Z_t + P_y + P_b,$$

где  $H_c$  — норма расхода сырья на 1 т изделий, кг;  $Z_t$  — технологические затраты сырья, кг/т;  $P_y$  и  $P_b$  — соответственно учтенные и безвозвратные потери сырья, кг/т.

К учтенным потерям относится санитарный брак муки, полуфабрикатов и готовой продукции, непригодный к повторной переработке; к безвозвратным потерям относят такие виды потерь, которые не входят в конечный результат и не могут быть собраны в виде отходов (распыл муки, потери теста при чистке матриц и пр.). При производстве макаронных изделий установлены предельно допустимые нормы учтенных и безвозвратных потерь муки. При установлении плановой нормы расхода муки исходят из базисной влажности муки, равной 14,5 %.

### *Контрольные вопросы*

1. Чем макаронная мука отличается от хлебопекарной?
2. Какие существуют типы замеса макаронного теста (по температуре и влажности) и в каких случаях применяется тот или иной тип замеса?
3. Какие изменения происходят в макаронном тесте при прессовании его через матрицу?
4. Что представляет собой матрица с вкладышем и где она применяется?
5. Для чего проводят разделку макаронного теста и чем отличается разделка длинных изделий от разделки короткорезанных макаронных изделий?
6. В чем особенности высушивания макаронного теста?
7. Что такое трехстадийный режим высушивания? В чем сущность отволаживания изделий?
8. Для чего устанавливают стабилизаторы и какие процессы в них протекают?

## Глава 22 ТЕХНОЛОГИЯ САХАРА

Сырьем для производства сахара в промышленных масштабах служат сахарный тростник и сахарная свекла. Сахарный тростник принадлежит к семейству Злаковые и возделывается на Кубе, в Мексике, Индии, Австралии и других странах жаркого климата.

Сейчас две трети сахара в мире вырабатывается из сахарного тростника. Это могучий злак до 6 м высотой и толщиной 50 мм. Содержание сахарозы в стеблях тростника несколько ниже, чем в сахарной свекле, но из-за более высокой урожайности данной культуры по сравнению с сахарной свеклой с 1 га сахарного тростника получают почти в 2 раза больше сахара, чем из свеклы. В России источником промышленного производства сахара является сахарная свекла.

## 22.1. ПОЛУЧЕНИЕ САХАРА-ПЕСКА

Сахарное производство — крупнейшая отрасль пищевой промышленности, выпускающая сахар-песок и сахар-рафинад. В настоящее время в Российской Федерации работает 95 свеклосахарных заводов. Это крупные предприятия, перерабатывающие в среднем 3 тыс. т свеклы в сутки. На всех сахарных заводах принята и действует типовая технологическая схема получения сахара-песка с непрерывным обессахариванием свекловичной стружки, известково-углекислотной очисткой диффузионного сока, тремя кристаллизациями и аффинацией желтого сахара III кристаллизации. Принципиальная технологическая схема производства сахара-песка из свеклы показана на рис. 22.1.

### 22.1.1. ХАРАКТЕРИСТИКА САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

Сахарная свекла принадлежит к ботаническому семейству Маревые. Это двулетнее засухоустойчивое растение. В первый год из семян вырастает корнеплод с розеткой листьев и мощной корневой системой. В следующем году из высаженных в почву корнеплодов вновь вырастают листья, стебель, цветы и семена. Для производства сахара используют корнеплоды первого года вегетации. Корнеплод сахарной свеклы представляет собой мясистую, сильно уплотненную часть корневой системы. Масса корнеплодов составляет в среднем 200...500 г. Мякоть корнеплода состоит из множества микроскопических клеток, выполняющих различную роль. Перидерма (наружная защитная ткань корнеплода) состоит из плотных, непроницаемых для влаги клеток, обладающих естественным иммунитетом, а основная (паренхимная) ткань корня — из клеток, в которых содержится свекловичный сок и другие растворимые в воде вещества. Чтобы извлечь сахар из клетки, необходимо прогреть протоплазму до температуры денатурации белка (выше 60 °С).

Химический состав корнеплода сахарной свеклы (рис. 22.2) зависит от сорта свеклы, условий ее выращивания и хранения. В корнеплоде сахарной свеклы содержится 20...25 % сухих веществ,

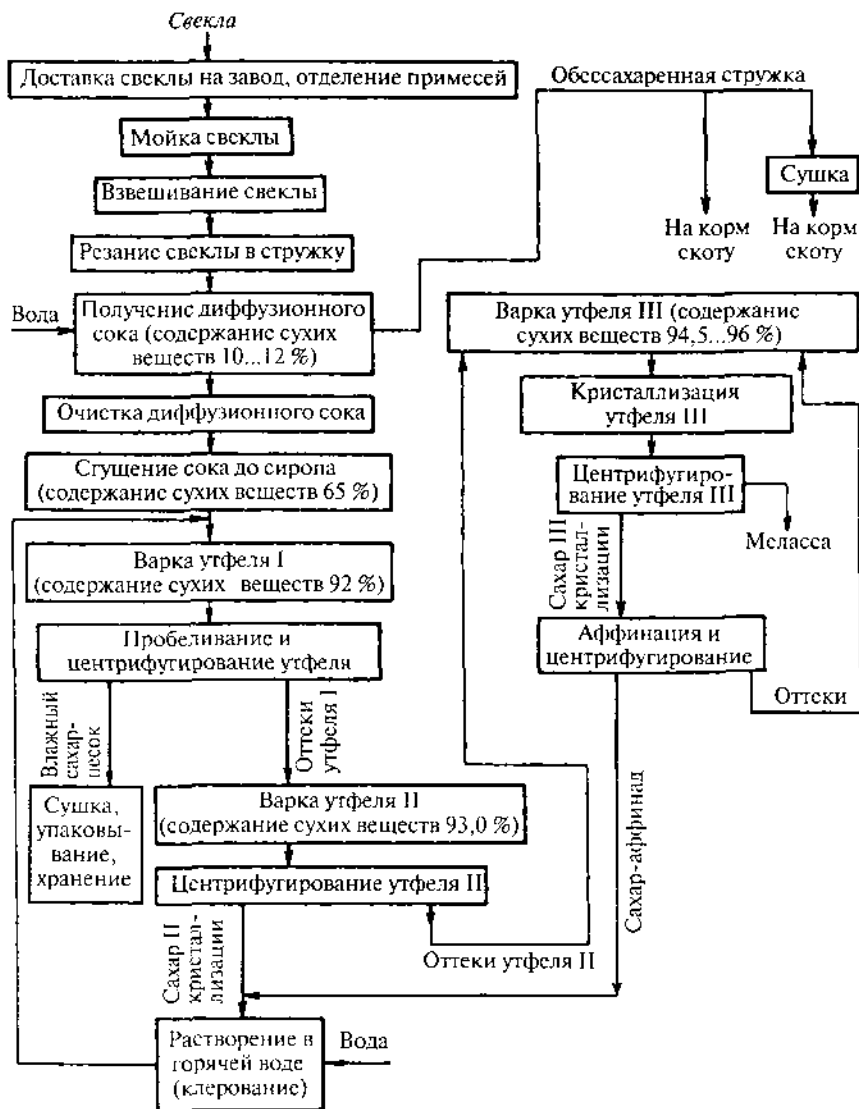


Рис. 22.1. Принципиальная технологическая схема получения сахара из свеклы

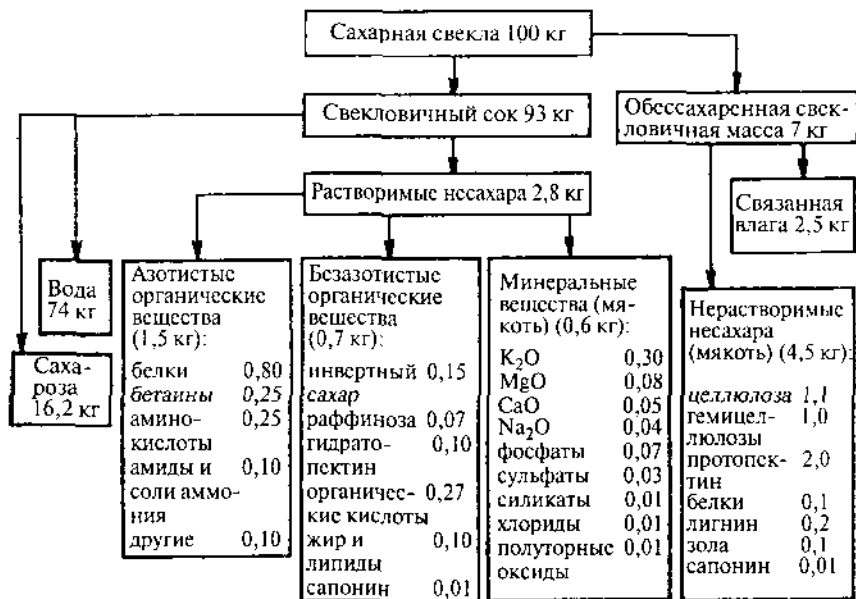


Рис. 22.2. Примерный химический состав корнеплодов сахарной свеклы

которые в сахарном производстве условно делят на сахара и несахара. Под *несахарам* понимают все растворимые и нерастворимые сухие вещества свеклы, кроме сахарозы. Содержание сахарозы в корнеплоде сахарной свеклы колеблется от 14 до 18%. Например, в 100 кг сахарной свеклы часть воды (примерно 2,5 кг) прочно удерживается коллоидами, а 74 кг воды являются растворителем для 16,2 кг сахарозы при ее сахаристости 16,2% и 2,8 кг несахаров сока. В 100 кг свеклы содержится 93 кг свекловичного сока. В свекловичном соке содержится сахарозы 17,4% ( $16,2 \cdot 100 : 93 = 17,4\%$ ), несахаров 3% ( $2,8 \cdot 100 : 93 = 3\%$ ). Общее количество сухих веществ в соке равно  $17,4 + 3 = 20,4\%$ . *Чистота сока*, под которой понимают процентное отношение сахарозы к массе сухих веществ сока, равна  $17,4 \cdot 100 : 20,4 = 85,29\%$ . В 100 кг свеклы (в основном в соке и мякоти) содержится в сумме 2,8 кг растворимых несахаров. Они представлены азотистыми органическими веществами (1,5 кг), безазотистыми органическими веществами (0,7 кг) и минеральными веществами (0,6 кг). А нерастворимых несахаров содержится 4,5 кг. Они представлены целлюлозой — 1,1 кг, гемицеллюлозой — 1,0 кг, протопектином — 2,0 кг, белками — 0,1 кг, лигнином — 0,2 кг, золой — 0,1 кг и сапонином — 0,01 кг.

## 22.1.2. ПРИЕМ И ХРАНЕНИЕ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

Период уборки сахарной свеклы составляет в среднем 40...50 сут. Сахарные заводы работают 110...150 сут в году, поэтому около 60 % убранный свеклы приходится длительное время хранить. Свеклу хранят в трапецеидальных кучах — кагатах, в которые свеклу укладывают кагатоукладчиками. Длина кагата от 50 до 100 м, высота от 2 до 5, ширина от 8 до 18 м. При приеме сахарной свеклы и закладке ее в кагаты определяют соответствие свеклы (ее физическое состояние, спелость и общая загрязненность) требованиям стандарта и закладывают в кагаты на разные сроки хранения. В кагаты длительного хранения направляется свежая, здоровая свекла без механических повреждений, с минимальным количеством примесей. Здоровые корнеплоды свеклы обладают естественным иммунитетом. При механическом повреждении корнеплодов и нарушении правильных режимов их хранения фитопатологические потери могут быть весьма значительны. Поэтому поврежденную свеклу сразу направляют на переработку. В процессе хранения свекла дышит. На интенсивность дыхания оказывают влияние температура хранения, физическое состояние корнеплодов, влажность воздуха, способ и продолжительность хранения. При аэробном дыхании корнеплоды обеспечивают себя необходимой для жизненных процессов энергией, окисляя значительно меньше сахара, чем при анаэробном дыхании. Следовательно, принудительное вентилирование кагатов, обеспечивающее более эффективное в энергетическом отношении аэробное дыхание, предохраняет корнеплоды от излишней потери сахара. Оптимальная температура хранения свеклы 0...2 °С. При повышении температуры интенсивность дыхания значительно возрастает, поэтому длительное хранение свеклы в послеуборочный период экономически невыгодно. Во избежание подмораживания боковые поверхности кагатов среднего и длительного сроков хранения укрывают теплоизоляционными материалами. В районах с устойчивыми морозами (север центральной части России, Башкирия, Поволжье и др.) в зимнее время свеклу замораживают в кагатах и тщательно укрывают для предотвращения ее оттаивания. Такая свекла не дышит и может сохраняться без потерь в течение длительного времени. Для обеспечения бесперебойной работы и создания 1...2-суточного запаса свеклы завод имеет бурачную, откуда свекла гидравлическим транспортом подается в производство.

## 22.1.3. ДОСТАВКА СВЕКЛЫ НА ЗАВОД И ОТДЕЛЕНИЕ ПРИМЕСЕЙ

Свекла поступает в производство по гидротранспортеру, который представляет собой желоб, выполненный из стали, бетона, кирпича или другого материала и имеющий уклон в сторону заво-

да. Свекловодяная смесь по желобу под избыточным давлением 0,2...0,3 МПа с помощью гидрантов направляется на завод. Расход воды составляет 600...700 % к массе свеклы. Свекла, поступающая на переработку, содержит от 5 до 15 % примесей: ботвы, песка, камней, земли. Отделению примесей на заводе придается большое значение, так как они, ухудшая работу оборудования и снижая количество диффузионного сока, резко увеличивают потери сахара. Отделение примесей начинается в гидротранспортере, который снабжается для этой цели устройствами-ловушками (ботвосоломо-, песко- и камнеловушками). При движении свеклы и примесей по гидротранспортеру происходит их разделение по высоте потока. Благодаря различной плотности тяжелые примеси (камни и песок) оседают преимущественно на дне, свекла, имеющая плотность, близкую к единице, находится во взвешенном состоянии в смеси с водой, а легкие примеси (сорняки, ботва и солома) — в верхних слоях потока. Ботвосоломолушки предназначены для удаления легких плавающих примесей. Их устанавливают на металлическом желобе гидротранспортера. Рабочей частью ботвосоломолушек служат две тяговые цепи, натянутые на звездочки и соединенные между собой валиками. К валикам крепятся зубчатые грабли для захвата ботвы и соломы, которые погружаются в поток воды на глубину 150...200 мм и движутся навстречу свекловодяной смеси, захватывая легкие примеси и сбрасывая их в специальный приемник. Для улавливания тяжелых примесей используют противоточные барабанные камнеловушки, принцип действия которых основан на гидравлическом разделении смеси примесей с различной плотностью. Камнеловушка представляет собой ситчатый вращающийся барабан, на внутренней и внешней сторонах которого расположены винтовые лопасти. Свекла и тяжелые примеси гидротранспортером подаются в камнеловушки, скорость потока в которых снижается, камни оседают и передвигаются внутренними винтовыми лопастями навстречу потоку в специальный приемник, мелкие примеси (песок), прошедшие через ситчатую поверхность барабана, перемешаются внешними винтовыми лопастями в том же направлении, а свекла остается во взвешенном состоянии и проходит дальше по гидротранспортеру. Камнеловушки обеспечивают отделение 98 % крупных примесей и около 92 % мелких, работают непрерывно и не требуют дополнительного расхода воды.

#### 22.1.4. МОЙКА СВЕКЛЫ

Процессу мойки придается большое значение, так как оставшиеся примеси загрязняют диффузионный сок и ухудшают работу свеклорезок. Для этой цели применяют кулачковые моечные ма-

шины различных систем: с высоким и низким уровнем воды, а также моечные машины комбинированного типа.

Наибольшее распространение получили свекломоечные машины КМЗ-57М с высоким уровнем воды производительностью 1,5 тыс. т свеклы в сутки. Моечная машина (рис. 22.3) представляет собой корытообразную емкость 1, разделенную перегородкой 4 на два отделения: моечное и выбрасывающее.

В моечном отделении расположены шнек 2 для подачи и равномерного распределения свеклы и вал с кулачками 3 для ее интенсивного перемешивания и продвижения. Уровень воды в моечном отделении на 300...400 мм выше уровня вала, что позволяет удалить всплывающие легкие примеси. Машина снабжена также песколовушками 10 и камнеловушками 11. Свекла из моечного отделения через отверстие в перегородке 4, регулируемое шибером 5, попадает в выбрасывающее отделение. Оно, в свою очередь, перегородками 7 и 8 делится на три секции. Из первой секции свекла ковшами 6 перебрасывается во вторую секцию, из нее через отверстие в перегородке 8 в третью и затем ковшами 9 выбрасывается на водоотделитель. Эффект отмыwania свеклы в машине КМЗ-57М составляет 50 %. Для повышения эффективности отмыwania свеклы в последнее время используют струйные мойки, принцип работы которых заключается в отмывании свеклы слоем в один корнеплод водой под давлением 1 МПа.

После мойки свеклу направляют на электромагнитный сепаратор для удаления металлопримесей, взвешивают на автоматических весах и подают в бункер для последующего измельчения в стружку.

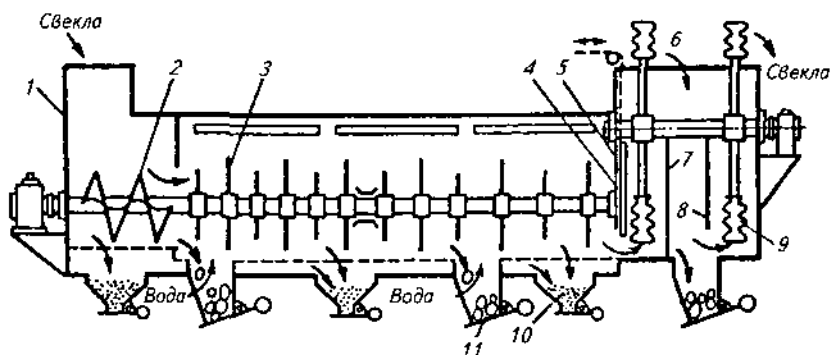


Рис. 22.3. Свекломоечная машина КМЗ-57М

## 22.1.5. ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ СВЕКЛЫ В СТРУЖКУ

Для извлечения сахара из свеклы экстракционным способом свеклу измельчают в тонкую стружку различной формы: желобчатую, пластинчатую, ромбовидную и др. Экстракцию сахарозы из стружки проводят в непрерывнодействующих диффузионных аппаратах. Качество стружки существенным образом влияет на работу диффузионной установки и оценивается длиной 100 г стружки в метрах (число Силина) или отношением массы стружки длиной более 5 см к массе стружки длиной менее 1 см (шведский фактор), а также содержанием в стружке брака. В непрерывнодействующих диффузионных аппаратах используется свекловичная стружка, длина 100 г которой составляет 9...15 м, а шведский фактор не ниже 8 (8...12). Более тонкая стружка будет быстро измельчаться и забивать ситовые поверхности, снижая дренажность сокостружечной смеси и выход сока. Допустимое количество брака в стружке не должно превышать 3%. Браком считаются неразрезанные гребешки и стружка короче 5 мм или толщиной менее 0,5 мм. Оптимальной является стружка ромбовидного или квадратного сечения, ее качество выше, чем стружки желобчатой или пластинчатой. Для получения свекловичной стружки используют центробежные, дисковые или барабанные свеклорезки. В центробежных свеклорезках (рис. 22.4) рамы с ножами 3 закреплены в корпусе 1 вертикально. Ножи 3 неподвижны, и в случае необходимости их можно менять на ходу, не останавливая свеклорезку. Свекла поступает во вращающийся ротор-улитку 2 свеклорезки, центробежной силой прижимается к ножам и режется в стружку.

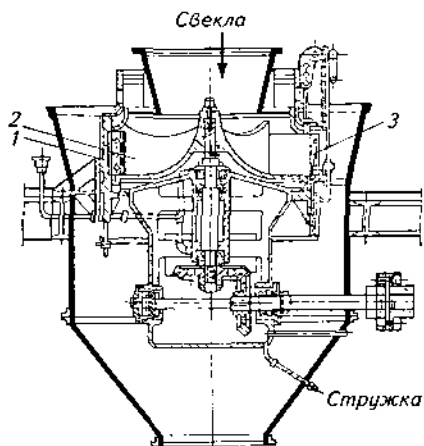


Рис. 22.4. Центробежная свеклорезка

Барабанная свеклорезка представляет собой вращающийся на горизонтальном валу барабан с 8 или 12 ножевыми рамами, в каждой из которых закреплено по 6 ножей. Внутри барабана установлена неподвижная улитка. Попадая в барабан, свекла улиткой прижимается к ножам и изрезывается в стружку. В отличие от центробежных барабанные свеклорезки расходуют меньше электроэнергии и дают стружку лучшего качества с меньшим содержанием брака. В дисковых свеклорезках ножи крепятся на горизонтально установленном диске, вращающемся в неподвижном корпусе. При



работе свеклорезки свекла плотно прижимается к ножам и изрезывается в стружку. Менять ножи можно только после полной остановки машины.

### 22.1.6. ПОЛУЧЕНИЕ ДИФфуЗИОННОГО СОКА

*Экстракцией* называется извлечение из сложного по составу сырья с помощью растворителя одного или нескольких компонентов. Сахароза и другие вещества находятся в свекловичной стружке в растворенном состоянии. Вместе с сахарозой, экстрагируемой практически полностью, в диффузионный сок переходит большая часть несахаров, но некоторое их количество остается в клетках мякоти свеклы. В этом заключается преимущество экстракционного процесса извлечения сахарозы перед прессовым способом. В свеклосахарном производстве процесс экстракции принято называть *диффузией*. Движущей силой диффузии является градиент концентрации веществ в соприкасающихся фазах, в результате чего возникает направленный поток вещества, способствующий выравниванию концентрации. К описанию диффузионного процесса применима теория массообмена (см. гл. 7). Диффузия может быть описана с помощью первого закона А. Фика, который устанавливает связь между количеством экстрагируемого вещества и основными параметрами процесса. Приняв за основу закон диффузии, П. М. Силин создал теорию противоточной экстракции сахара из свекловичной стружки, позволяющую количественно оценить влияние температуры, размера стружки, продолжительности диффузии и других факторов на процесс извлечения сахарозы из свекловичной стружки и определить ее потери в обессахаренной стружке (жоме). Из 100 кг стружки получают 115...125 кг диффузионного сока. Подобное ограничение вызвано тем, что с увеличением расхода воды на обессахаривание стружки возрастают расходы топлива и электроэнергии на последующее ее выпаривание при сгущении сока. Увеличение продолжительности экстракции способствует не только более полному переходу сахарозы из стружки в диффузионный сок, но также переходу в сок несахаров свеклы, что нежелательно, так как возрастает пептизация нерастворимого пектина и др. Поэтому длительность экстракции целесообразно ограничивать за счет использования качественной стружки оптимальной длины (в 100 г), облегчающей извлечение диффузионного сока. Длительность пребывания стружки в диффузионных аппаратах непрерывного действия в связи с необходимостью использования более грубой свекловичной стружки составляет нормативно 70...80 мин. В активной части диффузионной установки поддерживают температуру 70...75 °С, так как при температуре выше 75 °С происходит быстрое набухание пектиновых веществ, снижается упругость стружки и пектин переходит в растворимое состояние, а при температуре

ниже  $70^{\circ}\text{C}$  интенсивно развиваются микроорганизмы, приводящие к увеличению потери сахара.

В настоящее время в свеклосахарном производстве сахар извлекают из свеклы в диффузионных аппаратах, в которых свекловичная стружка и диффузионный сок находятся в непрерывном противоточном движении (рис. 22.5). Технологический процесс полностью автоматизирован, а потери сахара в стружке минимальны и составляют  $0,25...0,3\%$  к массе свеклы. Стружка свеклы с концентрацией сахара  $C$  поступает в головную часть аппарата  $A$  и движется к хвостовой его части  $B$ , отдавая сахар в движущийся навстречу растворитель (вода, диффузионный сок). Во всех частях аппарата успешно идет процесс диффузии, так как разность концентраций сохраняется. В хвостовой части аппарата в стружке остается очень мало сахара, но диффузия продолжается, так как сюда поступает вода с нулевой концентрацией сахара. В головной части аппарата разницу концентраций ( $C_2 - c_2$ ) увеличивают снижением величины  $c_2$  за счет повышения откачки сока. В результате противоточной экстракции можно извлечь из стружки максимум сахара.

В настоящее время на сахарных заводах работают колонные (вертикальные) и наклонные ротационные шнековые экстракторы непрерывного действия. В колонной диффузионной установке КДА (рис. 22.6) свекловичная стружка подается в теплообменную часть ошпаривателя  $I$ , где она нагревается и предварительно ошпаривается диффузионным соком, выходящим из аппарата, температурой  $72^{\circ}\text{C}$ . Сок при этом охлаждается до  $45...55^{\circ}\text{C}$  и направляется на очистку известью. В мешалку ошпаривателя подается другая часть диффузионного сока температурой  $85^{\circ}\text{C}$ . Полученная сокостружечная смесь температурой  $75^{\circ}\text{C}$  подается насосом снизу в колонный диффузионный аппарат  $3$  и перемещается вверх навстречу воде с помощью вращающегося вала с лопастями и неподвижных контроластей, находящихся внутри аппарата. Извлечен-

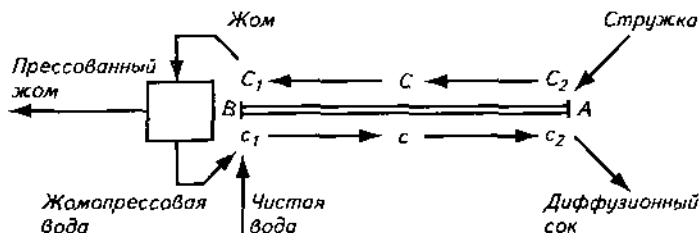


Рис. 22.5. Схема противоточного обессахаривания свекловичной стружки с возвратом жомапрессованной воды:

$C_2$ ,  $C_1$ ,  $c_1$ ,  $c_2$  — концентрация сахарозы соответственно в свекловичной стружке, жоме, экстрагенте и диффузионном соке

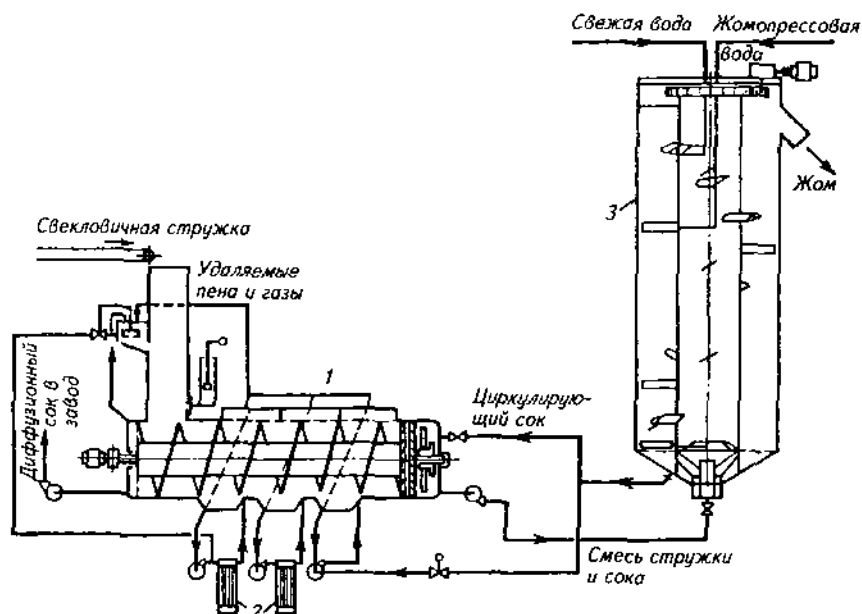


Рис. 22.6. Диффузионная установка КДА:

1 — ошпариватель; 2 — подогреватель; 3 — вертикальный колонный диффузионный аппарат

ный из стружки диффузионный сок через ситовую поверхность выходит из нижней части колонны и делится на два потока: первый идет через теплообменник в ошпариватель, а второй — в теплообменную часть ошпаривателя, минуя теплообменник. Обессахаренная стружка (жом) выгружается из верхней части аппарата, направляется в шнековый водоотделитель, а затем в вертикальный жомовый пресс. Выделенная при этом вода очищается на мезголоушках, подогревается, стерилизуется и подается в диффузионный аппарат. Свежая вода раздельно или вместе с жомпрессовой водой, подогретая до температуры  $72^{\circ}\text{C}$ , сульфитируется при помощи сернистого газа до рН 5,5...6,0 и подается в верхнюю часть диффузионного аппарата. Колонные диффузионные установки работают устойчиво при обессахаривании стружки длиной 100 г 11...13 м и с шведским фактором 8...12. Отбор диффузионного сока в данном аппарате составляет 120...125 % к массе свеклы. Длительность активной диффузии 75...80 мин при температуре  $74...75^{\circ}\text{C}$ .

В сахарной промышленности используют два типа наклонных шнековых диффузионных аппаратов: ПДС и ДДС. Регламентиру-

емые параметры работы аппарата ПДС: длина 100 г стружки 15...18 м, отбор сока 120...125 % к массе свеклы; длительность активной диффузии 60...65 мин; средняя температура сокоотружечной смеси 70 °С. Наиболее существенным недостатком работы наклонных шнековых диффузионных аппаратов является неравномерный прогрев стружки по поперечному сечению аппарата.

### 22.1.7. ОЧИСТКА ДИФфуЗИОННОГО СОКА

Полученный диффузионный сок содержит 16...17 % сухих веществ, в том числе 14...15 % сахарозы и около 2 % несахаров. Он имеет почти черный цвет, кислую реакцию (рН 6,0...6,5), сильно пенится, содержит обрывки клеточных тканей, хлопья скоагулированного белка, растворимые несахара, мешающие кристаллизации сахарозы и увеличивающие ее потери с мелассой. В связи с этим получить из него сахар путем непосредственного выпаривания воды и кристаллизации сахарозы невозможно. Поэтому важнейшей задачей является удаление из диффузионного сока несахаров. Принципиальная технологическая схема очистки диффузионного сока приведена на рис. 22.7.

После отделения мезги диффузионный сок подвергают многостадийной очистке, первым этапом которой является дефекация диффузионного сока. *Дефекация* — это обработка сока известью. Дефекация включает два этапа: предварительная и основная дефекация. Предварительная дефекация заключается в том, что в подогретый до 85...90 °С диффузионный сок вводят известь (в качестве носителя извести кроме известкового молока,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , используют сок I сатурации и дефекованный сок). Процесс ведут до достижения рН сока 10,8...11,6. После чего проводят основную дефекацию, добавляя в сок в избытке известковое молоко. При этом значение рН увеличивается до 12,2...12,3. Под действием извести происходит коагуляция высокомолекулярных веществ, разложение некоторых несахаров, нейтрализация кислоты с образованием солей кальция. *Дефекованный сок подвергают обработке диоксидом углерода*, в результате чего известь превращается в карбонат кальция, который выпадает в осадок, адсорбируя на своей поверхности несахара (I сатурация). Осадок карбоната кальция и осажденные на преддефекации несахара отделяют отстаиванием или фильтрованием сока. Фильтрованный сок подогревают и сатируют повторно (II сатурация). На II сатурации происходит дополнительная физико-химическая очистка сока и максимально возможное удаление извести. После II сатурации сок фильтруют и сульфитируют.

**Предварительная дефекация диффузионного сока.** Процесс заключается в осторожном воздействии небольшого количества извести на диффузионный сок с целью максимального осаждения ве-

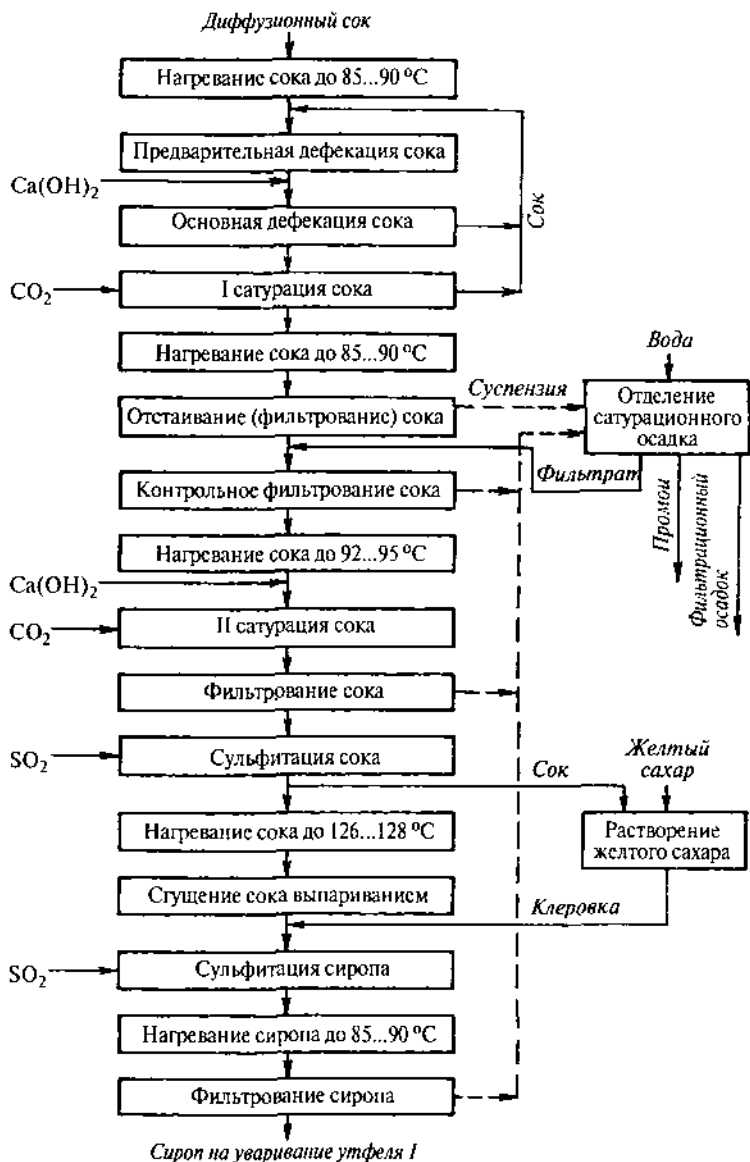


Рис. 22.7. Принципиальная технологическая схема очистки диффузионного сока

шесть коллоидной степени дисперсности и высокомолекулярных соединений, нейтрализации и осаждения ряда кислот в виде кальциевых солей, а также получения осадка, устойчивого на основной дефекации. На этой стадии расходуют 0,2...0,3 % извести к массе свеклы. Максимум коагуляции несахаров наблюдается в интервале рН 10,8...11,6. Таким образом, создаются оптимальные условия для максимального осаждения несахаров диффузионного сока. Преддефекованный осадок при дальнейшем добавлении остатальной извести в процессе основной дефекации практически не растворяется. Предварительную дефекацию можно проводить введением всей извести, необходимой для достижения оптимального значения рН, за один прием (*оптимальная предварительная дефекация*) или постепенно, равномерно, в течение 20...30 мин так, чтобы рН плавно повышался до оптимального значения (*прогрессивная преддефекация*). В зависимости от температуры диффузионного сока, в который вводится известь, различают холодную, теплую и горячую преддефекацию. В первом случае гидроксид кальция  $[(Ca(OH)_2]$  подают в диффузионный сок температурой до 50 °С, во втором случае — температурой 50...60 °С, а при горячей преддефекации сок нагревают до 85...88 °С. Выбор режима проведения преддефекации обусловлен качеством перерабатываемой свеклы. Так, при переработке свеклы хорошего качества можно проводить как холодную, так и горячую преддефекацию, но сок, очищенный методом горячей преддефекации, лучше фильтруется. При переработке свеклы низкого качества предпочтительнее холодная (теплая) преддефекация, так как при этом в сок переходит меньше продуктов распада белков и пектиновых веществ. На сахарных заводах используется типовая технологическая схема очистки диффузионного сока с холодной прогрессивной преддефекацией, с комбинированной холодно-горячей основной дефекацией перед I сатурацией и дополнительной горячей дефекацией перед II сатурацией. Согласно схеме (см. рис. 22.7) диффузионный сок после отделения мезги поступает в преддефекатор, в котором медленно смешивается с суспензией осадка сока II или I сатурации и известковым молоком до достижения рН 10,8...11,6. Общий расход извести составляет 0,2...0,3 % СаО к массе свеклы. Под действием извести в соке происходит нейтрализация кислот, коагуляция веществ коллоидной дисперсности и высокомолекулярных соединений, осаждение труднорастворимых солей кальция. Следовательно, на преддефекации стремятся осадить максимальное количество несахаров и получить осадок с определенными свойствами. Оптимальную преддефекацию проводят в вертикальном преддефекторе (рис. 22.8), который состоит из цилиндрического корпуса 3, лопастной мешалки 4, пеносбрасывателя 1 и мешалки для взмучивания осадка 5. Диффузионный сок, сок I сатурации и дефекованный сок по отдельным патрубкам подается в нижнюю часть преддефекатора. Контрлопасти 2 препятствуют круговому

движению сока. Преддефекованный сок отводится через переливную коробку в аппарат основной дефекации. Прогрессивная преддефекация проводится в горизонтальных секционных преддефекаторах.

**Основная дефекация диффузионного сока.** Основную дефекацию проводят сразу же после преддефекации без предварительного фильтрования, нагревая сок до 85...88 °С. В ходе основной дефекации протекают следующие процессы: разложение ряда органических несахаров (амиды кислот, соли аммония, редуцирующие вещества), омыление жиров, доосаждение анионов кислот и создание избытка извести, необходимого для получения достаточного количества карбоната кальция на I сатурации. В результате

разложения амидов (аспарагин, глутамин и др.) выделяется аммиак, в растворе накапливаются растворимые соли кальция, которые ухудшают кристаллизацию сахарозы и приводят к увеличению ее потерь. В результате разложения редуцирующих сахаров образуются органические кислоты: молочная, уксусная, муравьиная и др., которые дают с известью растворимые соли кальция. При омылении жиров образуются мыла, которые выпадают в осадок, и глицерин. Пектиновые вещества разлагаются с образованием метилового спирта, уксусной и полигалактуроновой кислот. Метилловый спирт при последующем выпаривании сока улетучивается, уксусная кислота образует водорастворимую уксусно-кальциевую соль, а полигалактуроновая кислота — труднофильтрующийся слизистый осадок — пектат кальция. Таким образом, в процессе дефекации из несахаров, перешедших в раствор, образуются трудноотфильтровываемые соли кальция и красящие вещества, ухудшающие качество очищенного сока. Основную дефекацию проводят в дефекаторе (рис. 22.9), который представляет собой вертикальный цилиндрический корпус 1 с коническим днищем. Внутри дефекатора расположен вал с лопастными мешалками 4 и 5, вращающимися с частотой 75 мин<sup>-1</sup>, и контролопасть 3, способствующая энергичному перемешиванию сока с известковым молоком. Сок поступает в аппарат снизу вместе с известковым молоком и удаляется из аппарата через верхний патрубок с переливным кар-

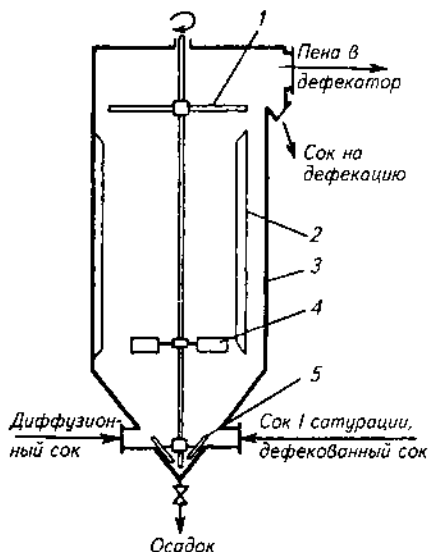


Рис. 22.8. Аппарат для проведения оптимальной преддефекации

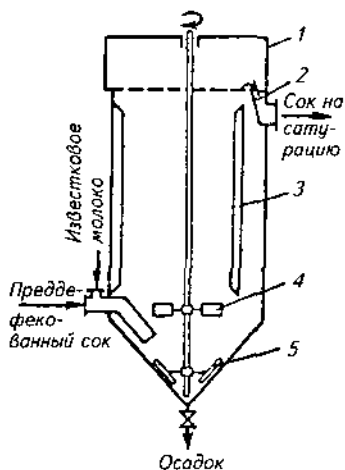


Рис. 22.9. Аппарат для проведения основной дефекации

маном 2. Температуру, дозирование известкового молока и длительность основной дефекации (10 мин) можно регулировать в зависимости от качества перерабатываемого сырья.

**I сатурация.** Сразу же после основной дефекации сок вместе с осадком поступает в сатуратор, где через сок пропускают сатурационный газ, содержащий 30...34 %  $\text{CO}_2$ . В соке, поступающем на I сатурацию, только 0,1 содержащейся извести находится в растворе, а 0,9 — в виде осадка. При продувании диоксида углерода почти вся избыточная известь, проходя через более растворимое сахаратное состояние, выпадает в осадок в виде карбоната кальция. Частицы выпавшего осадка несут на себе положительный заряд и поэтому адсорбируют на своей поверхности все отрицательно заряженные сахара. Избыток извести, добавляемый на дефекации, необходим именно для физико-химической очистки сока: чем больше образуется осадка  $\text{CaCO}_3$  и чем мельче его частицы, тем полнее будет проходить очистка сока. Таким образом, избыток извести, добавляемый на дефекации, позволяет получить большое количество мелкодисперсных частиц карбоната кальция с большой площадью поверхности, что обеспечивает хорошую физико-химическую очистку сока и облегчает его последующее фильтрование. Коэффициент использования сатурационного газа 60...65 %. Величина конечной щелочности сока I сатурации находится в пределах 0,09...0,11 %  $\text{CaO}$ . Недосатурированный сок со щелочностью более 0,15 %  $\text{CaO}$  и pH более 11,5...11,6 характеризуется ухудшенными фильтрационными свойствами. При пересатурации (щелочность менее 0,08 %  $\text{CaO}$  и pH менее 10,4) сок хорошо фильтруется, но из-за пептизации преддефекованного осадка его чистота снижается. I сатурация осуществляется при температуре 80...85 °С. На большинстве заводов ее проводят в одноступенчатом непрерывнодействующем сатураторе (рис. 22.10), который представляет собой цилиндрическую емкость 1 с коническим дном и расширенной верхней частью. В нижней части корпуса сатуратора установлены решетчатые перегородки 2, предназначенные для равномерного распределения по всему объему сатурационного газа, подаваемого снизу. Дефекованный сок поступает на тарелку 3 сверху, навстречу потоку газа. При этом большая часть газа реагирует с известью, образуя кристаллический карбонат кальция. Скорость сатурации влияет на чистоту и фильтрационную способ-



ность сока. Чем она больше, тем мельче частицы осадка и выше их адсорбционная способность. Отсатурированный сок отводится из нижней конической части сатуратора через контрольный переливной ящик 5, поддерживающий определенный уровень сока в аппарате, и с помощью шибера 4 делится на два потока: первый возвращается на преддефекацию, а второй — на фильтрование и последующую обработку.

**II сатурация.** Основная цель проведения II сатурации — снижение в соке концентрации извести и растворимых солей кальция, так как недостаточно полное удаление из сока кальциевых солей приводит к образованию накипи в теплообменных аппаратах и, как следствие, к увеличению расхода теплоты и потерь сахарозы. II сатурацию ведут в аналогичных сатураторах, но с меньшим объемом надсокового пространства, чем при сатурации I, так как на II сатурации сок меньше пенится.

Перед II сатурацией сок нагревают до 93...97 °С и сатируют в течение 10 мин. Процесс ведут до достижения оптимальной щелочности — 0,02...0,03 % СаОН и рН 9,0...9,5. Оптимальная щелочность сока II сатурации соответствует наиболее низкому содержанию в нем солей кальция, зависит от состава несахаров сока и не является величиной постоянной. Коэффициент использования сатурационного газа на II сатурации составляет 50 % из-за меньшей щелочности сока по сравнению с I сатурацией. Далее сок II сатурации подвергают фильтрованию.

**Сульфитация сока (сиропа).** Это последняя стадия очистки диффузионного сока. Она состоит в обработке фильтрованного сока II сатурации диоксидом серы, который получают на сахарном заводе путем сжигания серы в специальных печах. Сульфитации подвергают также смесь сиропа с клеровкой и воду, подаваемую в диффузионный аппарат.

В сульфитационном газе содержится 10...15 % SO<sub>2</sub>. При пропускании газа через сок образуется сернистая кислота, которая восстанавливает низкомолекулярные красящие вещества, превращая их в бесцветные соединения. Цветность сока II сатурации

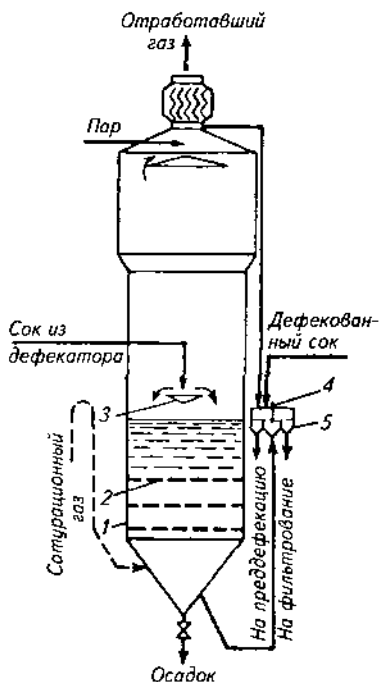


Рис. 22.10. Противоточный решетчатый сатуратор

после сульфитации снижается на 20...30 %. Это действие диоксида серы продолжается и в выпарной установке, что способствует меньшему потемнению сиропа.

Наряду с обесцвечиванием сернистая кислота понижает щелочность сока и вязкость сиропов благодаря тому, что карбонаты калия и натрия, обладающие щелочной реакцией, превращаются в нейтральные сульфиты. Это улучшает условия фильтрования сока и сиропа, облегчает кристаллизацию сахара и отделение кристаллов от межкристалльного раствора. Большое значение имеет также способность сернистой кислоты и ее солей блокировать карбонильные группы редуцирующих соединений (глюкозы, фруктозы, маннозы) и тем самым предотвращать образование красящих веществ в соке. Сок обычно сульфитуют в оросительных или жидкостно-струйных сульфитаторах. Коэффициент использования диоксида серы 90...98 %. Оптимальное значение рН сульфитированного сока 8,5...8,8, сиропа — 7,8...8,2, воды — 5,5...6.

**Состав очищенного сока.** Сложный и многостадийный процесс очистки диффузионного сока обеспечивает удаление только 30...35 % несахаров. Остальные 60...65 % переходят в мелассу, снижая выход сахара и удерживая от кристаллизации примерно 2,5 % сахарозы к массе переработанной свеклы. В процессе очистки почти полностью удаляются белки, 40...45 % безазотистых органических веществ, 10...12 % зольных элементов. Очищенный сок содержит 12...14 % сухих веществ, из них 10...12 % сахарозы, 0,5...0,7 % азотистых веществ, 0,4...0,5 % безазотистых органических веществ и 0,5 % золы. Чистота сока 90...92 %.

### 22.1.8. ФИЛЬТРОВАНИЕ СОКА (СИРОПА)

Фильтрованию подвергают сок I и II сатурации, а также сироп после сгущения сока в выпарных аппаратах. При повышении температуры понижается вязкость фильтруемой жидкости, что ускоряет фильтрование. На сахарных заводах сок перед фильтрованием обычно подогревают до 85...88 °С.

**Фильтрование сока I сатурации.** Сок после I сатурации содержит примерно 4...5 % твердых частиц. Для сокращения затрат, связанных с работой фильтров, и облегчения условий фильтрования сок I сатурации предварительно сгущают в отстойниках или в фильтровальных установках. В многоярусных или одноярусных отстойниках сок I сатурации делится на две фракции: осветленный сок (75...80 % общего объема фильтруемого сока), который направляется сразу на контрольное фильтрование, и сгущенную суспензию (20...25 %), которая содержит 18...20 % осадка и направляется на вакуум-фильтры. Фильтрат с вакуум-фильтров поступает на контрольное фильтрование, а осадок удаляют с завода.

В настоящее время для сгущения осадка в соке I насыщенности применяются листовые фильтры-сгустители (ФилС). Они позволяют повысить скорость сгущения осадка и не требуют контрольного фильтрования сока. Отделение осадка в них происходит под давлением 0,07 МПа. Процесс фильтрования продолжается до достижения толщины осадка на фильтровальных листах 10...15 мм. Нефильтрованный сок I насыщенности поступает в верхнюю часть листового фильтра (рис. 22.11) и равномерно распределяется между фильтровальными листами 1. Под давлением столба жидкости сок проходит внутрь рамок и через соковыводящие трубки 3 попадает в коробки 2, после чего направляется в II насыщенности. Получаемый фильтрационный осадок содержит 75...80 %  $\text{CaCO}_3$  и 20...25 % органических и минеральных несахаров (белков, пектиновых веществ, кальциевых солей органических кислот, минеральных веществ). Осадок рекомендуется использовать для известкования кислых почв.

**Фильтрование сока II насыщенности и сиропа.** Для контрольного фильтрования сока II насыщенности применяют дисковые фильтры ФД, фильтры ФилС или патронные фильтры.

### 22.1.9. СГУЩЕНИЕ СОКА ДО СИРОПА

Очищенный диффузионный сок сгущают в два этапа: на первом этапе его сгущают в выпарной установке до сиропа с содержанием сухих веществ 62...65 %, при этом сахароза еще не кристаллизуется. На втором этапе сироп сгущают в вакуум-аппарате до содержания сухих веществ 92,5...93,5 %. Всего из очищенного сока удаляют 110...115 % воды к массе свеклы. Разделение процесса сгущения на два этапа вызвано тем, что на первом этапе при небольшой вязкости раствора процесс протекает в многокорпусных выпарных установках, что позволяет снизить удельный расход топлива примерно в 2,5 раза и профильтровать сироп.

В качестве типовой на сахарных заводах применяют схему с четырехкорпусной выпарной установкой и концентратором. Последний корпус работает под разрежением. Нагретый до температуры кипения (126 °С) сульфитированный сок направляется в первый

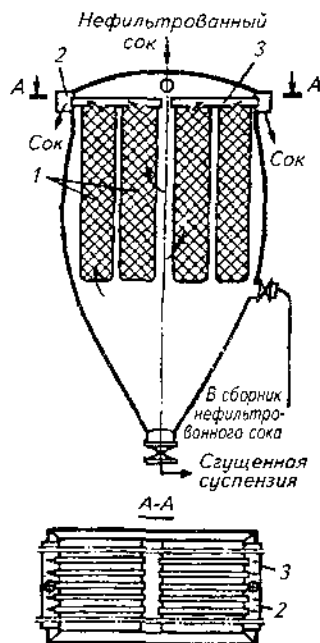


Рис. 22.11. Листовой фильтр-сгуститель

корпус выпарной установки, где из него выпаривается часть воды, образуя вторичный пар. Сок последовательно проходит из одного корпуса в другой и так доходит до четвертого, а затем поступает в концентратор, где сгущается до нужной плотности. Греющий пар подается только в первый корпус, остальные обогреваются вторичным паром предшествующего корпуса. Многократное использование теплоты пара в выпарной установке возможно только при условии снижения температуры кипения сока и давления от первого корпуса до последнего. Концентратор не обогревается паром, в нем происходит только самоиспарение воды за счет перепада давления.

#### **22.1.10. ВАРКА УТФЕЛЯ I КРИСТАЛЛИЗАЦИИ, ПОЛУЧЕНИЕ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО САХАРА**

Очищенный сироп в смеси с клеровкой желтого сахара, содержащий 65...67 % сухих веществ, поступает на дальнейшее уваривание в вакуум-аппараты. Он содержит большую часть несахаров, которые не удалось выделить при очистке диффузионного сока. Из сиропа необходимо выделить практически чистую сахарозу. Кристаллизацию сахарозы из пересыщенных растворов проводят в вакуум-аппаратах. Уваривание ведут под разрежением при пониженной температуре кипения для снижения потерь сахарозы от термического разложения. Продукт, полученный после уваривания, представляет собой смесь кристаллов сахарозы и сиропа, его называют *ульфелем*. Утфель содержит 92...92,5 % сухих веществ, в том числе около 55 % выкристаллизовавшегося сахара. Межкристалльная жидкость — это насыщенный раствор сахарозы, содержащий также несахара.

**Получение утфеля I кристаллизации.** Утфель уваривают в периодически действующих вакуум-аппаратах в четыре этапа: получение пересыщенного раствора; заводка кристаллов сахара; наращивание кристаллов сахара; окончательное сгущение и спуск утфеля. Сгущение сиропа выпариванием начинают при остаточном давлении 0,020 МПа и низкой температуре кипения (70...72 °С), чтобы предотвратить карамелизацию сахарозы. По мере сгущения сиропа до 80...82 % сухих веществ температура его кипения при том же разрежении повышается до 74...76 °С, а коэффициент пересыщения достигает значения 1,25...1,3. *Коэффициент пересыщения* показывает, во сколько раз в данном растворе находится сахарозы больше, чем в насыщенном растворе при тех же условиях. При этом коэффициенте пересыщения, когда раствор находится в неустойчивом состоянии, начинают заводку кристаллов введением тонкоизмельченной сахарной пудры, что приводит к немедленному образованию новых кристаллов. Применяют также суспензию кристаллов и наращивают их. Своевременная заводка кристаллов и прекращение их образования имеют очень важное значение.

Поэтому, как только в utfеле будет достаточное количество кристаллов, их дальнейшее образование прекращают, снижая коэффициент пересыщения до 1,08...1,12 введением новых порций сиропа. Дальнейшее наращивание кристаллов ведут при остаточном давлении 0,02 МПа и температуре 76 °С, чтобы росли уже образовавшиеся кристаллы, но не образовывались новые. Для этого осуществляют постоянно подачу сиропа, поддерживая коэффициент пересыщения на уровне 1,12...1,15. Когда кристаллы сахарозы достигнут нужной величины, utfель стужают до максимально возможной концентрации сухих веществ 92...92,5 %, при этом его температура не должна превышать 75...80 °С. Длительность уваривания utfеля I кристаллизации 2,5...3 ч.

**Центрифугирование utfеля, пробеливание и сушка сахара-песка.** Utfель I кристаллизации подают в центрифуги и сразу же центрифугируют. Межкристалльный раствор под действием центробежной силы отделяется от кристаллов и направляется в сборник первого оттека. На поверхности кристаллов сахара остается еще тонкая пленка межкристалльного раствора, придающая им желтоватый цвет. Чтобы удалить ее, здесь же в центрифуге кристаллы сахара-песка промывают горячей артезианской водой (3,5...4 % к массе utfеля), в результате чего образуется второй оттек, который направляют в соответствующий сборник. Сахар-песок влажностью 0,8...1,0 % и температурой 55...60 °С загружают в сушильно-охладительную установку, которая состоит из двух наклонных вращающихся стальных барабанов, к внутренним стенкам которых по винтовой линии прикреплены лопатки. При вращении барабанов сахар-песок пересыпается и одновременно передвигается вдоль барабана. Через первый (сушильный) барабан вентилятором просасывается горячий воздух (105...110 °С), через второй (охлаждающий) барабан — очищенный холодный воздух. Сахар сушат горячим воздухом до влажности 0,14 % и охлаждают. Охлажденный сахар-песок направляется на фасование.

Сахар-песок по качеству должен удовлетворять требованиям ГОСТ 21—94 (см. главу 17).

### **22.1.11. ПЕРЕРАБОТКА ОТТЕКОВ UTFЕЛЯ I КРИСТАЛЛИЗАЦИИ**

Utfель I кристаллизации должен содержать кристаллов сахара не более 56 %, при более высоком содержании он становится малоподвижным, не поддающимся дальнейшей обработке. Поэтому выкристаллизовывание сахарозы ведут в 2...3 стадии. Наиболее рациональной является трехкристаллизационная схема продуктового отделения (рис. 22.12).

Полученные при центрифугировании и пробеливании utfеля I кристаллизации оттеки являются насыщенными растворами сахарозы. Их используют для варки utfеля II кристаллизации. Цикл

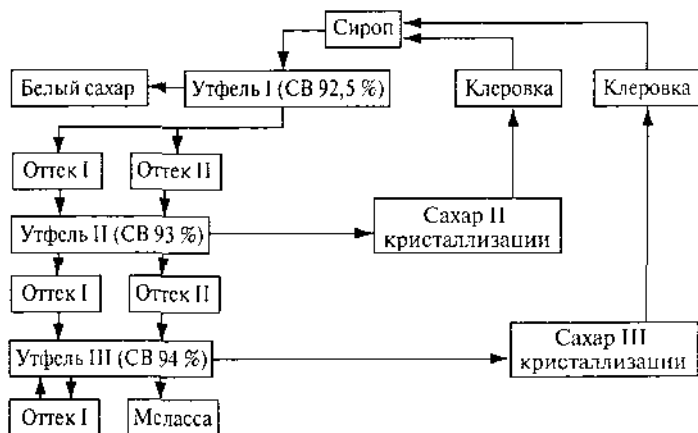


Рис. 22.12. Трехкристаллизационная схема продуктового отделения

уваривания состоит из тех же основных этапов и длится в течение 5...5,5 ч. После наращивания кристаллов утфель окончательно сгущают до концентрации 93,0 % сухих веществ. Утфель II кристаллизации центрифугируют в центрифугах периодического действия в горячем состоянии, сразу после спуска в утфелемешалку. Сахар пробеливают чистой горячей водой в количестве 1 % к массе утфеля. При центрифугировании отбирают два оттека с разной чистотой, вводят аффинационный оттек и раствор, полученный от промывки сит в центрифугах утфеля III, и направляют на варку утфеля III кристаллизации. Цикл уваривания утфеля III кристаллизации в вакуум-аппарате состоит из тех же операций, но длительность уваривания в связи с меньшей чистотой оттеков в 1,5...2 раза больше, чем утфеля II. Утфель уваривают до концентрации 93,5...96,0 % СВ. Из вакуум-аппарата утфель III поступает в приемную утфелемешалку, а затем в кристаллизационную установку, состоящую из шести утфелемешалок-кристаллизаторов, в которых утфель охлаждают с помощью холодной воды для дополнительной кристаллизации сахарозы. За время кристаллизации температура утфеля снижается с 70...75 до 35...40 °С. Коэффициент пересыщения удерживают в пределах 1,20...1,25, для того чтобы росли только имеющиеся кристаллы и не образовывались мелкие кристаллы. Перед центрифугированием утфель нагревают до 45...50 °С в утфелемешалке и центрифугируют без пробеливания сахара водой, с отбором одного оттека — мелассы. При этом на поверхности кристаллов сахара остается слой мелассы, чистота сахара составляет 94...95 %. Для повышения чистоты сахар подвергают аффинации, т. е. смешивают с разбавленным первым оттеком утфеля I кристаллизации до содержания сухих веществ 89...90 %.

Часть несахаров, содержащихся в пленке, покрывающей кристаллы сахара, перейдет в раствор, и при центрифугировании утфеля будет получен более чистый сахар-аффинад (чистота примерно 97 %). Сахар-аффинад и сахар II кристаллизации растворяют (клевруют) в очищенном соке II сатурации при температуре 80...85 °С до содержания сухих веществ 65...70 %, смешивают с сиропом из выпарной установки и подают на сульфитацию. Аффинационный оттек направляют на уваривание утфеля III кристаллизации.

#### 22.1.12. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ СВЕКЛОСАХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

**Меласса.** Это оттек, который образуется при кристаллизации утфеля III. Меласса представляет собой густую жидкость темно-коричневого цвета с острым запахом, содержащую 76...85 % сухих веществ, из которых на долю сахарозы приходится 46...51 %. Чистота мелассы 58...62 %, рН 5,5...7. В состав несахаров мелассы входят: редуцирующие вещества — 0,5...2,5 %, раффиноза — 0,6...1,4 %, общий азот — 1,5...2 %, молочная кислота — 4...6 %, уксусная, муравьиная кислоты — по 0,2...0,5 %, красящие вещества и зола — 6...11 %. Выход мелассы в среднем составляет 4,5...5,5 % к массе переработанной свеклы. Меласса используется в ряде отраслей пищевой и комбикормовой промышленности. Ее используют при производстве этанола, лимонной кислоты. На сусле, приготовленном из мелассы, выращивают хлебопекарные дрожжи. В комбикормовой промышленности меласса используется в качестве ценной пищевой добавки при производстве кормов для животных.

**Жом.** Представляет собой обессахаренную стружку. Сухие вещества жома состоят из пектиновых веществ (около 45 %), целлюлозы и гемицеллюлозы (примерно по 20 %), белков, золы и сахара (по 2...4 %). Жом используют на корм скоту как в свежем, так и в высушенном виде. Жом, предназначенный для скармливания скоту в сыром виде, прессуют до содержания в нем 12...14 % сухих веществ, предназначенный для высушивания — до 22...25 % сухих веществ. Выход жома для каждого типа диффузионной установки различен, так, для КДА он составляет 70 % к массе свеклы при наличии в нем сухих веществ 7...8 %. Эта величина колеблется и зависит от содержания мякоти в свекле, ее качества и других условий.

#### 22.2. ПОЛУЧЕНИЕ ЖИДКОГО САХАРА

Сырьем для получения жидкого сахара служит сахар-песок. Технологическая схема получения жидкого сахара следующая: сахар-песок после центрифугирования, минуя сушильное отделение

ние, поступает в клеровочные мешалки, где его растворяют в воде до содержания сухих веществ 64...67 %. С целью механизации погрузочно-разгрузочных работ, сокращения таких трудоемких операций, как *упаковывание, складирование, транспортирование* мешков, их опорожнение, растворение, фильтрование и др., в соответствии со стандартом выпускают жидкий сахар трех категорий — высшей, первой и второй.

Жидкий сахар высшей и первой категорий фильтруют и очищают адсорбентом, его используют в безалкогольной, кондитерской и хлебопекарной промышленности.

### 22.3. ПОЛУЧЕНИЕ САХАРА-РАФИНАДА

В свекловичном сахаре-песке и тростниковом сахаре-сырце содержится некоторое количество несахаров (красящих веществ, зольных элементов и т. д.), придающих ему желтоватый цвет, а также привкус и запах. Основная цель сахарорафинадного производства — получение кристаллического продукта высокого качества с содержанием чистой сахарозы в соответствии со стандартом не менее 99,9 %. Сахар-рафинад вырабатывают в виде сахара-песка и кускового сахара-рафинада (прессованный: колотый и со свойствами литого; быстрорастворимый, в том числе дорожный в мелкой упаковке). Прессованный сахар-рафинад выпускают в виде отдельных кусочков.

Основной процесс рафинирования — отделение сахарозы от несахаров путем ее многократной кристаллизации и адсорбционной очистки сиропов. При выработке сахара-рафинада различают две группы кристаллизаций: рафинадную (2...3 ступени) и продуктовую (3...4 ступени). Сахар-рафинад получают только в первых двух или трех циклах, последующие циклы служат для обессахаривания оттеков и возвращения получаемого желтого сахара на адсорбционную очистку и кристаллизацию в рафинадных циклах. Таким образом, в сахарорафинадном производстве применяют многократную кристаллизацию, причем каждой кристаллизации предшествует механическая и адсорбционная очистка сиропов.

Технологическая схема производства прессованного сахара-рафинада включает следующие стадии: взвешивание и просеивание сахара-песка; приготовление рафинадного сиропа и клерса; удаление из сиропа механических примесей; адсорбционная очистка сиропа; уваривание сиропа до образования утфеля; кристаллизация охлаждением; центрифугирование и пробеливание кристаллов, получение рафинадной кашки; прессование рафинадной кашки; сушка и охлаждение брикетов; фасование и упаковывание сахара-рафинада; складирование и хранение.

Сахар-песок, поступающий в производство, взвешивают на



автоматических весах, удаляют примеси (шпигат, мешочный ворс и т. д.) и подают на приготовление сиропа и клерса. Рафинадный сироп готовят из обычного сахара-песка. Клерс — это сироп, приготовленный из лучшего по качеству сахара-песка и отходов сахара-рафинада. Температура сиропа  $75^{\circ}\text{C}$ , рН не ниже 7,5. Готовый сироп обязательно фильтруют через гравий и фильтроперлит для удаления механических примесей, а затем подвергают адсорбционной очистке для обесцвечивания сиропов и освобождения от минеральных примесей. Для адсорбционной очистки сиропов применяют активный гранулированный уголь и иногда порошкообразные угли различных марок. Для обесцвечивания сиропов используют также ионообменные смолы — искусственно полученные органические вещества, способные к быстрому обмену своих ионов на другие одноименно заряженные ионы, присутствующие в сахарных сиропах. Температура сиропов, направляемых на обесцвечивание, не должна превышать  $80^{\circ}\text{C}$  и рН 7,1...7,3. Сироп очищают ионитом в ионообменных установках, состоящих из реакторов и вспомогательного оборудования. Обесцвеченные сиропы подают в вакуум-аппараты для сгущения. Варка утфеля из рафинадного сиропа ничем не отличается от варки утфеля из свеклосахарного производстве, но рафинадные утфели варят значительно быстрее свеклосахарных, что обусловлено высокой чистотой увариваемых сиропов и более высокой концентрацией в них сухих веществ.

Утфели рафинадных кристаллизаций уваривают до содержания в них 91,5...92,0 % сухих веществ при температуре  $75^{\circ}\text{C}$ . Готовый утфель спускают в утфелемешалки — кристаллизаторы для дополнительной кристаллизации. По мере охлаждения и кристаллизации утфель густеет. Чтобы поддерживать его установленную плотность, утфель разжижают (раскачивают) путем добавления к нему очищенного насыщенного сиропа последующей кристаллизации. Для отделения кристаллов сахара утфель обрабатывают на непрерывнодействующих пульсирующих центрифугах. Они имеют четыре горизонтальных барабана, изготовленных из шелевидных сит, расположенных последовательно один за другим вдоль оси центрифуги и вращающихся с частотой  $800 \text{ мин}^{-1}$ . Диаметры барабанов увеличиваются по мере продвижения сахара. Первый и третий барабаны находятся как во вращательном, так и в возвратно-поступательном движении. Центрифуга заключена в горизонтальный кожух, в котором установлена перегородка для отделения первого отсека от второго. Сахар пробеливают клерсом с добавлением ультрамарина. После центрифугирования и пробеливания получают полупродукт — рафинадную кашку, которая состоит из кристаллов, покрытых пленкой увлажняющего их клерса.

Влажность рафинадной кашки регулируется в зависимости от желаемой крепости готового сахара-рафинада и может колебаться

от 1,5 до 2,9 %. При производстве прочного сахара-рафинада в рафинадной кашке оставляют максимально возможное количество клерса для того, чтобы после прессования в процессе сушки кристаллизующаяся сахароза цементировала монокристаллы сахара. Кашка, поступающая на прессование, должна иметь влажность 2,4...2,6 % и температуру 60...65 °С.

Для прессования рафинадной кашки используют два типа рафинадных прессов с односторонним прессованием: дисковый (карусельный) циклического действия для прессования брусков квадратного сечения и роторный (барабанный) непрерывного действия для прессования брикетов в форме кубика или параллелепипеда. В зависимости от физико-механических свойств рафинадной кашки и силы сдавливания, при которой сближаются кристаллы сахарозы, брикеты получают разные по плотности и форме. После сушки и охлаждения брикеты раскалывают на кусочки сахара-рафинада правильной формы, определенной крепости и массы. Сушка сырого прессованного сахара-рафинада протекает в два периода, отличающихся в основном скоростью. Первый период характеризуется интенсивным удалением влаги, второй — резким замедлением процесса сушки. Рафинадные бруски обычно сушат в тоннельных противоточных конвективных сушилках. Продолжительность сушки сахара-рафинада составляет 8...10 ч. При сушке прочного прессованного рафинада (влажностью выше 2,3 %) применяют вакуум-сушилки. Общий цикл высушивания брикетов под вакуумом 5...6 ч.

## 22.4. ПЕРЕРАБОТКА ТРОСТНИКОВОГО САХАРА-СЫРЦА

Тростниковый сахар-сырец представляет собой кристаллы сахарозы, покрытые пленкой межкристалльного раствора, содержащего сахарозу, и несахара.

Тростниковый сахар-сырец хорошего качества обладает высокой стойкостью к длительным перевозкам и хранению. Средний химический состав кубинского тростникового сахара-сырца (% к его массе): сахароза — 96,6...98,0; вода — 0,4; несахара — 1,5...2,0, в том числе редуцирующие вещества — 0,6...0,9; прочие органические вещества — 0,7...1,0; зола углекислая — 0,4...0,5. Цветность раствора сахара-сырца 40...50 усл. ед, рН 6,2...6,5. В состав несахаров входят пектиновые вещества, декстрины, протеины и другие высокомолекулярные соединения, сильно затрудняющие очистку сахара-сырца, так как повышают вязкость его раствора и снижают фильтрационные свойства. Сравнительно высокое содержание редуцирующих, красящих веществ и органических кислот также осложняет получение сахара-песка. На свеклосахарных заводах тростниковый сахар-сырец перерабатывают по

схеме с полным разложением редуцирующих веществ. Для этого тростниковый сахар-сырец клеруют (растворяют) до содержания сухих веществ в сиропе не более 60 %. Полученную клеровку подвергают дефекации в течение 8...10 мин до рН 11,5...11,6. Расход извести составляет 3,6...6 % СаО к массе сахара-сырца. При этом редуцирующие вещества разлагаются, превращаясь в органические кислоты, соли кальция и др. Далее клеровку направляют на двухступенчатую сатурацию: на первой ступени рН доводят до 10...10,5, на второй — до 9...9,2. Перед второй ступенью сатурации к клеровке добавляют известковое молоко из расчета 0,4...0,5 % СаО к массе сахара-сырца. После сатурации сироп нагревают до температуры 85 °С, фильтруют на дисковых фильтрах, затем сульфитируют до рН 7,2...7,5, снова нагревают до 80 °С, еще раз фильтруют и направляют на уваривание утфеля I до содержания сухих веществ 92 %. Утфель I центрифугируют с выделением сахара-песка и двух оттеков. Сахар-песок направляют на высушивание и охлаждение.

Оттеки утфеля I содержат все несахара и образовавшийся инвертный сахар. Для того чтобы не повышалась цветность раствора, его надо разложить. С этой целью 80 % первого оттека утфеля I кристаллизации смешивают с клеровкой сахара III кристаллизации и возвращают в начало технологической схемы на стадию дефекации клеровки, а часть используют при уваривании утфеля II. Утфель II уваривают до 92,5 % сухих веществ, центрифугируют и получают сахар II кристаллизации и оттеки. Сахар II кристаллизации клеруют и подают на сульфитацию, а из оттеков варят утфель III до содержания сухих веществ 94 %. Утфель III подвергают дополнительной кристаллизации при охлаждении в течение 60...72 ч, а затем центрифугируют, выделяя сахар III кристаллизации и оттек (мелассу). Сахар III кристаллизации растворяют в промоях и направляют на дефекацию. При чистоте выше 54 % мелассу возвращают на варку утфеля III, при чистоте 51...54 % используют на раскачку (разжижение) утфеля III перед его дополнительной кристаллизацией. При чистоте 50 % и ниже мелассу направляют на хранение и затем используют в других производствах, например как добавку к свеколосахарной мелассе в качестве источника биотина при выращивании дрожжей. Выход сахара-песка составляет 95...96 %.

#### *Контрольные вопросы*

1. Каков средний химический состав корнеплодов сахарной свеклы?
2. Из каких этапов состоит технологическая схема производства сахара-песка из сахарной свеклы?
3. Из каких стадий состоит процесс очистки диффузионного сока?
4. Где используются отходы сахарно-песочного производства?
5. В чем суть трехпродуктовой схемы работы сахарного завода?
6. Какие требования предъявляются к сахару-рафинаду?

## Глава 23

# ТЕХНОЛОГИЯ КРАХМАЛА И КРАХМАЛОПРОДУКТОВ

Современная крахмалопаточная промышленность — важная отрасль народного хозяйства. Крахмалопаточные предприятия выпускают сухой крахмал, глюкозу, различные виды крахмальных патоки, модифицированные крахмалы, декстрин, глюкозофруктозные сиропы и др. Ассортимент вырабатываемой продукции составляет десятки наименований. Крахмал и крахмалопродукты используют в различных отраслях пищевой промышленности — кондитерской, хлебопекарной, консервной, молочной, пищекоцентрированной, а также в медицинской, текстильной, полиграфической, бумажной и др.

Предприятия, перерабатывающие картофель и кукурузу, получают сырой крахмал влажностью 50...52 %. Такой крахмал храниться не может, так как является прекрасной средой для развития микроорганизмов, он закисает. Поэтому сырой крахмал на этих же или на других предприятиях перерабатывают в сухой влажностью для картофельного 20 %, для кукурузного 13 % или используют для изготовления патоки, глюкозы и других крахмалопродуктов.

Технологические схемы получения сырого картофельного и кукурузного крахмалов принципиально отличаются друг от друга. Производство сухого крахмала картофельного или кукурузного принципиальных отличий не имеет.

### 23.1. ПОЛУЧЕНИЕ СЫРОГО КРАХМАЛА

#### 23.1.1. КАРТОФЕЛЬНЫЙ КРАХМАЛ

Сырьем для производства картофельного крахмала служит картофель. Химический состав клубней картофеля колеблется в довольно широких пределах и зависит от сорта картофеля, климатических, почвенных и других условий. Средний химический состав картофеля (%): вода — 75; сухие вещества — 25, в том числе крахмал — 18,5, азотистые вещества — около 2, клетчатка — 1, минеральные вещества — 0,9, сахара — 0,8, жир — 0,2 и прочие вещества (пектины, пентозаны и др.) — 1,6. Содержание крахмала в клубнях картофеля колеблется от 8 до 29 %. Вода в картофеле содержится в двух состояниях: в свободном (78 %) и связанном (22 %). Свободная вода растворяет все водорастворимые вещества картофеля — сахара, соли кислот, азотистые вещества и другие, образуя клеточный сок; коллоидно-связанная вода растворителем не является, и ее свойства существенно отличаются от обычной воды.

В клубнях картофеля может содержаться от 0,46 до 1,72 % сахаров, представленных преимущественно сахарозой, есть также глюкоза и фруктоза. Хранение картофеля при пониженной температуре приводит к увеличению содержания сахаров до 5 %, снижению выхода крахмала и увеличению потерь сухих веществ картофеля.

В картофеле содержится от 0,52 до 1,77 % клетчатки. Чем выше содержание клетчатки, тем толще клеточные стенки картофеля, тем труднее картофель истирается на терочных машинах и, следовательно, тем выше будет выход мезги и потери крахмала с мезгой. Пентозаны и пектиновые вещества, которые вместе с клетчаткой входят в состав клеточных стенок картофеля, составляют от 0,74 до 0,95 %. В процессе хранения картофеля пектиновые вещества под действием фермента протопектиназы могут переходить в растворимую форму, что приводит к размягчению тканей картофеля и затрудняет производство крахмала.

В состав картофеля входят органические кислоты — лимонная, шавелевая, яблочная, молочная, но преобладает лимонная кислота. Общая титруемая кислотность картофеля обусловлена также наличием в его составе кислых фосфатов, рН картофельного сока 5,8...6,6. Кислотность картофеля резко возрастает при его микробиологической порче в процессе хранения, что отрицательно сказывается на ходе технологического процесса.

В картофеле содержится от 0,7 до 4,6 % азотистых веществ, которые на 60 % представлены белковыми соединениями. Белки картофеля полноценны по аминокислотному составу, 40 % азотистых веществ картофеля — небелковые азотистые соединения. По мере созревания клубней содержание азотистых веществ в них снижается, что положительно сказывается на ходе технологического процесса, так как белок, являясь хорошим пенообразователем, затрудняет отделение примесей от крахмала и снижает его качество. Кроме перечисленных веществ в картофеле содержится гликозид соланин в количестве от 2 до 10 мг на 100 г сырого картофеля. Его содержание резко увеличивается при хранении картофеля на свету, когда он приобретает зеленую окраску. Употреблять такой картофель в пищу нельзя. Соланин также является сильным пенообразователем и затрудняет процесс очистки крахмала от примесей.

В картофеле содержится от 10 до 30 мг% витамина С, небольшое количество витаминов группы В и каротиноидов. Зола картофеля составляет от 0,4 до 1,9 %, в ней преобладают соединения калия (72 %), фосфора (20 %), а также содержатся натрий, кальций, магний и железо. Примерно 75 % зольных соединений растворимы в воде и при производстве крахмала теряются со сточными водами, часть нерастворимых соединений остается в мезге, часть — в крахмале, влияя на вязкость и клеящую способность крахмального клейстера.

Принципиальная технологическая схема получения сырого картофельного крахмала (рис. 23.1) состоит из следующих этапов: хранение картофеля; доставка картофеля на завод; мойка картофеля; взвешивание картофеля; тонкое измельчение картофеля — получение кашки; выделение картофельного сока из кашки; выделение свободного крахмала из кашки; отделение и промывание мезги; рафинирование крахмального молока; промывание крахмала.

**Хранение картофеля.** Предприятия, перерабатывающие картофель, работают сезонно. До подачи на производство картофель хранят в буртах при температуре 2...8 °С. На хранение закладывают только здоровые клубни. При хранении картофель дышит.

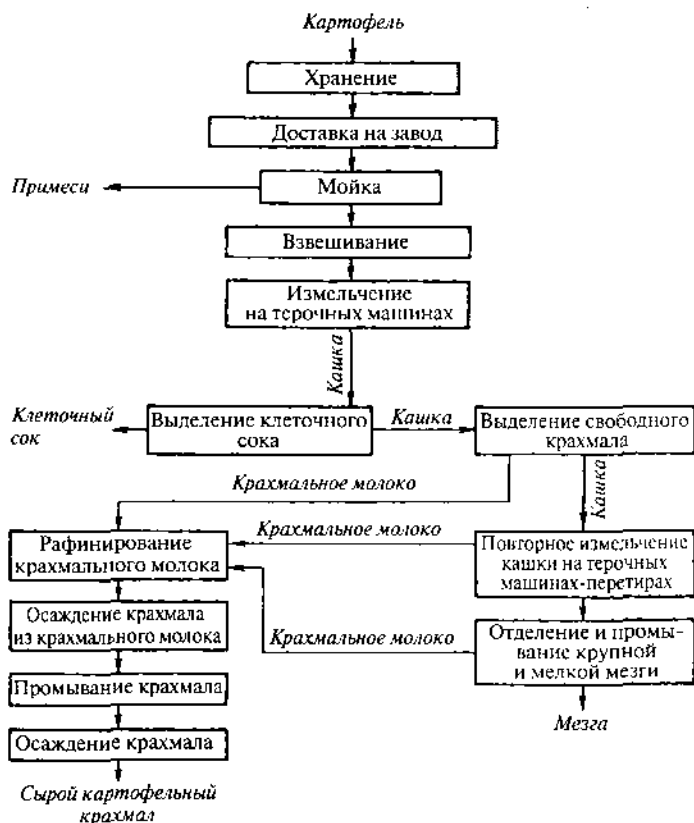


Рис. 23.1. Принципиальная технологическая схема получения сырого картофельного крахмала

Хранить картофель свыше 5...7 мес нецелесообразно, так как это приводит к значительным потерям сухих веществ, в том числе крахмала.

**Доставка картофеля на завод.** Картофель подают в производство с помощью гидравлического транспорта так же, как и сахарную свеклу (см. главу 22).

**Мойка и взвешивание картофеля.** Процессу мойки картофеля придается очень большое значение, так как примеси (песок, камни, солома) затрудняют работу оборудования и могут вызвать его поломку. Кроме того, на последующих стадиях технологического процесса картофель не очищают от кожуры и частицы земли и песка, оставшиеся на поверхности картофеля, в дальнейшем могут перейти в крахмал и снизить его качество. Картофель моют в моечных машинах комбинированного типа. В камерах с высоким уровнем воды отделяют солому и другие легкие примеси, в камерах с низким уровнем воды удаляют землю; в сухих камерах вода, не задерживаясь, стекает в грязевую канаву. Моечные машины снабжены ботво-, песко- и камнеловушками. На крупных заводах широкое распространение получила моечная машина КМЗ-57М. Продолжительность процесса мойки в ней составляет 10...14 мин, расход воды — 200...400 % к массе картофеля. Для учета массы переработанного картофеля производится взвешивание отмытых клубней на автоматических весах с откидным днищем, снабженных специальным счетчиком, регистрирующим массу взвешенного картофеля нарастающим итогом.

**Измельчение картофеля на терочных машинах — получение кашки.** Крахмал содержится внутри клеток картофеля в виде крахмальных зерен. Чтобы извлечь его, необходимо вскрыть клеточные стенки. Для этого картофель измельчают на терочных машинах. Крахмал, освобожденный из разорванных клеток, называют *свободным*, крахмал, оставшийся в неразорванных клетках, — *связанным*. Производительность терочных машин от 0,7 до 6 т картофеля в час. Эффективность работы картофелетерочной машины зависит от окружной скорости барабана. Терочные машины с окружной скоростью около 50 м/с обеспечивают высокий коэффициент измельчения картофеля.

$$K = A \cdot 100 / (A + B),$$

где  $A$  — содержание свободного крахмала в кашке, %;  $B$  — содержание связанного крахмала в кашке, %.

На современных предприятиях коэффициент измельчения достигает 85...95 %, в том числе 79...85 % при первом измельчении и 6...10 % при повторном измельчении (перетир). При первом измельчении картофеля используют пилки с высотой зубьев 1,5...1,7 мм, при повторном измельчении картофельной кашки — пилки с высотой зубьев 1,0 мм.

**Выделение картофельного сока из кашки.** Полученная после истирания картофельная кашка представляет собой смесь, состоящую из разорванных клеточных стенок картофеля (мезги), крахмальных зерен и картофельного сока. Контакт сока с крахмалом ухудшает качество крахмала, вызывая его потемнение в связи с окислением тирозина при участии полифенолоксидазы; снижает вязкость крахмального клейстера; способствует образованию пены, слизи и других нежелательных явлений. В связи с этим картофельный сок необходимо быстро выделить из кашки при минимальном его разбавлении. Эту операцию осуществляют на осадительной шнековой центрифуге типа ОГШ, которая состоит из двух барабанов — наружного и внутреннего. Оба барабана вращаются в одну сторону, причем внутренний барабан вращается с опережением на  $15...25\text{ с}^{-1}$ . Картофельная кашка поступает в пространство между барабанами, где под действием центробежной силы происходит ее разделение на две фракции: легкая фракция — картофельный сок выводится из центрифуги через сливные окна, а тяжелая фракция — крахмал за счет разницы во вращении барабанов выводится шнеком, расположенным на внешней поверхности внутреннего барабана, разбавляется водой и удаляется в виде крахмального молока определенной плотности.

**Выделение свободного крахмала из кашки, отделение и промывание мезги.** Сразу после осадительных центрифуг кашку направляют на ситовую станцию завода. Главная задача ситовой станции — максимальное выделение свободного крахмала из мезги, рафинирование крахмального молока и получение крахмального молока достаточно большой концентрации. В настоящее время для выделения из кашки мезги используют центробежные ситовые аппараты — барабанно-струйные сита (БСС) и центробежно-лопастные сита (ЦЛС). Барабанно-струйное сито (рис. 23.2) состоит из вращающегося перфорированного конического барабана 2, к внутренней поверхности которого крепят металлические рамки в виде секторов, обтянутых одной или двумя сетками с разными размерами ячеек. Кашка подается через трубу 1 и питатель 8 в вершину ситового конуса. Барабан вращается с частотой  $900\text{ с}^{-1}$ . Под действием центробежной силы кашка равномерно распределяется по внутренней поверхности барабана и продвигается к большому его основанию. Навстречу движению кашки подается вода или жидкое крахмальное молоко через вал 5, который вращается внутри вала 3. Струйный ротор-ороситель состоит из коллектора 7 и разбрызгивающих сопел 6. Привод 4 обеспечивает опережение вращения ротора-оросителя на  $50\text{ с}^{-1}$  по сравнению с частотой вращения барабана 2. Вода под давлением  $0,2...0,25\text{ МПа}$  образует против движения кашки водяной шнек, задерживающий ее продвижение по ситу и способствующий отмыванию свободного крахмала.

Центробежно-лопастное сито (ЦЛС) по своему устройству на-



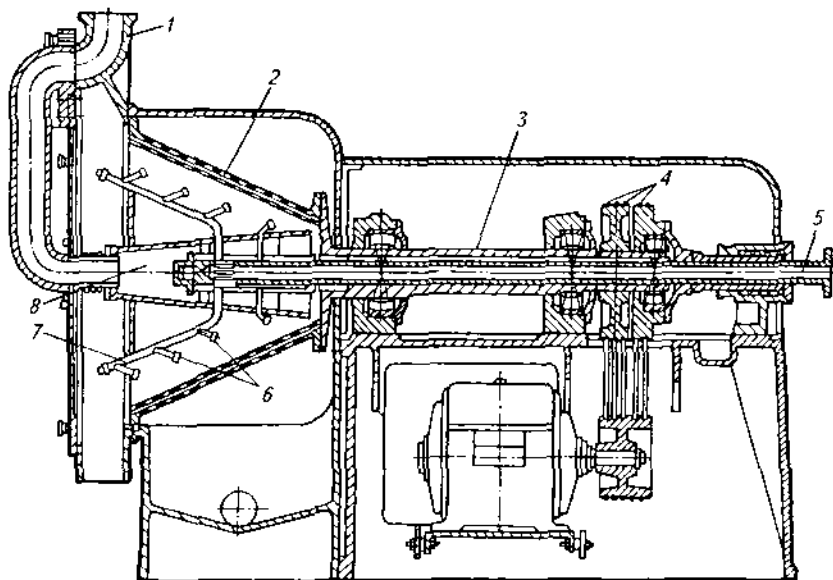


Рис. 23.2. Барабанно-струйное сито (БСС)

поминает центробежный насос. Лопатки рабочего колеса заменены на сита-пластинки, вогнутые по направлению вращения. Под каждым ситом расположены три маленькие камеры. Кашка поступает в ротор ЦЛС под давлением, которое развивается благодаря центробежной силе, и течет по ситам. Крахмальное молоко, процеживаясь сквозь сито, стекает в камеры, расположенные под ситами, а затем удаляется. Мезга перемещается по поверхности сит от центра аппарата и также выводится из него. Для отмывания свободного крахмала кашка последовательно поступает сначала на барабанно-струйный, а затем на центробежно-лопастной ситовые аппараты и направляется на повторное измельчение (перетир), после чего ее вновь промывают на БСС и ЦЛС.

**Рафинирование крахмальной суспензии.** После выделения мезги на ситовых аппаратах или гидроциклонах крахмальная суспензия содержит некоторое количество мелкой мезги (4...8%), водорастворимых веществ (0,1...0,5%) и сильно разбавленного картофельного сока. Поэтому ее подвергают рафинированию. Для этого используют центробежные сита, гидроциклоны или дуговые сита. Концентрация крахмальной суспензии, поступающей на рафинирование, должна быть 12...14%, а рафинированной суспензии — 7...9%.

Рафинирование крахмальной суспензии на центробежных ситах проводят в две ступени, затем образовавшуюся пену гасят на

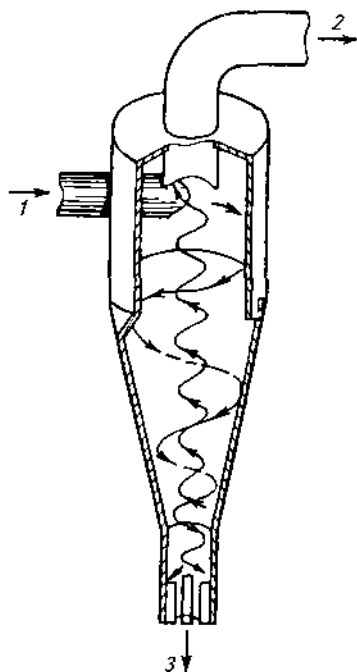


Рис. 23.3. Гидроциклон

специальном устройстве, песок ула-  
 ляют на гидроциклонах. Полученная  
 таким образом сгущенная суспензия  
 крахмала поступает в гидроциклоны  
 для промывания и осаждения крах-  
 мала. Эту операцию проводят в три  
 ступени, далее крахмал обезвожива-  
 ют на вакуум-фильтрах и высушивают.  
 Принцип действия гидроцикло-  
 на прост (рис. 23.3). Крахмальное  
 молоко под давлением 0,15 МПа по-  
 ступает в гидроциклон тангенциаль-  
 но по касательной по трубе 1, при  
 этом поступательное движение про-  
 дукта без ударов и завихрений пре-  
 образуются во вращательное, разви-  
 вается большая центробежная сила,  
 под действием которой тяжелые час-  
 тички (крахмал) отбрасываются на  
 внутреннюю поверхность конуса и  
 сползают вниз, к дню сгущенного  
 схода 3. Легкая фракция продукта  
 (жидкий сход) вытесняется сгущен-  
 ной фракцией, поднимается к дню  
 жидкого схода 2 и выводится из него.  
 Габаритные размеры микрогидро-  
 циклонов зависят от размеров частиц  
 разделяемой смеси. В картофе-  
 лемоложном производстве применяют микрогидроциклоны с

внутренним диаметром цилиндрической части 20 мм, высотой ко-  
 нуса 92 мм и углом конуса около 12°. Диаметр входного круглого  
 сопла 3,3 мм. Производительность одного микрогидроциклона  
 невелика, поэтому их объединяют в мультициклоны — батареи  
 гидроциклонов, состоящих из большого количества параллельно  
 работающих микрогидроциклонов. На производстве работают  
 станции гидроциклонов СГ-4М1 и СГ-5 производительностью со-  
 ответственно 100 и 200 т/сут картофеля. Рафинирование крах-  
 мальной суспензии можно проводить также на дуговых ситах.

Слабонапорное дуговое сито марки РЗ-ПРД (рис. 23.4) состоит  
 из ситовой поверхности 3, укрепленной на рамке, вставленной в  
 корпус 1. Продукт под небольшим давлением через питатель 2 по-  
 ступает сверху вниз на ситовую поверхность. Крахмальная су-  
 спензия проходит сквозь сито и собирается в корпусе 1, а мезга  
 сползает в нижнюю часть ситовой поверхности и выводится из  
 него. Процесс рафинирования крахмальной суспензии ведут в две  
 ступени. Мелкую мезгу промывают на ситах в три ступени. Чтобы  
 получить крахмальное молоко достаточно высокой концентрации.

на ситовой станции завода многократно используют разбавленное крахмальное молоко, а процесс ведут по принципу противотока.

**Выход и коэффициент извлечения крахмала.** Отношение полученного крахмала к массе переработанного сырья, выраженное в процентах, называют *выходом крахмала*. Выход крахмала зависит от его содержания в перерабатываемом сырье и потерь, образованных с мезгой и сточными водами. В среднем выход крахмала равен 15,7 %, потери крахмала составляют 2,8 %. Отношение массы полученного крахмала к массе крахмала, содержащегося в переработанном сырье, выраженное в процентах, называется *коэффициентом извлечения крахмала*. Он составляет 82...88 %, по нему оценивают качество работы завода.

**Качество сырого картофельного крахмала.** Сырой картофельный крахмал в зависимости от содержания в нем влаги подразделяется на две марки: марка А (содержание влаги 38...40 %) и марка Б (содержание влаги 50...52 %). Крахмал каждой марки делится на три сорта. Качество его должно соответствовать требованиям ОСТ 18-158 (табл. 23.1). Крахмал I и II сортов должен быть однородного белого цвета и иметь запах, свойственный крахмалу. Наличие постороннего запаха не допускается. Крахмал III сорта может быть сероватым, без прожилки и краплений, в нем допускается слабокислый, но не затхлый запах.

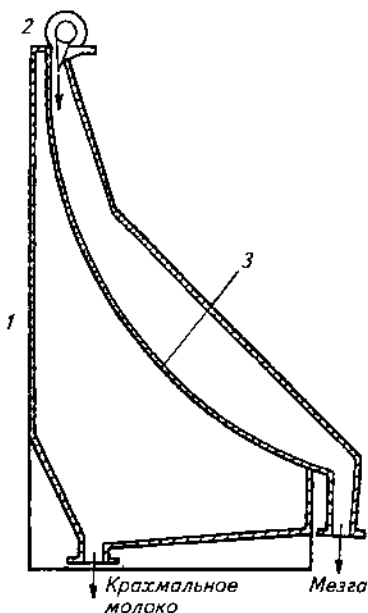


Рис. 23.4. Слабонапорное дуговое сито марки РЗ-ПРД

Таблица 23.1

Показатели качества сырого картофельного крахмала

Показатель	Марка А			Марка Б		
	Сорт					
	I	II	III	I	II	III
Содержание, %, не более:						
влаги	40	40	40	52	52	52
золы общей в пересчете на СВ крахмала	0,35	0,55	0,75	0,35	0,55	0,75
мезги в пересчете на СВ крахмала	0,12	0,20	0,45	0,15	0,25	0,50
Кислотность в пересчете на 100 г крахмала при индикаторе фенолфталеине, мл 0,1 н. раствора NaOH, не более	12	25	40	25	35	45

Из-за высокого содержания влаги сырой картофельный крахмал не может долго храниться, поэтому его перерабатывают в сухой крахмал, декстрин, модифицированные крахмалы, патоку, глюкозу и др. При необходимости сырой картофельный крахмал хранят в течение некоторого времени наливным способом или в складах, утрамбовывая и заливая водой. Наиболее надежный способ хранения — замораживание.

### 23.1.2. КУКУРУЗНЫЙ КРАХМАЛ

Сырьем для производства кукурузного крахмала служит зерно кукурузы. В нем содержится крахмала 70 % к массе сухих веществ. Кроме крахмала в зерне кукурузы присутствуют белки (10...13 %) и жиры (6,5 %), для выделения которых применяются специальные методы и оборудование, что, с одной стороны, усложняет кукурузокрахмальное производство, а с другой — позволяет выпускать важные для народного хозяйства страны продукты — кукурузное масло, кукурузный экстракт и сухие концентрированные белковые корма.

Принципиальная технологическая схема производства сырого кукурузного крахмала, приведенная на рис. 23.5, включает следующие основные операции: замачивание и дробление зерна кукурузы, выделение зародыша, тонкое измельчение кукурузной каши, отделение и промывание мезги и зародыша, выделение крахмала из крахмалобелковой суспензии, осаждение и промывание крахмала.

**Замачивание кукурузного зерна.** Это важнейшая технологическая операция, от которой зависит выход конечного продукта. В эндосперме зерна крахмал прочно удерживается кукурузным белком — глютенем. Цель замачивания — разрыв или ослабление связей между оболочками, зародышем и эндоспермом, разрушение белковой цементирующей прослойки, удерживающей крахмальные зерна в клетках эндосперма, выведение большей части водорастворимых веществ в замочную воду. Для замачивания зерна используют слабый раствор сернистой кислоты (концентрация  $\text{SO}_2$  в воде 0,15...0,20 %), чтобы исключить прорастание зерна и развитие микроорганизмов. В процессе замачивания, которое длится 48...50 ч, зерно набухает. Под действием кислоты его оболочки становятся проницаемыми, что ускоряет переход водорастворимых веществ (сахаров, декстринов, аминокислот, частично белков, пектиновых веществ и т. п.) в замочную воду. Для ускорения химических реакций и повышения скорости диффузии химических соединений замачивание проводят при температуре 48...50 °С. К концу замачивания ферменты почти полностью инактивируются, а из микроорганизмов остаются только термофильные молочнокислые бактерии, сбраживающие сахара до молочной кислоты.

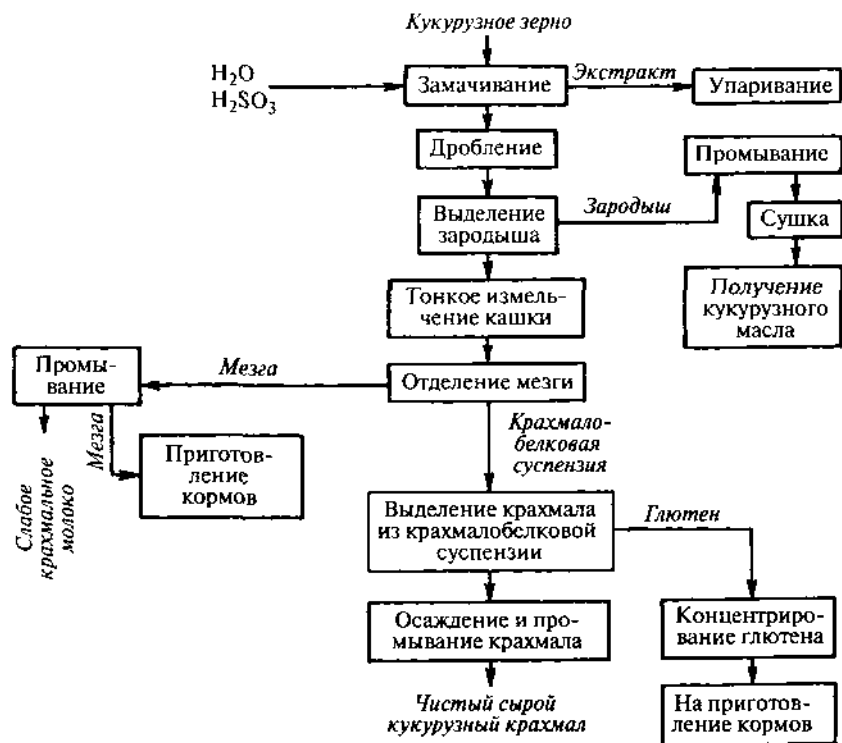


Рис. 23.5. Принципиальная технологическая схема получения сырого кукурузного крахмала

Молочная кислота способствует размягчению зерна. Всего в замочную воду переходит около 6,5 % сухих веществ зерна, которые состоят (% от общего содержания в зерне кукурузы): из минеральных веществ — 70, растворимых углеводов — примерно 42 и азотистых веществ — около 16. При этом зародыш теряет около 60 % своей массы, эндосперм — 13...14 %. Замачивание зерна осуществляют в противотоке. Кукурузное зерно после замачивания может содержать некоторое количество механических примесей, для их отделения используют гидроциклоны, размер которых определяется мощностью предприятия.

**Дробление зерна кукурузы.** Кукурузное зерно дробят так, чтобы отделить зародыш, не повредив его, так как зародыш — ценная составная часть зерна, в котором содержание жира составляет 55 % на сухое вещество. В процессе замачивания зародыш становится эластичным, его связь с эндоспермом и оболочками сильно ослабевает, что облегчает его выделение. Зерно дробят на дисковых дробилках

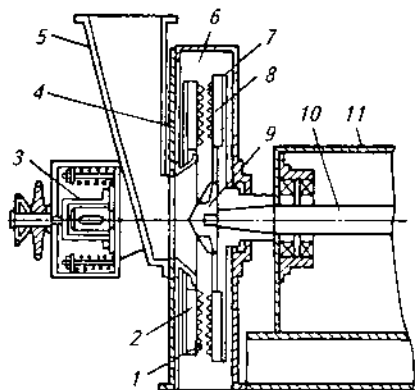


Рис. 23.6. Дробилка марки 3Д2-Д-250

на валу 10 и удерживаемый гайкой с лопатками 9. Под действием центробежной силы продукт попадает между двумя дисками 2 и 8. Диск 2 неподвижен и закреплен на крышке камеры дробления 6. Оба диска снабжены ударными элементами 1 и 7 пирамидальной формы, расположенными по концентрическим окружностям. Диск 2 перемещается в осевом направлении с помощью механизма 3. Вал 10 дробилки заключен в корпус 11. Под действием центробежной силы зерно поступает в зазор между дисками, измельчается и отбрасывается в приемную камеру для измельченного зерна. Измельчение осуществляется по принципу скалывания. Второе дробление проводят так, чтобы обеспечить наиболее полное освобождение связанного зародыша, не повредив его.

**Выделение и промывание зародыша.** Кашка, полученная после первого и второго дробления, содержит зародыш, оболочки зерна, крахмал, глютен и водорастворимые вещества. Необходимо максимально извлечь зародыш из кашки вместе с суспензией крахмала, затем отделить его от суспензии ситованием и далее промыть на ситах для полного удаления свободного крахмала. Для выделения зародыша широко используют гидроциклонные установки. Диаметр цилиндрической части гидроциклонов, применяемых в данном производстве, от 120 до 550 мм и угол конуса от 10 до 15°. Жидкий сход с гидроциклонов направляют на ситовые аппараты различных конструкций для отделения и промывания зародыша. Разделение продукта на дуговом сите СД-1 не требует расхода электроэнергии, процесс идет под действием центробежной силы, возникающей при движении продукта по дуге, имеющей радиус закругления 2,2...2,8 м. Дуговое сито оснащено щелевой колосниковой сеткой с шириной щели 2 мм.

**Тонкое измельчение кукурузной кашки.** Полученная после отделения зародыша кашка представляет собой смесь крупных частиц

ударного действия двукратно. При первом дроблении освобождается 75...85 % зародыша и 20...25 % крахмала, при втором — 15...20 % зародыша и 15...19 % крахмала. После первого дробления кашку процеживают на дуговых ситах и направляют в гидроциклоны для выделения зародыша. Из гидроциклонов кашка поступает на второе дробление, например в дробилку марки 3Д2-Д-250 (рис. 23.6). Продукт поступает через воронку 5, укрепленную на крышке 4. Основной рабочий орган дробилки — ротор, закрепленный

оболочек зерна, связанных с эндоспермом, дробленый чистый эндосперм, свободный крахмал и белок. Для полного высвобождения крахмала кашку подвергают тонкому измельчению. Предварительно на дуговых ситах от нее отделяют свободный крахмал, глютен и часть мелкой мезги. Полученное крахмальное молоко дважды пропускают через капроновые сита определенных номеров и направляют на рафинирование, а сходы с ситовых аппаратов — на измельчение. Тонкий помол кукурузной кашки осуществляют на измельчающих машинах ударного действия РЗ-ПМ2-К-150 и ПМК-50. Кашка поступает в быстровращающийся центробежный ротор, лопасти которого сообщают частицам продукта высокую начальную скорость и направляют их навстречу быстровращающимся пальцам ударного ротора. Кашка интенсивно измельчается, с большой скоростью отбрасывается на неподвижные отражательные пальцы и выводится из машины.

**Отделение мезги.** На современных заводах многократное промывание продукта проводят по принципу противотока, что позволяет минимальным количеством жидкости отмыть максимум свободного крахмала. Отделение крупной мезги и ее трехкратное промывание проводят на дуговых ситах с отверстиями диаметром 0,5...0,6 мм. Промытая крупная мезга не должна содержать более 1,5 % свободного крахмала. Мелкую мезгу отделяют на капроновых ситах, где она четырехкратно промывается водой и поступает на механическое обезвреживание. Содержание свободного крахмала в ней не должно превышать 4 %. Крахмальное молоко поступает на двукратное рафинирование на дуговые сита РЗ-ПРД или СД-1М, оснащенные капроновой ситовой тканью.

**Выделение крахмала из крахмалобелковой суспензии.** Рафинированное крахмальное молоко содержит (%): сухих веществ 11...14, из них крахмала 88...92; белка (глутена) 6...10; жира 0,5...1,0; растворимых веществ 2,5...5; мелкой мезги 0,1; золы 0,2...0,4; рН 3,8...4,2. Глютен содержится в крахмальном молоке в виде взвешенных частиц размером 1...2 мкм, плотность его значительно ниже плотности крахмальных зерен. На этом свойстве и основано их разделение. В настоящее время выделение крахмала из крахмалобелковой суспензии проводят на специальных центробежных сепараторах (рис. 23.7). В корпусе сепаратора 1 находится

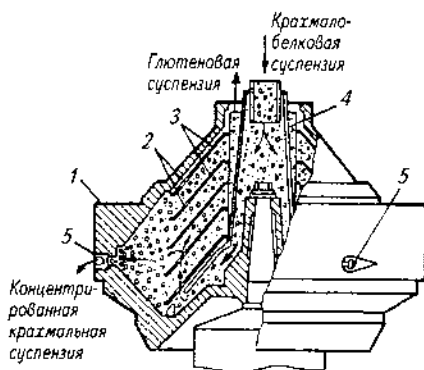


Рис. 23.7. Центробежный сепаратор для разделения крахмалобелковой суспензии

ротор, вращающийся с частотой около  $3000 \text{ с}^{-1}$ . На роторе закреплен пакет конических тарелок 3, имеющих отверстия 2. Между тарелками имеется зазор 1 мм, поэтому разделение продукта идет в тонком слое. Суспензия поступает в центральный канал вращающегося барабана и распределяется по тарелкам через совпадающие отверстия 2. Более тяжелые крахмальные зерна прижимаются к внутренней поверхности каждой тарелки, сползают в периферийную зону ротора и в виде концентрированного крахмального молока выбрасываются через разгрузочные сопла 5 (нижний сход). Более мелкие частицы глютена всплывают в уплотненном крахмальном молоке, прижимаются к наружной поверхности каждой тарелки и под давлением новых порций поступающего в ротор продукта оттесняются к центру. Глютен в виде суспензии низкой концентрации по вертикальному каналу 4 выводится через сопла, расположенные в верхней части ротора (верхний сход). Чтобы выделить весь глютен, крахмальное молоко обрабатывают сразу на нескольких последовательно установленных сепараторах.

**Осаждение и промывание крахмала.** Крахмальное молоко после отделения глютена еще содержит некоторое количество примесей. Поэтому крахмал дополнительно промывают на вакуум-фильтрах в две или три стадии. Промытый крахмал содержит (% сухого вещества): чистого крахмала 98,4...98,7 и примесей (белок, жир и пр.) 1,3...1,6. Его направляют на производство сухого крахмала, крахмальной патоки, кристаллической глюкозы, модифицированных крахмалов и декстрина.

**Выход и коэффициент извлечения крахмала.** В зависимости от качества сырья, технической оснащенности завода и схемы производства выход крахмала колеблется от 60 до 66,6 % к массе безводной кукурузы. Коэффициент извлечения крахмала составляет 86...93,5 %.

**Использование побочных продуктов из кукурузы.** В качестве побочных продуктов из кукурузы получают зародыш, кукурузное масло, кукурузный экстракт, глютен.

**Кукурузное масло.** Для получения кукурузного масла используют зародыш, выход которого составляет 6...7 % к массе безводной кукурузы. Зародыш сушат до влажности 2,0...2,5 %, измельчают на вальцовых станках для получения мятки, а затем подвергают прессованию на шнековых прессах. Выделенное масло поступает на рафинирование, оставшийся после прессования жмых дробят, подогревают на жаровнях и вторичным прессованием дополнительно выделяют из него некоторое количество масла, которое используется для технических целей. Выход кукурузного масла составляет 2,8...3,3 % к массе безводной кукурузы.

**Кукурузный экстракт.** При замачивании зерна кукурузы получают кукурузный экстракт с содержанием сухих веществ 8...9 %, который затем упаривают до содержания сухих веществ 35...40 % и используют при производстве кормов для животных.



Кукурузный экстракт с содержанием сухих веществ 50 % используют при производстве антибиотиков и для получения хлебопекарных прессованных дрожжей.

**Г л ю т е н.** При выделении крахмала из крахмалобелковой суспензии на тарелочных сепараторах в качестве жидкого шхода получают белковую суспензию с содержанием сухих веществ около 1 %. Полученную суспензию на специальном оборудовании разделяют на частично сгущенный глютен и хорошо осветленную глютенную воду. Окончательное сгущение глютена (до 12 % сухих веществ) осуществляют на центробежных сепараторах, затем глютен механически обезвоживают на вакуум-фильтрах или фильтр-прессах до содержания влаги 68...72 % и используют в производстве кормов для животных. Глютенную воду используют для различных технологических целей.

**К о р м а.** Для получения кормов используют жмых (остаток после извлечения масла из зародыша), крупную и мелкую мезгу, сечку (измельченное зерно), стержни початков кукурузы, глютен и экстракт. Все компоненты смешивают в определенном соотношении, высушивают до содержания влаги 12 %, измельчают, просеивают и отправляют на склад. Сухой кукурузный корм должен отвечать требованиям соответствующих ТУ и содержать белка 18...19 %, крахмала 18...25, жира 7...9 и золы 1...4 %.

## 23.2. ПОЛУЧЕНИЕ СУХОГО КРАХМАЛА

Сухой крахмал — это готовая продукция крахмальных заводов, который хорошо хранится и транспортируется, не изменяя своих свойств. Равновесная влага сухого картофельного крахмала 20 %, кукурузного — 13 %. Содержание влаги в сыром крахмале 52 %, причем на долю свободной влаги приходится 12...15 %, на долю сорбционно связанной — 35...38 %. Тепловая обработка крахмала при повышенной исходной влажности может привести к значительным изменениям его свойств: растрескиванию крахмальных зерен, частичной клейстеризации крахмала, потере блеска, снижению вязкости крахмального клейстера. Поэтому процесс сушки крахмала ведут в условиях, не допускающих его перегрева.

Принципиальная технологическая схема производства сухого крахмала состоит из следующих операций: подготовки суспензии крахмала к механическому удалению избыточной влаги; механического обезвоживания крахмала; сушки и отделки сухого крахмала (дробление, просеивание и улаковывание).

**Подготовка суспензии крахмала к механическому удалению избыточной влаги.** Сырой крахмал разводят водой и получают крахмальное молоко с содержанием 12...14 % сухих веществ, затем на ситах отделяют крупные механические примеси, которые могли попасть при транспортировании и погрузке. Далее суспензию об-

рабатывают на капроновых ситах для удаления мелкой мезги и на гидроциклонах для отделения песка. Очищенный крахмал в виде крахмальной суспензии концентрацией 36...38 % направляют в цех для получения сухого крахмала.

**Механическое обезвоживание крахмала.** Способствует экономии расхода теплоты на сушку и получению готового продукта высокого качества. Для этой цели используют фильтрующие горизонтальные непрерывнодействующие центрифуги (ФГН) или вакуум-фильтры. После центрифугирования содержание влаги в кукурузном крахмале должно быть 34...36 %, в картофельном — примерно 38 %.

**Сушка крахмала.** Крахмал сушат в сушилках различных систем, используя в качестве теплоносителя подогретый воздух. Наибольшее распространение получили пневматические сушильные установки ПС-15 (рис. 23.8), в которых обеспечивается хороший контакт крахмала с теплоносителем. Так как процесс сушки протекает очень быстро, сушилки получили название сушилок мгновенного действия. Обезвоженный на центрифугах крахмал через смеситель-питатель 4 поступает в рыхлитель 3, где смешивается с горячим воздухом, предварительно очищенным в фильтре 1 и подогретым в калорифере 2. За счет вакуума, создаваемого вентилятором, крахмаловоздушная смесь поднимается в трубу 5, где происходит высушивание. Недосушенные комочки крахмала возвращаются в смеситель-питатель 4 через карман 6. Высушенный крахмал осаждается в аэроциклонах 7 и через шлюзовые затворы 8 поступает в сборный шнек 9 и бурат 10, транспортирующий воздух очищается в скрубберах 11 и удаляется из сушилки.

**Отделка сухого крахмала.** Из сушилки крахмал выходит температурой 55...60 °С и подается в специальный бурат-охладитель. Охлажденный крахмал поступает в бункер-смеситель, а затем в

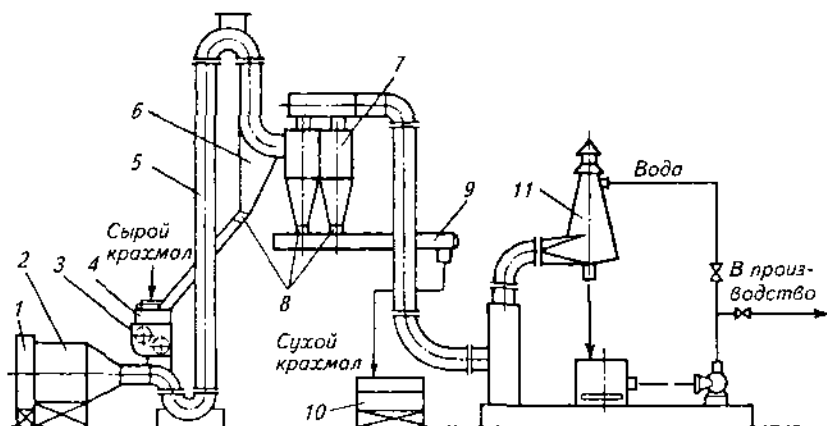


Рис. 23.8. Схема пневматической сушильной установки ПС-15

центробежный бурат для разрушения основной массы комочков крахмала, образовавшихся в процессе сушки. Далее крахмал просеивается в призматическом бурате и поступает на фасование. Сходы с буратов (неразрушенные комочки крахмала) направляют в мельницу для измельчения и последующего просеивания. Этот крахмал оценивается уже как крахмал II сорта. Полученный сухой картофельный и кукурузный крахмал должен отвечать требованиям соответствующих ГОСТов (см. главу 17).

### 23.3. ПОЛУЧЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ КРАХМАЛОВ

Для различных отраслей промышленности кроме обычного сухого крахмала из картофеля и кукурузы выпускают крахмалы с измененными природными свойствами, так называемые *модифицированные* крахмалы. Такие крахмалы получают за счет физических, химических и биохимических воздействий на исходный крахмал. В процессе обработки нативный крахмал претерпевает следующие основные превращения: расщепление (деполимеризация) полисахаридных компонентов крахмала с сохранением или без сохранения зернистой структуры; увеличение количества существующих или появление новых функциональных групп; перестройку структурных полисахаридных цепей, сопровождающуюся расщеплением полисахаридов крахмала; взаимодействие гидроксильных групп крахмала с различными химическими веществами с образованием эфирных связей и присоединением их остатков; одновременную полимеризацию сахаридов из крахмала и других мономеров (сополимеризация) с образованием новых соединений, цепи которых состоят из разнородных звеньев (сополимеров). Если полимеризуются не мономеры, а крупные однородные участки их цепей (блоки), продуктом синтеза являются блок-сополимеры. Модифицированные крахмалы получают в результате одного, двух и более указанных превращений, которые могут протекать одновременно или последовательно.

По характеру изменений все модифицированные крахмалы условно делят на две группы: расщепленные и замешенные крахмалы (эфиры и сополимеры крахмала).

#### 23.3.1. РАСЩЕПЛЕННЫЕ КРАХМАЛЫ

Эти крахмалы называют еще жидкокипящими, так как кластеры таких крахмалов имеют низкую вязкость. Крахмалы этой группы получают путем расщепления полисахаридных цепей, воздействуя на крахмал кислотой, окислителями, амилазами, некоторыми солями и т. д. В результате указанных воздействий происходит хаотичное или направленное расщепление глюкозидных и

других связей, уменьшается молекулярная масса, возникают внутрение и межмолекулярные связи, появляются новые карбонильные и карбоксильные группы. Может происходить частичное нарушение структуры зерен крахмала. Расщепленные крахмалы находят очень широкое применение. Например, крахмалы, модифицированные кислотой, отличаются высокой растворимостью, они образуют жидкий и прозрачный клейстер, способный при охлаждении давать прочный студень. Такой крахмал используют в полиграфии при проклейке бумаги для улучшения качества печати и увеличения ее прочности, в пищевой промышленности — для приготовления жележных конфет, восточных сладостей и других продуктов, а также в химических анализах в качестве индикатора.

**Окисленные крахмалы.** Их получают путем воздействия на крахмал перманганатов, пероксидов, иодной кислоты и ее солей и других соединений. В результате взаимодействий с перечисленными соединениями происходит гидролитическое расщепление глюкозидных связей с образованием карбонильных групп, окисление спиртовых групп в карбонильные, а затем в карбоксильные. Степень окисления зависит от условий проведения реакции и расхода реагента. Эти крахмалы также отличаются способностью давать жидкие клейстеры с высокой стабильностью при хранении. При окислении картофельного или кукурузного крахмала перманганатом калия в кислой среде получают крахмал, используемый в качестве заменителя агара или пектина в производстве кондитерских изделий, стабилизатора в производстве мороженого, продуктов молочной и пищевых концентратной промышленности. Его применяют также в текстильной промышленности. При использовании в качестве окислителя бромата калия, перманганата калия и гипохлорита кальция получают крахмал с невысокой степенью окисления. Такой крахмал используется в хлебопечении. Он улучшает физические свойства теста, повышает газодерживающую способность, позволяет сократить время брожения опары, при этом качество хлеба улучшается: увеличивается объемный выход, улучшается структура пористости мякиша, замедляется процесс черствения хлеба. Окисленные крахмалы находят также широкое применение в бумажной промышленности для проклейки бумаги, в прачечных — для подкрамаливания белья, в строительной промышленности — для производства изоляционных материалов.

**Набухающие крахмалы.** К группе набухающих относят модифицированные крахмалы, полученные при влаготермической обработке, которая вызывает частичное или полное разрушение структуры крахмальных зерен. В суспензию крахмала вводят химические реагенты (алюминиево-калиевые квасцы, соли фосфорной кислоты, метилцеллюлозу и другие реагенты в зависимости от назначения получаемых крахмалов), выдерживают в течение некоторого времени при определенной температуре и подают на вальцовые сушилки для клейстеризации и сушки. Крахмал сушат в тон-

ком слое, затем пленки срезают с барабана, измельчают, просеивают и фасуют. Набухающие крахмалы широко используют для технических целей в нефтяной и газовой промышленности, в производстве бумаги, для брикетирования кормов. В пищевой промышленности их применяют для производства пудингов быстрого приготовления, безбелковых продуктов (хлеба, макарон), для стабилизации влаги кондитерских пен. В этом случае химические реагенты при их производстве не используются.

**Экструзионные крахмалы и крахмалопродукты.** По своим свойствам к группе набухающих крахмалов относят также экструзионные крахмалы и крахмалопродукты. Но по методу обработки это крахмалы, полученные в условиях интенсивной влаготермической обработки при повышенных (до 35 %) влажности и температуре (до 200 °С) и значительном механическом воздействии. В результате такой обработки зерна крахмала теряют свою первоначальную структуру и свойства, что позволяет получать новые виды продуктов. Крахмалопродукты этой группы получают на экструзионных установках и используют для получения новых видов крахмалобелковых продуктов, капсулирования летучих веществ, пряностей и др. в матрице из крахмала.

### 23.3.2. ЗАМЕЩЕННЫЕ КРАХМАЛЫ

К группе замещенных крахмалов и сополимеров крахмала относятся крахмалы, свойства которых изменяются в результате присоединения химических радикалов или совместной полимеризации с другими высокомолекулярными соединениями. Получение модифицированных крахмалов, таких, как простые и сложные эфиры и сополимеры крахмала, основано на возможности концевых редуцирующих групп, спиртовых групп у второго, третьего и шестого углеродных атомов глюкозных остатков вступать в реакции замещения с различными органическими и неорганическими соединениями.

**Фосфатные крахмалы.** К ним относятся монокрахмалофосфаты, когда одна гидроксильная группа глюкозного остатка этерифицирована одной из кислотных групп остатка фосфорной кислоты или ее солей, и дикрахмалофосфаты, когда гидроксилы глюкозных остатков разных цепей взаимодействуют с двумя кислотными группами фосфорной кислоты или ее солей. Фосфатные крахмалы образуют клейстеры, стабильные к замораживанию, поэтому их используют при производстве продуктов, длительное время сохраняемых в замороженном виде, в производстве мучных кондитерских изделий, майонезов, кремов, соусов, продуктов детского и диетического питания. Фосфатные крахмалы находят также широкое применение в технических целях. Дикрахмалофосфаты амилопектиновых крахмалов повышают качество фруктовых

начинок для пирогов, их используют в качестве загустителей и стабилизаторов консервируемых продуктов, подвергающихся стерилизации.

Ацетилированные крахмалы (ацетаты крахмала). Для приготовления этих видов модифицированных крахмалов используют ледяную уксусную кислоту, уксусный ангидрид и другие реагенты. Процесс ацетилирования комбинируют с введением специальных реагентов, обеспечивающих появление поперечных связей, что улучшает устойчивость клейстеров к действию высоких температур, к перемешиванию и низким значениям рН. Такие крахмалы используют при производстве консервированных, замороженных, сухих продуктов питания. Ацетилированные крахмалы применяют в текстильной промышленности и бумажном производстве.

Сополимеры крахмала. Эту разновидность модифицированных или поперечносвязанных крахмалов получают путем образования между двумя полисахаридными цепочками поперечных связей. Образования поперечных связей добиваются с помощью различных химических реагентов: формальдегида, эпихлоргидрина, триметафосфата натрия. При введении незначительного количества радикалов свойства крахмалов резко изменяются — повышаются вязкость и стабильность клейстера, снижается растворимость, усиливается способность образовывать пленку и т. д. Сшитые крахмалы используют в пищевой, бумажной, текстильной промышленности для повышения устойчивости материалов при тепловой или механической обработке.

## 23.4. ПОЛУЧЕНИЕ ДЕКСТРИНА

Декстрин получают в результате расщепления сухого крахмала при термической обработке в присутствии катализатора или без него. В качестве катализаторов используют кислоту (хлороводородную, азотную и др.), щелочи и соли (алюминиево-калиевые квасцы и др.). В результате обработки крахмал претерпевает сложные превращения, включающие ряд химических реакций. Декстрин получают с разной степенью расщепления крахмала и используют в различных отраслях народного хозяйства, главным образом в качестве клеящего средства. Качество декстрина регламентируется требованиями ГОСТ 6034.

## 23.5. ПОЛУЧЕНИЕ КРАХМАЛЬНОЙ ПАТОКИ

Крахмальная патока — продукт неполного гидролиза крахмала разбавленными кислотами или амилолитическими ферментами. Патока представляет собой бесцветную или слегка желтоватую,

очень вязкую жидкость со сладким вкусом. Сладость ее в 3...4 раза ниже сладости сахарозы. В зависимости от степени гидролиза крахмала патока содержит различное количество редуцирующих веществ (глюкозы, мальтозы) и декстринов. Патока используется в качестве дополнительного сырья при получении отдельных видов пищевой продукции. В зависимости от назначения различают три вида крахмальной патоки: карамельную (К), карамельную низкоосахаренную (КН) и глюкозную высокоосахаренную (ГВ). В свою очередь, карамельная патока выпускается двух сортов: высшего (КВ) и первого (К1). Особое место занимает мальтозная патока, содержащая не менее 65 % редуцирующих веществ в пересчете на мальтозу. Патока классифицируется в зависимости от углеводного состава, который определяется по общему содержанию редуцирующих веществ (РВ). Содержание редуцирующих веществ в карамельной патоке 38...44 %, в карамельной низкоосахаренной — 30...34 % и в глюкозной высокоосахаренной — 44...60 %. Карамельная низкоосахаренная патока используется при производстве карамели в качестве антикристаллизатора, глюкозная высокоосахаренная — в качестве сахаристого вещества при производстве варенья, фруктовых консервов, хлебобулочных изделий и т. д.

Кроме перечисленных сортов промышленность выпускает мальтозную патоку, которая по сравнению с обычной карамельной патокой отличается высоким содержанием мальтозы, большей сладостью, более низкой вязкостью, меньшей гигроскопичностью и большей стойкостью при хранении. Содержание глюкозы в ней не превышает 10 %. Она может быть использована для приготовления карамели в качестве антикристаллизатора и для других целей. Мальтозную патоку получают, используя для гидролиза крахмала ячменный солод, в котором присутствует  $\beta$ -амилаза, или ферментные препараты. Первые стадии гидролиза можно осуществлять как кислотным, так и ферментативным методом. В качестве разжижающего фермента используют бактериальную  $\alpha$ -амилазу (амилосубтилин Г10х), а в качестве осахаривающего — амилоризин Г10х. Процесс осахаривания проводят при температуре 55 °С в течение 20...40 ч в зависимости от дозировки ферментного препарата.

Качество всех видов выпускаемой патоки должно соответствовать требованиям ГОСТа (см. главу 17).

Патоку получают путем гидролиза крахмала. Этот процесс каталитический. В качестве катализатора используют либо концентрированную хлороводородную кислоту, либо ферментные препараты.

Кроме этого используется также комбинированный способ, когда на первых стадиях гидролиза используют HCl, а осахаривание гидролизатов ведут с использованием ферментных препаратов. Технологическая схема получения патоки включает в себя следующие стадии: подготовка крахмала к гидролизу; гидролиз крахмала; нейтрализация гидролизатов или инактивация фермен-

тов; фильтрование сиропов; обесцвечивание фильтрованных сиропов адсорбентами; уваривание жидких сиропов до густых; уваривание густых сиропов до патоки; охлаждение патоки.

**Подготовка крахмала к гидролизу.** Сырье, поступающее на производство патоки, должно содержать минимальное количество примесей, так как они оказывают отрицательное влияние на ход технологического процесса и качество готовой патоки. Обычно перерабатывается крахмал, поступающий с различных предприятий, поэтому его подвергают очистке по той же схеме, что и при выработке сухого крахмала.

**Гидролиз крахмала.** В крахмалопаточном производстве используют три способа проведения гидролиза крахмала: кислотный в присутствии катализатора — хлороводородной кислоты; кислот-но-ферментативный и ферментативный. Для ферментативного гидролиза используют амилолитические ферменты —  $\alpha$ -амилазу,  $\beta$ -амилазу, глюкоамилазу, а при производстве глюкозофруктозных сиропов — изомеризирующие ферменты — глюкоизомеразы.

**Кислотный гидролиз крахмала.** Кислотный гидролиз крахмала используется достаточно широко. Для гидролиза применяют крахмальное молоко определенной плотности при температуре 140...145 °С. Гидролиз включает клейстеризацию крахмала, разжижение крахмального клейстера и его осахаривание. Степень осахаривания крахмала зависит от вида и назначения конечного продукта. На первых стадиях гидролиза происходит ослабление и разрыв связей между макромолекулами амилозы и амилопектина, нарушается структура крахмальных зерен, образуется гомогенная масса с высокой вязкостью. Под действием катализатора в длинных цепочках молекул крахмала разрываются  $\alpha$ -1,4- и  $\alpha$ -1,6-глюкозидные связи и к месту разрыва присоединяется молекула воды. В результате гидролиза образуются продукты с различной молекулярной массой (декстрины, мальтоза), нарастает количество свободных альдегидных групп, уменьшается степень полимеризации. Вязкость клейстера при этом резко падает — он разжижается. В разжиженном продукте легче протекают дальнейшие процессы разрыва крахмальной молекулы вплоть до образования конечного продукта — глюкозы. Кислотный гидролиз крахмала проводят в конверторах периодического действия или осахаривателях непрерывного действия. Конвертор (рис. 23.9) представляет собой цилиндрическую емкость со сферическим днищем и крышкой, изготовленную из стали или бронзы. На крышке конвертора расположены штуцер 2 для сообщения с атмосферой через ловушку 1, штуцер 6 для ввода крахмальной суспензии и подкисленной воды по трубам 4 и 5, предохранительный клапан 7 и манометр 3. В нижнюю часть аппарата через барботер 10 подают пар для перемешивания крахмальной суспензии, а по трубе 8 — пар для предотвращения образования комков клейстера под барботером. Пробы сиропа для анализа отбирают через трубу 9, а готовый



сироп выдувают из аппарата в нейтрализатор по трубе 11. Гидролиз ведут при температуре 140...145 °С. Хлороводородная кислота дозируется из расчета 0,1...0,12 % газа HCl к массе сухих веществ перерабатываемого сырья. Величина pH гидролизуемой массы в конвертере должна быть на уровне 1,8...2,2. Процесс заваривания крахмала ведут при избыточном давлении 0,02...0,03 МПа, а процесс разжижения — при избыточном давлении 0,25...0,28 МПа. Процесс осахаривания крахмала длится несколько минут. Контроль за гидролизом осуществляют по окраске отбираемых проб с иодом. Осахаривание крахмала в конвертере осуществляется периодическим способом, поэтому неизбежны колебания в содержании редуцирующих веществ в получаемой патоке, повышенный расход пара и другие недостатки. Гидролиз целесообразнее проводить в аппаратах непрерывного действия, обеспечивающих равномерность и требуемую скорость процессов нагрева, клейстеризации крахмала и осахаривания гидролизатов, а следовательно, и высокое

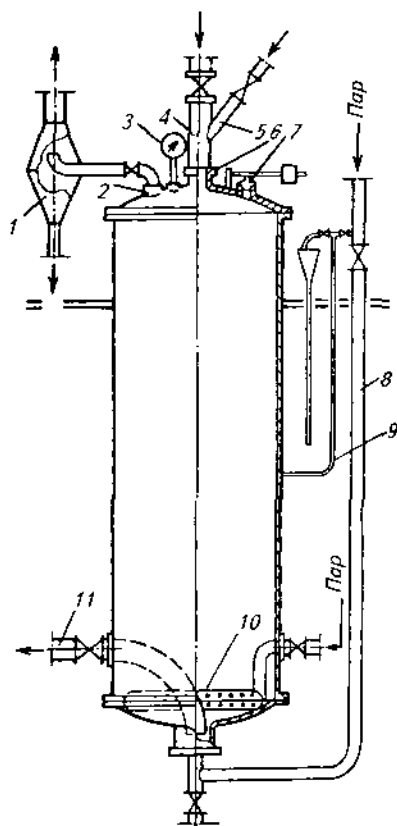


Рис. 23.9. Схема конвертера для гидролиза крахмала

качество конечного продукта. Суспензию крахмала с содержанием сухих веществ 40 % из сборника 1 (рис. 23.10) подкисляют хлороводородной кислотой из сборника 4 в специальном сборнике 2, откуда смесь насосом 3 последовательно перекачивают в пять трубчатых теплообменников 6. Обогревающий пар под давлением 0,45 МПа подается в межтрубное пространство каждого теплообменника и обеспечивает температуру осахаривания (143 °С). После теплообменников продукт поступает в зону осахаривания — медные трубы 7. Температура перед зоной осахаривания поддерживается специальным регулятором 5 на уровне 144...146 °С. Из зоны осахаривания продукт направляется в испаритель 8, а затем в сборник окончательной нейтрализации 10. Для нейтрализации сиропа из сборника 9 насосом 11 подают кальцинированную соду.

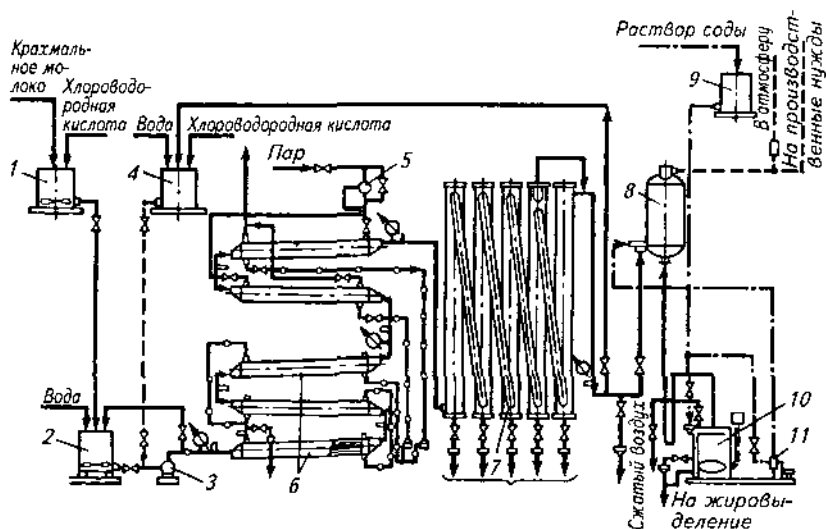


Рис. 23.10. Схема аппарата НОК-300М для непрерывного осахаривания крахмала

Несмотря на дешевизну катализатора и быстроту проведения, кислотный гидролиз крахмала имеет весьма существенные недостатки. Гидролизаты получаются невысокого качества из-за наличия в них продуктов реверсии глюкозы, термического кислотного разложения углеводов, продуктов разрушения белковых примесей крахмала под действием кислоты и высокой температуры и минеральных примесей, которые образуются при нейтрализации кислоты после гидролиза. При кислотном гидролизе крахмала не удается достичь также достаточно полного осахаривания крахмала.

Кислотно-ферментативный гидролиз крахмала. Для проведения гидролиза крахмала на любой его стадии целесообразно использовать ферменты. Благодаря направленности и специфичности действия ферментов можно вырабатывать патоку с различным составом углеводов. Получаемые гидролизаты имеют высокое качество, низкую цветность, так как ферментативный гидролиз идет при значительно более низких температурах и рН, близких к нейтральным. Глюкозный эквивалент (ГЭ) может достигать 98 %, что значительно повышает выход кристаллического продукта в производстве глюкозы.

Для проведения кислотно-ферментативного гидролиза (рис. 23.11) суспензию крахмала подкисляют хлороводородной кислотой в сборнике 1 до рН 1,8...2,5 и подают в непрерывнодействующий осахариватель 2, где ее нагревают до 140 °С в течение 5 мин, затем кислоту нейтрализуют раствором кальцинированной соды до рН 6,0...6,5. Продукт практически мгновенно охлаждают в

циклоне-испарителе 3 до 85 °С и тотчас же добавляют раствор α-амилазы, а затем с помощью насоса 4 перекачивают в реактор 5. В качестве разжижающего фермента используют ферментный препарат амилосубтилин Г10х с оптимальным действием при 85 °С и рН 6,2...6,5. Гидролиз в трубчатом реакторе 5 длится 30 мин. Полученный гидролизат имеет ГЭ 10...13 % и обладает хорошими фильтрационными свойствами. Затем гидролизат осахаривают с помощью очищенной глюкоамилазы — глюконигрина Г20х при производстве кристаллической глюкозы и с помощью глюкоаваморина Г20х при производстве крахмальных патоки. Осахаривание ведут при 60 °С и рН, оптимальном для действия фермента, до необходимого глюкозного эквивалента. Затем фермент инактивируют прогреванием продукта при 80 °С в течение 20 мин.

**Ферментативный гидролиз крахмала.** Для проведения ферментативного гидролиза в суспензию крахмала вводят раствор кальцинированной соды до достижения рН 6,0...6,5, раствор бактериальной α-амилазы (ферментного препарата амилосубтилина Г10х) и ее стабилизаторов. Смесь подогревают острым паром до 85 °С и выдерживают при этой температуре в течение 1,5 ч. Для улучшения фильтрационных свойств гидролизат подогревают до 140 °С в течение 5 мин. Затем температуру разжиженного крахмала быстро снижают до 60 °С и осахаривают полученный гидролизат препаратами очищенной глюкоамилазы в условиях, оптимальных для ее действия, до достижения требуемого глюкозного эквивалента. При выдерживании осахаренного продукта при 80 °С в течение 20 мин глюкоамилазная активность исчезает полностью.

**Нейтрализация гидролизатов.** Если гидролиз крахмала проводился с помощью кислоты, по достижении заданной степени осахаривания крахмала необходимо провести нейтрализацию гидролизатов для прекращения гидролиза и перевода свободных минеральных кислот, недопустимых в пищевых продуктах, в безвред-

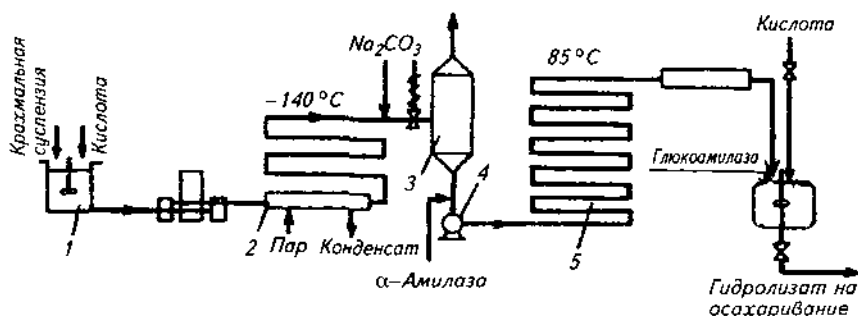


Рис. 23.11. Схема непрерывного разжижения крахмала кислотно-ферментативным гидролизом

ные соли, а также создания оптимальных условий для последующей очистки сиропов от примесей. Гидролизаты, осаждающиеся с помощью хлороводородной кислоты, нейтрализуют только содой. Нейтрализованный сироп не должен иметь рН ниже 4,5...4,9, что обеспечивает устойчивость глюкозы, коагуляцию белков и наилучшие условия обесцвечивания сиропов углями. Нейтрализацию проводят очень осторожно при интенсивном перемешивании, чтобы не допустить даже местного перещелачивания раствора. В противном случае глюкоза разлагается с образованием окрашенных продуктов, кислые фосфаты перейдут в средние, что приведет к потемнению и помутнению патоки при хранении. Процесс осуществляют в специальных нейтрализаторах периодическим или непрерывным способом. Конструкция аппарата должна обеспечивать быстрое смешивание соды с кислотой и улавливание капель сиропа из отходящих паров.

**Подготовка сиропов к фильтрованию.** Промышленные гидролизаты паточного производства содержат от 0,9 до 1,9 % взвешенных частиц. Основную массу нерастворимых примесей составляет белок, который под действием кислоты и высокой температуры полностью денатурирует и подвергается пептизации. В процессе осахаривания кукурузного крахмала высвобождаются жир и жирные кислоты (0,2...0,4 % к массе СВ). Часть нерастворимых примесей составляет мезга, содержащаяся в крахмале. Все эти примеси удаляют фильтрованием гидролизатов. Чтобы облегчить процесс фильтрования, некоторую часть примесей предварительно выделяют путем отстаивания сиропов в специальных отстойниках — скиммерах или обработкой их на тарельчатых сепараторах с периодической или непрерывной выгрузкой осадка.

**Фильтрование сиропов.** Гидролизат фильтруют для более полного выделения взвесей. Осадки в основном состоят из скоагулированных хлопьев белка, легко сжимаемых и труднопроницаемых, поэтому для облегчения фильтрования в сироп добавляют пористый наполнитель (перлит, диатомит). На большинстве предприятий гидролизаты фильтруют на вакуум-фильтрах, работающих с микросъемом осадка, или автоматических фильтр-прессах (ФПАК). Фильтрование проводят при температуре гидролизатов 75...80 °С, при этом давление может достигать 0,3...0,5 МПа. Для успешного фильтрования гидролизатов большое значение имеют материалы, применяемые в качестве намывного слоя.

**Обесцвечивание фильтрованных сиропов адсорбентами.** После фильтрования паточные сиропы превращаются в прозрачные жидкости желтого цвета. К красящим веществам паточного сиропа относятся продукты гидролиза белков, разложения углеводов, реакции меланоидинообразования и др. Наряду с красящими веществами в сиропе присутствуют кислые фосфаты, обуславливающие кислотность патоки, некоторые минеральные вещества, растворимые белки, органические кислоты и др.

Цель очистки паточного сиропа адсорбентами — это полное его обесцвечивание, устранение запаха и удаление примесей. В качестве адсорбентов применяют активный уголь. Гидролизаты однократно обрабатывают углем в специальных реакторах. Порошкообразный активный уголь используют в виде водной суспензии концентрацией 25 %. Ее вводят непосредственно в сироп, температура которого 65...70 °С, и постоянно перемещивают в течение 20...30 мин. После обработки адсорбент удаляют фильтрованием сиропов.

**Уваривание жидких сиропов до густых.** Для получения густого сиропа с минимальной цветностью и экономии расхода теплоты сгущение жидкого сиропа концентрацией 35...40 % до густого (55...57 %) осуществляют в многокорпусных (трехкорпусных) выпарных аппаратах под разрежением. Наибольшее распространение получили выпарные аппараты вертикального типа (ВВ). Перед первым корпусом сироп подогревают до 97 °С, температура кипения сиропа в этом корпусе 100 °С, во втором корпусе 86 °С, а в третьем 67,7 °С.

**Уваривание густых сиропов до патоки.** Очищенный густой сироп концентрацией сухих веществ 55...57 % уваривают в вакуум-аппаратах до патоки с содержанием сухих веществ не менее 78 %. Уваривание осуществляют при температуре не выше 60 °С в течение 50...55 мин.

**Охлаждение патоки.** Патока выходит из вакуум-аппарата температурой 60...65 °С. Так как это вязкий продукт, естественное охлаждение идет очень медленно при быстром нарастании цветности за счет образования красящих веществ. Чтобы избежать этого, патоку быстро (в течение 40...80 мин) охлаждают до температуры 40...45 °С в специальных теплообменных аппаратах. Затем патоку фасуют и хранят.

## 23.6. ПОЛУЧЕНИЕ ГЛЮКОЗЫ И ГЛЮКОЗОСОДЕРЖАЩИХ ПРОДУКТОВ

В промышленных масштабах глюкозу получают из крахмала и крахмалсодержащего сырья. В зависимости от технологии переработки сырья производят следующие виды продуктов: кристаллическую гидратную глюкозу, медицинскую гидратную и ангидридную глюкозу, пищевую кусковую, брикетированную, гранулированную и порошкообразную глюкозу, техническую глюкозу и глюкозофруктозные сиропы.

Медицинскую гидратную глюкозу применяют для внутривенных вливаний, ангидридную — для приготовления таблеток. Пищевая глюкоза используется как заменитель свекловичного сахара в хлебопечении, при производстве восточных сладостей и мягких конфет, фруктового мороженого и безалкогольных напитков,

в медицинской промышленности — при производстве антибиотиков. Техническая глюкоза используется в бродильном и кожевенном производствах, при выработке вискозы, в медицинской и микробиологической промышленности — для приготовления питательной среды при выращивании микроорганизмов. Глюкозо-фруктозные сиропы находят применение в производстве безалкогольных напитков, соков, джемов, помадки, зефира, пастилы, жевательной резинки и т. д.

Принципиальная технологическая схема получения глюкозы и глюкозосодержащих продуктов приведена на рис. 23.12. Как видно из схемы, производство глюкозы можно условно разделить на две стадии: первая — это получение высокодоброкачественных глюкозных сиропов, вторая — получение из них глюкозы или глюкозосодержащих продуктов. Процесс получения высокодоброкачественных глюкозных сиропов состоит из тех же технологических операций, что в паточном производстве: подготовки крахмальной суспензии; гидролиза крахмала (кислотного или ферментативного); нейтрализации кислоты или инактивации фермента; очистки сиропов адсорбентом; уваривания и охлаждения глюкозного сиропа, и осуществляется практически на том же оборудовании. Отличия состоят в стадии кристаллизации и последующих операциях, связанных с особенностями производимой продукции.

**Кристаллическая гидратная глюкоза.** При производстве кристаллической гидратной глюкозы получают глюкозный сироп при кислотном гидролизе крахмала чистотой 91...93 % и при ферментативном чистотой 98 %, затем его охлаждают до 48...50 °С, фильтруют и помещают в кристаллизатор. В качестве затравки кристаллов вводят utfель предыдущей кристаллизации в количестве 10...30 % массы utfеля в кристаллизаторе. Процесс смешивания сиропа с затравкой длится 12...24 ч, температура utfеля при этом снижается до 43...44 °С. Коэффициент пересыщения в начале кристаллизации равен 1,25...1,30. Процесс кристаллизации глюкозы идет 110...120 ч, температура utfеля снижается до 25 °С. Полученный utfель представляет собой смесь кристаллов глюкозы и межкристалльного раствора. Для отделения кристаллов его центрифугируют. Кристаллы глюкозы промывают конденсатом или смягченной водой, свободной от солей железа. Расход воды составляет 20...25 % к массе сырой глюкозы. Влажность сырых кристаллов глюкозы 12...15 %, их сушат до 8...9 %. Температура воздуха, поступающего в сушилку, не должна превышать 48...55 °С, а температура кристаллов глюкозы — 45...55 °С, так как уже при 60 °С кристаллы гидратной глюкозы начинают плавиться в собственной кристаллизационной влаге. После высушивания кристаллическая глюкоза проходит через магнитный сепаратор, а затем ее фасуют.

**Медицинская глюкоза.** Медицинскую гидратную или ангидридную глюкозу получают из кристаллов гидратной кристаллической

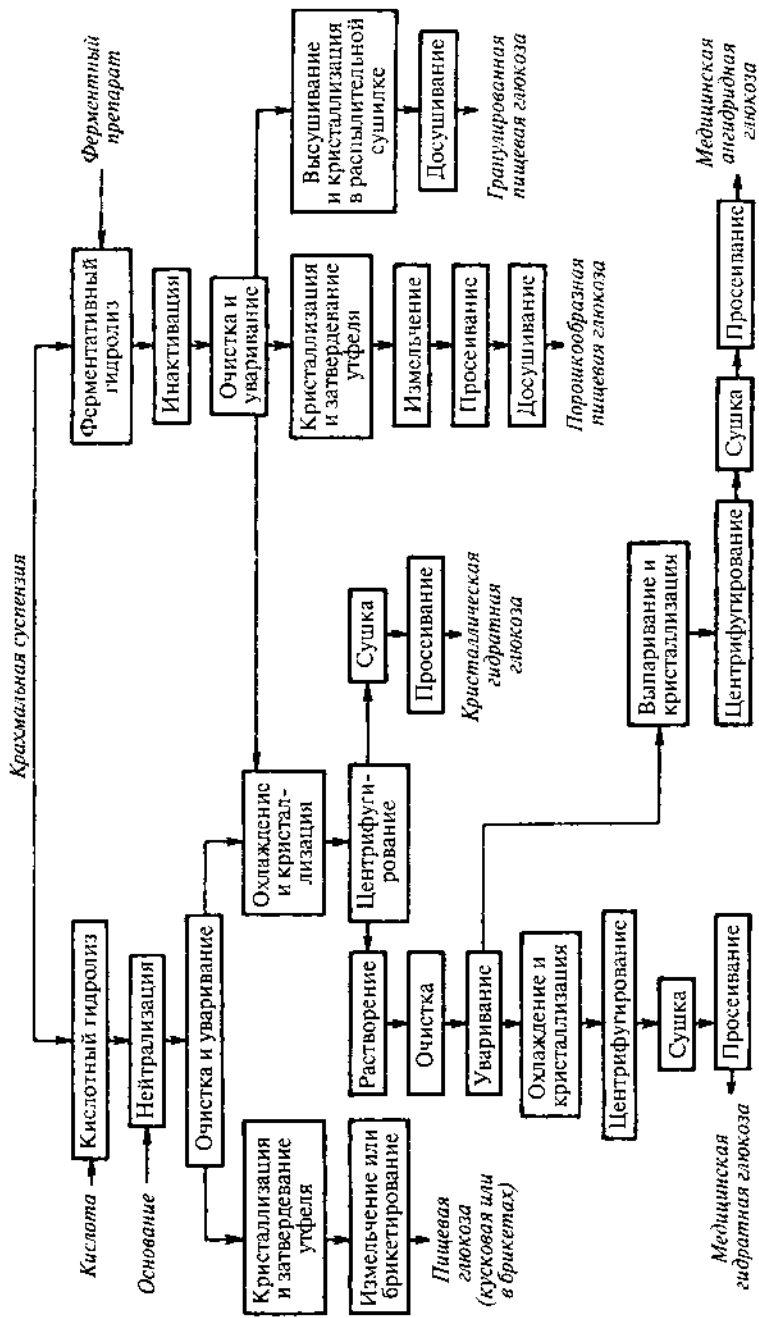


Рис. 23.12. Принципиальная технологическая схема получения глюкозы и глюкозосодержащих продуктов

глюкозы, которые подвергают перекристаллизации из дополнительно очищенных сиропов. Для получения медицинской гидратной глюкозы кристаллическую гидратную глюкозу растворяют в смеси патак, полученных при центрифугировании утфеля и промывании кристаллов перекристаллизованной глюкозы. Полученный сироп концентрацией сухих веществ 72...72,5 % очищают активным углем, фильтруют и заливают в кристаллизаторы. В качестве затравки также используют утфель предыдущей кристаллизации в количестве 15 % от вместимости кристаллизатора. По окончании кристаллизации межкристальный раствор отделяют центрифугированием, кристаллы промывают дистиллированной водой, сушат, просеивают и фасуют. Для получения медицинской ангидридной глюкозы также используют кристаллическую гидратную глюкозу. Сироп готовят концентрацией сухих веществ 55...60 %. После очистки и фильтрования его подают в вакуум-аппарат для уваривания до 82...84 % сухих веществ. Затем в сироп вносят затравку кристаллов в количестве 0,03 % к массе сиропа в вакуум-аппарате. Процесс наращивания кристаллов ангидридной глюкозы длится 6...8 ч. При этом в аппарат систематически подают сироп, чтобы обеспечить наращивание кристаллов и предотвратить образование новых. Окончательное сгущение утфеля ведут до содержания в сиропе 88...89 % сухих веществ. Утфель спускают в кристаллизатор, где он охлаждается до 50...55 °С в течение 1 ч, а затем направляется на центрифугирование. Пробеливание кристаллов ведут дистиллированной водой. Влажные кристаллы сушат, просеивают и упаковывают.

**Пищевая глюкоза.** Для получения пищевой глюкозы глюкозный сироп концентрацией сухих веществ 79...80 % подают в кристаллизатор, добавляют затравку в виде утфеля предыдущего приготовления в количестве 5...10 % к массе сиропа, тщательно перемешивают в течение 1,0...1,5 ч, а затем охлаждают до 40 °С. Загустевшую массу разливают в картонные короба. Глюкоза кристаллизуется, кристаллы, срастаясь, захватывают межкристальный раствор, и смесь превращается в твердую пищевую глюкозу. Пищевую глюкозу выпускают в виде кусков, блоков или брикетов. Ферментативный гидролиз крахмала позволяет получать пищевую глюкозу более высокого качества, так как в межкристальном растворе уменьшается количество примесей.

**Техническая глюкоза.** Для получения технической глюкозы используют кислотный гидролиз крахмала. Полученный сироп с содержанием сухих веществ 75...80 % охлаждают до 40...45 °С и направляют в кристаллизаторы. В качестве затравки кристаллов вносят 10 % к массе сиропа измельченной глюкозы или утфеля предыдущего цикла. Кристаллизацию ведут при постоянном перемешивании и охлаждении смеси до 28...30 °С и выпадения большого количества мелких кристаллов, которые от межкрис-



тальной жидкости не отделяют. Всю массу разливают в металлические формы, где она затвердевает в течение 2...3 сут. Затем продукт вынимают из тары и выдерживают еще 2...3 сут до затвердевания, измельчают и упаковывают. Полученная глюкоза по качеству должна отвечать требованиям ГОСТов (см. главу 17).

**Получение глюкозофруктозных сиропов из крахмала.** Глюкозофруктозные сиропы находят широкое применение при производстве детского и диетического питания, хлебобулочных изделий, безалкогольных напитков, мороженого, кремов, тортов, пирожных и т. д. Сироп с содержанием фруктозы 90 % позволяет производить пищевые продукты пониженной калорийности благодаря снижению содержания сахара в рецептуре изделий.

Глюкозофруктозные сиропы получают из крахмала при его ферментативном разжижении и осахаривании. Доброкачественность таких гидролизатов 97...98 %, а содержание глюкозы в них составляет 95...97 %. Гидролизаты очищают и уваривают в вакуум-аппаратах при температуре 65 °С и рН 6,5...8,5. Изомеризацию глюкозы в фруктозу проводят с помощью фермента глюкоизомеразы. Используют иммобилизованные (закрепленные на носителе) ферменты, пригодные к многократному использованию. Процесс изомеризации глюкозы длится 20...24 ч до достижения содержания фруктозы в гидролизате 42 %. После чего сироп отстаивают в течение нескольких часов и сливают так, чтобы осевший на дно фермент был покрыт слоем сиропа во избежание его контакта с воздухом. В реактор вновь подают свежий субстрат, и начинается следующий цикл. Фермент используют от 5 до 30 дней, а затем удаляют. Полученный сироп подкисляют хлороводородной кислотой до рН 4,5, очищают ионообменными смолами и обесцвечивают активным углем. Далее сироп уваривают в выпарных аппаратах до содержания сухих веществ 71...74 %. Процесс ведут при температуре 60 °С, так как при более высокой температуре фруктоза разлагается. Глюкозофруктозные сиропы требуют соблюдения особых условий хранения. Их охлаждают до 30 °С для сохранения свойств и хранят при 29...35 °С, чтобы предотвратить кристаллизацию глюкозы и нарастание цветности. В настоящее время вырабатывают сиропы с содержанием фруктозы 50...60 % путем частичной кристаллизации глюкозы и извлечения ее из сиропа. Можно вырабатывать также сиропы с содержанием фруктозы 60...90 %, такие сиропы сохраняются и транспортируются значительно лучше.

#### *Контрольные вопросы*

1. Как получают сырой картофельный и кукурузный крахмалы?
2. Каков средний химический состав картофеля и кукурузы?
3. Какие виды патоки вы знаете?
4. Где используются модифицированные крахмалы?
5. Где используется глюкозофруктозный сироп?

# ТЕХНОЛОГИЯ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Кондитерские изделия в зависимости от технологического процесса и вида сырья подразделяют на две группы: сахарные и мучные. В каждую из этих групп входит несколько видов изделий. К сахарным изделиям относятся шоколад, какао-порошок, конфеты, карамель, мармелад, пастила, ирис, драже и халва, к мучным — печенье, галеты, крекер, вафли, пряники, кексы, рулеты, торты и пирожные. Доля мучных кондитерских изделий в общем производстве составляет около 40 %.

Кондитерские изделия обладают большой калорийностью, усвояемостью, низким содержанием влаги, приятным вкусом, тонким ароматом и привлекательным внешним видом, что обуславливает их высокую пищевую ценность. Энергетическая ценность кондитерских изделий в расчете на 100 г продукта колеблется от 1200 (мармелад) до 2300 кДж (шоколад).

### 24.1. ХАРАКТЕРИСТИКА СЫРЬЯ

Основные виды сырья, применяемые в кондитерской промышленности: сахар, глюкоза, патока, мед, жиры, молоко и молочные продукты, яйца и яйцепродукты, какао-бобы, орехи, фруктово-ягодные полуфабрикаты, мука, крахмал, вкусовые и ароматические вещества, химические разрыхлители и др.

Сахар (сахароза) используется в виде рафинированного сахара-песка или водного раствора (сиропа). Содержание сахарозы в сахар-песке в пересчете на сухое вещество 99,75...99,99 %, содержание влаги не более 0,14 %, а для сахара-песка бестарного хранения 0,05 %. Сахарный сироп, поступающий с сахарорафинадных заводов, может быть как чисто сахарным, так и сахароинвертным с разным соотношением сахарозы и инвертного сахара. На кондитерские фабрики сахар-песок поступает двумя способами: тарным (в мешках) или бестарным (в вагонах или автомобилях). Хранят его также двумя способами: в мешках (таре) или в складах для бестарного хранения (силосах). Перед подачей в производство сахар-песок просеивают через сито и подвергают магнитной очистке для освобождения от металломагнитных примесей.

Глюкоза, используемая при выработке детского и диетического ассортимента кондитерских изделий вместо сахара-песка (с полной или частичной его заменой), поступает на предприятия в виде кристаллического порошка белого цвета и хранится при относительной влажности воздуха не выше 65 %.

При производстве сахарных кондитерских изделий в качестве антикристаллизатора используют патоку. При производстве муч-

ных изделий для придания тесту пластичности, а гошовым изделиям — мягкости и рассыпчатости вводят патоку в количестве до 2 % к массе сырья. Патока поступает на предприятия в железнодорожных цистернах и в разогретом виде (40...45 °С) перекачивается в баки. Перед применением патоку подогревают до той же температуры и процеживают через сито.

Для производства мучных кондитерских изделий в качестве основного вида сырья используется пшеничная мука высшего и I сортов, которая поступает и хранится на предприятиях в основном бестарным способом.

Крахмал в кондитерской промышленности применяется в качестве рецептурного компонента при производстве мучных изделий и в качестве формового для производства конфет.

Для приготовления мучных изделий, конфет, карамели с начинкой, шоколада и халвы используют жиры, которые являются в большинстве изделий структурообразователями. Одновременно они способствуют повышению пищевой ценности изделий. Сливочное масло применяется при производстве мучных кондитерских изделий, конфет и ириса, а маргарин — только при производстве мучных кондитерских изделий. В производстве шоколада, конфетных масс, карамельных начинок используется какао-масло, получаемое из какао-бобов, а в производстве печенья, вафельных и прохладительных начинок, конфетных масс типа пралине, жировой глазури — гидрированные жиры.

В кондитерской промышленности широко применяются молоко и молочные продукты: молоко натуральное, сгущенное (с сахаром и без него), сухое и др.; натуральные яйца и яичные продукты — меланж, яичный порошок, яичный белок, желток и др. Яйца вводят при производстве мучных кондитерских изделий, а яичный белок используют в качестве пенообразователя для выработки пастилы, зефира, сбивных конфет и других изделий.

При производстве конфет, начинок, халвы, шоколадных и мучных изделий добавляют ядра орехов и семян масличных растений (миндаль, фундук, грецкий орех, арахис, кешью, кунжутное и подсолнечное семя и др.).

В производстве шоколада и какао-порошка основным видом сырья являются какао-бобы — семена дерева какао.

В кондитерском производстве широко используют фруктово-ягодное сырье в виде полуфабрикатов — пульпы, пюре, подварки, цукатов, заспиртованных ягод.

Для придания кондитерским изделиям кислого вкуса применяют пищевые кислоты: винную, лимонную, молочную и яблочную.

В качестве ароматических добавок в кондитерские изделия вводят натуральные (естественные эфирные масла) и синтетические (эссенции) ароматические вещества.

Кроме того, в кондитерской промышленности применяют такие виды сырья, как разрыхлители, студнеобразователи, пищевые

красители, эмульгаторы, консерванты, сырье для выработки диетических видов изделий и пр.

Характерные особенности того или иного сорта кондитерских изделий обусловлены соотношением компонентов сырья, которое устанавливается рецептурами. В России в кондитерском производстве приняты единые унифицированные рецептуры, обязательные для всей промышленности. Рецептуры содержат краткую характеристику изделий (форма, масса, оформление) и таблицы с перечислением сырья, полуфабрикатов и их количественных затрат. В них приводятся предельно допустимые потери сухого вещества при изготовлении всего изделия и по отдельным фазам его производства, содержание сухих веществ готового изделия и полуфабрикатов.

Применение единых унифицированных рецептур позволяет выпускать на различных предприятиях одинаковые сорта изделий с использованием для их приготовления одинаковых количеств сырья и готовых полуфабрикатов.

Наличие унифицированных рецептур облегчает планирование, установление цен, создание прейскурантов и т. д. На основе рецептур путем расчетов можно получить технологические и экономические данные, используемые в производстве, планировании, проектировании и т. п. На основе рецептур планируется также себестоимость кондитерских изделий.

## 24.2. ТЕХНОЛОГИЯ КАРАМЕЛИ

Карамель получают путем уваривания сахарного сиропа с крахмальной патокой или инвертным сиропом до карамельной массы с содержанием влаги 1,5...4 %. Различают леденцовую карамель, состоящую только из карамельной массы или из карамельной массы с начинками. В качестве начинок используют различные кондитерские массы: фруктовую, ликерную, медовую, помадную, молочную, ореховую, шоколадную и др.

В зависимости от способа обработки карамельной массы перед формированием оболочка карамели может быть прозрачной или непрозрачной (тянутой).

Карамель выпускают с различным внешним оформлением: завернутой, фасованной, открытой и т. д.

Ассортимент карамели, выпускаемой в нашей стране, разнообразен и насчитывает свыше 800 наименований.

В качестве основного сырья для производства карамели используют сахар-песок и крахмальную патоку, а также фруктово-ягодные заготовки, молочные продукты, жиры, какаопродукты, ореховые ядра, пищевые кислоты, эссенции, красители и др.

Технологический процесс приготовления карамели состоит из следующих стадий (рис. 24.1): приготовления сиропа и карамель-



Рис. 24.1. Принципиальная технологическая схема получения карамели

ной массы, охлаждения и обработки карамельной массы, приготовления карамельных начинок, формования карамели, завертывания или отделки поверхности карамели и упаковывания.

На кондитерских фабриках карамель получают на поточно-механизированных линиях. На рис. 24.2 приведена машинно-аппаратурная схема производства завернутой карамели с фруктовой начинкой и непрозрачной тянутой оболочкой. Сахар-песок из мешков, силосов или сахаровозов подается в просеиватель 26, в котором отделяются посторонние примеси. Очищенный сахар-песок поступает через дозатор 27 в смеситель 28. В этот же смеситель из емкости 22 дозатором 23 подается подогретая вода. Патоку, доставленную в автоцистернах, сливают в металлические резервуары 1 с обогревом. Патока подогревается с помощью змеевиков 2, становится менее вязкой, и ее насосом 3 перекачивают в резервуар 24, где она нагревается до температуры, близкой к 90 °С. Плунжерный насос-дозатор 25 подает патоку в нужном количестве в тот же смеситель 28, в который одновременно поступают очищенный сахар-песок и вода, а из смесителя плунжерный насос 29 нагнетает полученную кашцеобразную смесь в варочную змеевиковую колонку 30. Затем полученный сироп с концентрацией сухих веществ 84...88 % проходит через фильтр 31 и стекает в закрытый

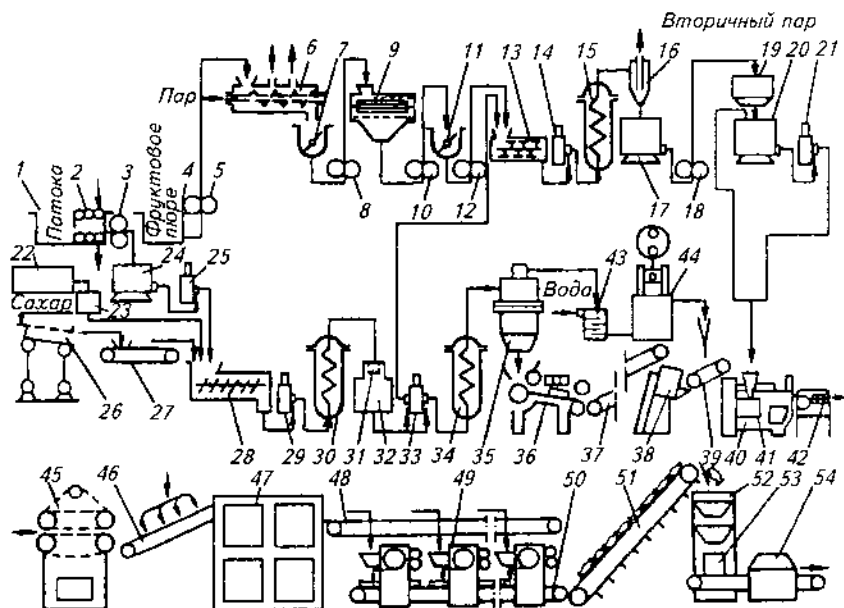


Рис. 24.2. Машинно-аппаратурная схема производства завернутой карамели с фруктовой начинкой

сборник 32. Двухплунжерный насос-дозатор 33 с регулируемой подачей перекачивает этот сироп в варочную змеевиковую колонку 34 вакуум-аппарата. Здесь сироп уваривается до концентрации сухих веществ 98,5 %. Вторичный пар, получаемый в результате уваривания сиропа, поступает из вакуум-камеры 35 в конденсатор 43, откуда смесь образовавшегося конденсата и охлаждающей воды откачивается мокровоздушным насосом 44.

Готовая карамельная масса из вакуум-камеры 35 поступает периодически в загрузочную воронку охлаждающей машины 36, из которой она выходит в виде тонкого пласта на наклонную охлаждаемую плиту. Одновременно на движущийся пласт карамельной массы из дозаторов непрерывно поступают эссенция, лимонная кислота и красители.

Охлажденная до 90...95 °С карамельная масса конвейером 37 направляется на тянущую машину 38, где масса непрерывно перетягивается, перемешиваясь с красящими и ароматизирующими добавками, и насыщается воздухом.

Затем тянутая масса непрерывно подается ленточным транспортером 39 в карамелеобкаточную машину 40. Начинкозаполнитель 41 нагнетает начинку по гибкому шлангу и трубе внутрь карамельного батона. По мере обкатывания карамельный батон превращается в жгут. Выходящий из карамелеобкаточной машины карамельный жгут с начинкой проходит через жгутовывтягивающую машину 42, которая калибрует его до нужного диаметра. Откалиброванный карамельный жгут непрерывно поступает в карамелеформирующую машину 45, которая формирует и разделяет его на отдельные изделия соответствующей формы и с рисунком на поверхности.

Отформованная карамель температурой 60...65 °С непрерывной цепочкой с тонкими перемычками поступает на узкий ленточный охлаждающий транспортер 46, на котором происходят охлаждение перемычек и предварительное охлаждение поверхности карамели (образование корочки) и который подает ее в охлаждающий шкаф 47. На узкий охлаждающий транспортер и в шкаф по воздуховодам непрерывно подается охлаждающий воздух температурой 8...10 °С. Здесь карамельная цепочка разбивается на отдельные изделия и охлаждается до температуры 40...45 °С. Продолжительность охлаждения около 4 мин. Охлажденная карамель из шкафа поступает на распределительный конвейер 48, вдоль которого установлены заверточные автоматы 49. Под распределительным конвейером расположен ленточный конвейер 50 для сбора завернутой продукции. Карамель, двигаясь по распределительному конвейеру, подается по наклонным желобам с регулируемыми затворами в автоматические питатели заверточных автоматов. Завернутая карамель промежуточным транспортером 51 или по спуску поступает на весы 52, взвешивается и упаковывается в картонные ящики 53, которые затем закрывают и оклеивают бандеролью на машине 54.

Начинку для карамели готовят следующим образом. Из резервуара 4 пульпа насосом 5 поступает в десульфитатор 6. Здесь она размешивается и пропаривается, из нее удаляется оксид серы (IV). Затем пульпа направляется в измельчитель 7, а оттуда насосом 8 в протирочную машину 9.

Протертая плодовая мякоть (пюре) насосом 10 подается в сборник-накопитель 11, который для предотвращения расслаивания пюре снабжен лопастным валом. Из сборника 11 пюре перекачивается насосом 12 в смеситель 13. В этот же смеситель насосом 33 подается сироп из сборника 32. Полученная рецептурная смесь с содержанием влаги 42 % насосом-дозатором 14 подается в змеевиковый варочный аппарат 15, где уваривается до содержания влаги 16...30 %. Вторичный пар из пароотделителя 16 колонки отсасывается вентилятором, а при уваривании под вакуумом поступает в конденсатор. Из пароотделителя начинка стекает в сборник 17, где смешивается с эссенцией и охлаждается до температуры, которая примерно на 10 °С ниже температуры карамельной массы в карамелеобкаточной машине.

После охлаждения начинка насосом 18 перекачивается в промежуточный сборник 19, откуда порциями подается по мере необходимости в расходный сборник 20. Насос-дозатор 21 соединен с темперирующим сборником 20 трубопроводом, по которому перемещается начинка. Начинка по отводным патрубкам подается в начинконаполнитель.

**Приготовление сиропа.** Карамельные сиропы представляют собой сахаропаточные или сахароинвертные растворы с содержанием влаги не выше 16 % и редуцирующих сахаров не более 14 %. Патока или инвертный сироп вводится в сахарный сироп в качестве антикристаллизаторов, так как при уваривании из образующегося раствора выделяются кристаллы сахара. Введение патоки или инвертного сиропа приводит к снижению растворимости сахарозы с одновременным увеличением общего суммарного количества растворенных сахаров, что позволяет уварить такую смесь до содержания влаги 1...3 % без кристаллизации. Кроме того, содержащиеся в патоке декстрины значительно повышают вязкость раствора, что также замедляет процесс кристаллизации.

Приготовление карамельных сиропов производится периодическим или поточно-механизированным способом. Наибольшее распространение получил поточно-механизированный способ приготовления карамельного сиропа под давлением, который сокращает продолжительность процесса растворения. Сироп этим способом получают на универсальной сироповарочной станции (рис. 24.3). В смеситель 5, снабженный паровой рубашкой, из бункера 3 шнеком-дозатором 4 непрерывно подают сахар-песок, из сборника 1 насосом 2 патоку и воду (на 100 кг сахара вводят 50 кг патоки и 15,8 кг воды), смесь перемешивают, нагревают до 65...70 °С и в виде кашицеобразной массы, состоящей из кристал-



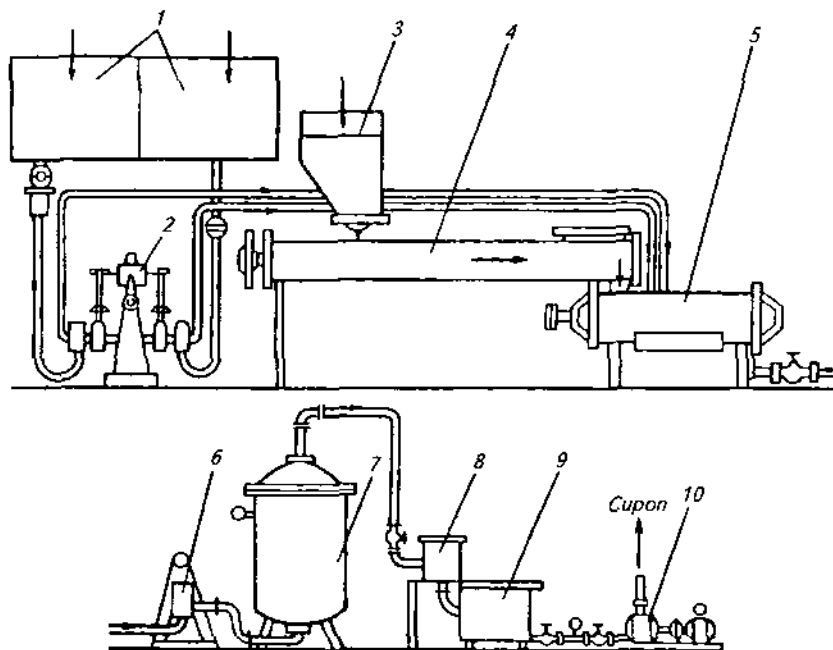


Рис. 24.3. Аппаратурно-технологическая схема универсальной сироповарочной станции

лов сахара и водопаточного раствора, закачивают плунжерным насосом 6 в змеевиковую варочную колонку 7. Змеевик колонки обогревается паром под давлением 450...550 кПа, что обеспечивает нагрев сиропа до кипения. Внутри змеевика давление колеблется в пределах 80...150 кПа, что позволяет поддерживать температуру сиропа на выходе из него 125...140 °С. Готовый сироп, пройдя сквозь фильтр 8, поступает в сборник 9, откуда насосом 10 перекачивается на дальнейшее уваривание. Цикл приготовления сиропа длится 5 мин. Продолжительность уваривания сиропа в змеевике 1,5 мин. Производительность агрегата 4 т/ч.

**Приготовление карамельной массы.** Карамельная масса — это аморфная масса, полученная увариванием карамельного сиропа до содержания сухих веществ 96...99 %.

Для получения карамельной массы используют в основном змеевиковые вакуум-аппараты с отдельной вакуум-камерой. Аппарат (рис. 24.4) состоит из двух частей: греющей (варочная колонка) и выпарной (вакуум-камера). Карамельный сироп насосом непрерывно закачивается снизу вверх в змеевик 2 варочной колонки 1, омываемой греющим паром под давлением 500...600 кПа.

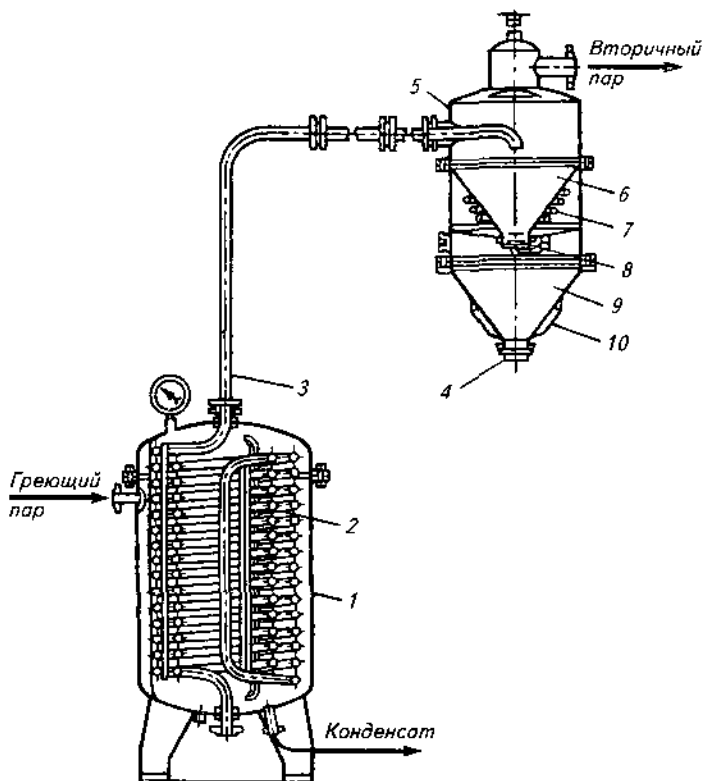


Рис. 24.4. Схема змеевикового вакуум-аппарата

Кипящий сироп вместе с вторичным паром непрерывно поступает по трубопроводу 3 в верхнюю часть вакуум-камеры 5, в которой с помощью мокровоздушного насоса создается разрежение с остаточным давлением 8...15 кПа, что обеспечивает интенсивность кипения сиропа. Уваренная масса стекает в нижнюю камеру 6, закрытую клапаном 8 и обогреваемую с помощью змеевика 7. По мере накопления готовую массу выгружают из аппарата через клапан 4. Конусная часть камеры 6 соединена с разгрузочной камерой 9. Приемник 9, снабженный паровой рубашкой 10, служит для накопления карамельной массы. При использовании вакуума в процессе варки карамельной массы значительно снижается температура массы, что позволяет уменьшить разложение сахаров в карамельном сиропе. Температура карамельной массы при выходе из вакуум-аппарата составляет для сахаропаточного сиропа 106...125 °С и для сахароинвертного сиропа 115...125 °С.

В последнее время для получения карамельной массы используют варочные аппараты пленочного типа, что позволяет существенно сократить продолжительность уваривания. Пленочный аппарат представляет собой вертикальный цилиндрический сосуд с вращающимся внутри ротором, на лопасти которого насосом подается карамельный сироп. Он равномерно распределяется по греющей внутренней поверхности аппарата и образует пленку толщиной до 1 мм, уваривается и стекает из аппарата. Продолжительность уваривания 15...20 с.

**Приготовление начинок.** Начинки, используемые в карамельном производстве, должны удовлетворять следующим требованиям: не должны портиться при хранении, поэтому содержание сахара в них должно быть не ниже 70 %; для предотвращения кристаллизации сахарозы в начинку следует вводить антикристаллизаторы (патоку или инвертный сироп). Начинки не должны содержать скоропортящихся, способных к быстрому прогорканию жиров, смешиваться с карамельной массой и растворять ее. Консистенция начинки должна быть достаточной вязкости.

Фруктово-ягодные начинки получают увариванием плодовой мякоти с сахаром и патокой. Процесс получения начинки включает подготовку сырья, дозирование, смешивание основных компонентов и их уваривание. Подготовка фруктово-ягодного сырья заключается в десульфитации (шпарке) заготовок паром с целью удаления сернистого газа (консерванта) с последующей протиркой массы на протирочных машинах для отделения плодовой мякоти. Протертое сырье смешивают с сиропом, полученным растворением санитарно-доброкачественных отходов производства, а затем уваривают в змеевиковых варочных колонках или аппаратах периодического действия. Содержание сухих веществ в начинке 81...84 %.

Ликерные начинки получают путем уваривания сахаропаточного сиропа до содержания сухих веществ 84...87 % с введением в охлажденную до 70 °С массу смеси, содержащей алкоголь или ароматизированные напитки, кислоту, эссенцию, краску и др.

Помадная начинка представляет собой мелкокристаллическую массу, находящуюся в насыщенном сахаропаточном сиропе. Ее получают путем сбивания с одновременным охлаждением сахаропаточного сиропа, содержащего не более 30 % патоки к массе сахара в сиропе. Содержание сухих веществ в начинке не менее 90 %.

Масляно-сахарные (прохладительные) начинки получают путем смешивания сахарной пудры с кокосовым маслом и кристаллической глюкозой. Замена части сахара глюкозой увеличивает «охлаждающий» вкус. Содержание сухих веществ в начинке не менее 96,5 %.

Шоколадно-ореховая начинка представляет собой массу, полу-

ченную смешиванием растертых ореховых ядер, какао тертого, кокосового или какао-масла и сахарной пудры. Содержание сухих веществ не менее 97,5 %.

**Обработка карамельной массы и формование карамели.** Перед формованием карамельную массу подвергают охлаждению с одновременным окрашиванием, ароматизацией и подкислением, с последующей проминкой или вытягиванием.

Выходящую из змеевиковой варочной колонки карамельную массу подают на охлаждающую машину, где ее быстро охлаждают до температуры 80...90 °С, при которой она приобретает пластичные свойства. В процессе охлаждения в карамельную массу вводят пищевую кислоту, эссенцию и раствор красителя. Продолжительность обработки карамельной массы на охлаждающей машине 20...25 с. Для получения прозрачной карамели карамельную массу после охлаждения направляют на проминку в специальные проминальные машины. Цель проминки — равномерное распределение введенных компонентов по всей массе, а также удаление крупных воздушных пузырьков. Процесс проминки заключается в многократном перевертывании и разминании карамельного пласта.

При изготовлении карамели с непрозрачной оболочкой карамельную массу после охлаждения подвергают вытягиванию с многократным складыванием на специальных тянущих машинах. Масса насыщается воздухом, теряет прозрачность и приобретает красивый шелковистый блеск. Одновременно в ней распределяют введенные добавки.

Подготовленная таким образом масса поступает в карамелеобкаточную машину, состоящую из корытообразного корпуса, внутри которого вращаются шесть рифленых конических веретен. В этой машине карамельной массе придается форма усеченного конуса (батона). Для получения карамели с начинкой на машине устанавливается начинконаполнитель, с помощью которого внутрь карамельного батона непрерывно закачивается начинка. Начинки должны иметь строго определенную температуру, поэтому их предварительно выдерживают в термизирующих машинах и перед перекачиванием в начинконаполнитель в них вводят ароматизирующие и вкусовые добавки. Заполнение карамельного батона густыми начинками (ореховые, шоколадные) производится при помощи специальных мембранных насосов или шнека. С целью получения карамельного жгута определенного диаметра батон пропускают через жгутовытягиватель, который состоит из трех пар вертикально установленных роликов. Каждая пара роликов образует отверстие, диаметр которого уменьшается по ходу движения жгута. Жгутовытягиватель вытягивает карамельный жгут из карамелеобкаточной машины, калибрует его до определенного диаметра и подает в формовочную машину. При прохождении через эти машины температура карамельной массы должна быть 70...80 °С.

Для разделения карамельного жгута на отдельные карамельки и придания им определенной формы применяют различные способы формирования карамели, наиболее распространенным из которых является формирование на цепных машинах. Рабочим органом этих машин являются цепи с укрепленными на них специальными ножами. Цепи могут быть режущими — для формирования карамели типа подушечка и штампуемыми — для формирования карамели разнообразной формы с рельефным рисунком на поверхности.

Цепная карамелережущая машина состоит из двух цепей с ножами. Кромки ножей верхней и нижней цепей совпадают, а зазор между цепями имеет форму клина, что обуславливает постепенное разрезание карамельного жгута.

На карамелештампуемых машинах в верхней цепи смонтированы пуансоны, придающие карамели определенную форму и рисунок.

После формирования на этих машинах образуются цепочки карамелек, соединенных перемычками.

Затем карамель охлаждают с целью перевода ее из пластического состояния в твердое. За всеми формующими машинами следуют охлаждающие устройства, обеспечивающие снижение температуры карамели до 35...45 °С. В настоящее время для окончательного охлаждения карамели используется специальный аппарат АОК, в котором отвод теплоты осуществляется радиационно-конвективным способом, что позволяет значительно сократить время охлаждения. Воздух для конвективного охлаждения подается сверху вниз через сопловые насадки, обдувает карамель и направляется на повторное охлаждение. Радиационный отвод теплоты осуществляется с помощью охлаждающих поверхностей, расположенных в 20...100 мм от карамели.

Вследствие гигроскопичности карамель завертывают или фасуют в герметичную тару. Для защиты поверхности карамель обрабатывают различными способами: гляцеванием (покрытие слоем воско-жировой смеси) или дражированием (нанесение слоя сахарной пудры с последующим покрытием слоем жировой смеси, обсыпкой сахаром-песком и др.).

Карамель завертывают на автоматах и полуавтоматах различной конструкции.

Завернутую карамель и карамель с защитной обработкой поверхности, расфасованную в мелкую тару, упаковывают в деревянные ящики или ящики из гофрированного картона. Карамель хранят в чистых, сухих, хорошо проветриваемых складах при температуре не выше 18 °С без резких колебаний, при относительной влажности воздуха не более 75 %.

Из доброкачественных отходов карамельного производства изготавливают сиропы, используемые при приготовлении отдельных видов начинок. Карамельная крошка от разрушенных перемычек, которая образуется в охлаждающих агрегатах, используется для приготовления инвертного сиропа.

### 24.3. ТЕХНОЛОГИЯ ШОКОЛАДА

Шоколадные изделия вырабатывают из сахара и какаопродуктов — какао тертого и какао-масла. Какаопродукты получают из какао-бобов на специализированных фабриках и в цехах. В шоколад могут входить различные добавки: сухие молоко и сливки, дробленый и тертый обжаренный орех и др. В зависимости от рецептуры и способа обработки шоколад подразделяют на следующие виды: обыкновенный без добавок и с добавками, десертный без добавок и с добавками, пористый и с начинками. В качестве начинок используют различные конфетные массы: ореховую, фруктовую, помадную и др. Промышленность выпускает также шоколад специального назначения (диабетический) и с добавками витаминов, оказывающих тонизирующее действие на организм человека. Кроме того, выпускают шоколадную глазурь (полуфабрикат для производства конфет) и какао-порошок, который получают из частично обезжиренной растертой массы ядер какао-бобов.

Основным сырьем для производства шоколада являются какао-бобы — семена плодов дерева какао, произрастающего в тропических областях Африки, Америки и на некоторых островах Индийского и Тихого океанов. Товарные какао-бобы — это зерна массой 1...2 г, состоящие из оболочки (какаовеллы), ядра и зародыша. Какаовелла состоит из клетчатки и не представляет пищевой ценности. Какао-бобы содержат (%): влаги 6, жира (какао-масла) 48, белковых веществ 12, теобромина и кофеина 1,8, крахмала 5, глюкозы 1, дубильных веществ 6, пектина 2, клетчатки 11 (в основном в оболочке), кислот 2, минеральных веществ 3,2, красящих веществ 2 и др.

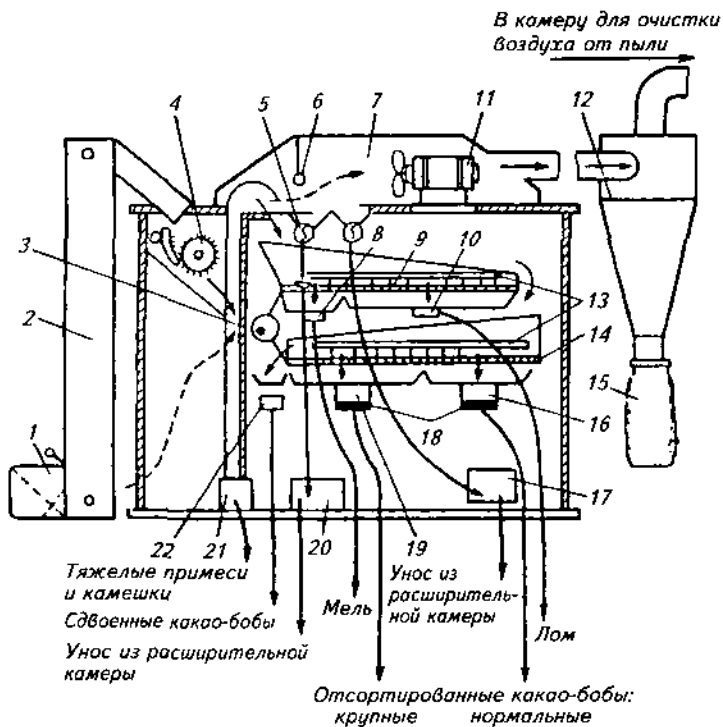
Технологическая схема производства шоколада (рис. 24.5) состоит из следующих основных стадий: первичной переработки какао-бобов; получения какао тертого, какао-масла и шоколадных масс; формования шоколада; завертывания и упаковывания. Каждая стадия состоит из нескольких операций.

**Первичная обработка какао-бобов.** Какао-бобы, поступающие на переработку, вследствие неоднородности по размерам, форме, качеству и содержанию различных примесей подвергают сортированию и очистке от посторонних примесей на очистительно-сортировочных машинах различной конструкции. Очистку и сортирование какао-бобов по размерам осуществляют на сепарационной машине. Из загрузочного бункера 1 (рис. 24.6) какао-бобы норией 2 подают к щеткам 4, очищающим поверхность какао-бобов. Очищенные какао-бобы направляют в сепарационный канал 3, в котором вентилятором 11 создается воздушный поток, скорость которого регулируется задвижкой 6. Тяжелые примеси (камни, частицы металла и др.) собираются в приемнике 21, а какао-бобы, увлекаемые воздушным потоком, попадают в расширительную камеру 7, где скорость воздуха снижается и крупные и нормальные какао-бобы поступают на верхний ярус ситовой рамы 9. Бракованные зерна какао-



Рис. 24.5. Принципиальная технологическая схема получения:

I — какао тертого; II — какао-порошка; III — шоколадной массы; IV — десертного шоколада; V — шоколадной глазури



**Рис. 24.6. Схема сепарационной машины**

бобов уносятся в конусные приемники 5 и выводятся оттуда шнеками в приемники 17 и 20. Более мелкие частицы (пыль, волокна и т. д.), минув приемники 5, вместе с воздухом поступают в циклон 12, отделяются от воздуха и направляются в сборник 15. Верхний ярус ситовой рамы 9 состоит из сит с отверстиями диаметром 2 и 6 мм. Кусочки какао-бобов в виде мели и лома проходят сквозь сита и через приемники 8 и 10 выводятся из машины. На нижнем ярусе ситовой рамы 14, состоящей из сит с отверстиями диаметром 11 и 16 мм, получают две фракции какао-бобов (нормальные и крупные), которые собираются в приемниках 16 и 19, а затем проходят через магниты 18. В приемник 22 попадает все, что не проходит через сита (сдвоенные какао-бобы и крупные легкие частицы). Щетки 13 служат для очистки сит. Отсортированные по размеру и очищенные какао-бобы хранят в отдельных бункерах. Сортирование и очистку какао-бобов проводят в отдельных, изолированных таким образом какао-бобы поступают затем на термическую обработку, целью которой являются удаление влаги, улучшение вкусовых



свойств и уничтожение микрофобы. От правильного проведения термической обработки какао-бобов зависит в значительной степени качество шоколада и какао-порошка. При термической обработке происходит ряд физико-химических превращений: повышается содержание сухих веществ (с 92...94 до 97...98 %); какао-векла приобретает хрупкость, легко отделяется от ядра, которое также становится более хрупким и легче дробится; происходит стерилизация какао-бобов; значительно улучшаются вкусовые и ароматические свойства за счет уменьшения содержания растворимых дубильных веществ, удаления части летучих кислот, образования веществ со специфическим ароматом. Режим термической обработки зависит от размера какао-бобов, поэтому большое значение имеет тщательность проведения сортирования какао-бобов.

Термическую обработку какао-бобов проводят в аппаратах периодического или непрерывного действия. Наиболее равномерно этот процесс протекает в аппаратах непрерывного действия, в которых какао-бобы обрабатываются в потоке горячего воздуха в вертикальной шахте, в нижней отделении которой происходит охлаждение какао-бобов. При термической обработке температура какао-бобов не должна превышать 120 °С.

**Получение какао тертого.** Эта технологическая стадия включает в себя дробление какао-бобов, сортирование полученной какао-крупки, измельчение какао-крупки, темперирование и хранение какао тертого. Цель дробления какао-бобов — отделение какао-веклы и ростка от ядра, так как они ухудшают вкус и пищевую ценность шоколада. При дроблении какао-бобов ядро превращается в какао-крупку, из которой какао-веклу отделяют отвеиванием, а росток — на триерах. Эти операции осуществляют на специальных дробильно-сортировочных машинах, в функции которых входит также разделение какао-крупки на несколько фракций размером от 8,0 до 0,75 мм. Крупные фракции крупки используют для получения плиточного шоколада и какао-порошка, а мелкие — для приготовления начинок, конфетных масс и шоколадной глазури. Выход какао-крупки должен составлять 81...83 % от массы сырых какао-бобов.

В результате измельчения какао-крупки до частиц размером не более 30 мкм образуется продукт, который называется какао тертым. При измельчении разрушаются клеточные стенки, происходит освобождение какао-масла и образуется суспензия, где жидкой фазой является какао-масло, а твердой — частицы клеточных стенок какао-бобов. При размоле температура массы увеличивается и значительно превышает температуру плавления какао-масла, поэтому какао тертое представляет собой густую сметанообразную жидкость.

Какао тертое получают на машинах различных конструкций: ударно-штифтовых, валковых и шариковых мельницах. На ударно-штифтовых мельницах, имеющих большую производительность, получают какао тертое более высокой степени измельче-

ния, с лучшими вкусовыми качествами, так как процесс ведется с продувкой измельчаемой массы воздухом, который уносит часть летучих кислот и влаги. Валковые и комбинированные мельницы используются не только для получения какао тертого, но и для измельчения ядер орехов. Шариковые мельницы используют для получения какао тертого более высокого качества. На этих мельницах какао тертое дополнительно измельчают и гомогенизируют. Полученное какао тертое для предотвращения расслаивания (на жидкую и твердую фазы) подвергают *темперированию* (процесс непрерывного перемешивания при определенной температуре). Темперирование осуществляется в специальных сборниках вместимостью 2...10 т, снабженных мешалками и обогревом, обеспечивающим температуру 85...90 °С. Содержание влаги в готовом какао тертом должно быть не выше 3 %, а твердых частиц размером менее 30 мкм — не менее 90 %.

Какао тертое используется затем для приготовления шоколадной массы и для получения какао-масла, которое является вторым основным компонентом производства шоколада. Какао-масло получают прессованием какао тертого на гидравлических прессах различной конструкции. Прессование осуществляется при температуре какао тертого около 100 °С и давлении 45...55 МПа, при этом отжимается 44...47 % масла от массы какао тертого. Образующаяся после отжатия твердая масса, содержащая 9...14 % какао-масла, называется *какао-жмыхом*, который служит полуфабрикатом для производства какао-порошка. Полученное при прессовании какао-масло перекачивают в большие емкости с обогревом, где оно хранится при температуре 50...60 °С.

**Получение шоколадной массы.** Шоколадная масса представляет собой тонкодисперсную смесь сахарной пудры, какао тертого, какао-масла и добавок. Процесс приготовления обыкновенных шоколадных масс состоит из следующих операций: смешивания компонентов, измельчения, разводки и гомогенизации. Для десертных сортов шоколадную массу дополнительно обрабатывают (коншируют) на специальном оборудовании — коншмашинах.

Соотношение компонентов рецептуры шоколадных масс может колебаться в больших пределах, однако содержание жира должно быть неизменным (32...36 %), что необходимо для обеспечения нормальной текучести массы при формовании. Жир вводят в массу как составную часть какао тертого и в виде какао-масла. Поэтому при увеличении доли какао тертого, вводимого в шоколадную массу, снижают количество вносимого какао-масла, и наоборот. Количество сахара в шоколадной массе регламентируется стандартом. Вкус шоколадной массы в значительной степени определяется соотношением между какао тертым и сахаром. Для характеристики сладости шоколадных масс используется *коэффициент сладости* ( $P_c$ ), который определяется отношением массы вводимого сахара к массе какао тертого. В зависимости от этого ко-

эффицента шоколад подразделяют на пять групп: очень сладкий —  $P_c > 2$ ; сладкий  $P_c = 1,6...2,0$ ; полусладкий —  $P_c = 1,4...1,6$ ; полугорький —  $P_c = 1,0...1,2$ ; горький —  $P_c < 1,0$ . При приготовлении шоколадных масс используют сахарную пудру.

Шоколадные массы получают периодическим и непрерывным способами. При периодическом способе смешивание осуществляется в месильных машинах (микс) или меланжерах. Исходные компоненты (какао тертое, сахарная пудра, добавки и какао-масло) загружают в определенной последовательности. Какао-масла вводят столько, чтобы содержание его в массе находилось на уровне 26...29%. Оставшуюся часть какао-масла добавляют на стадии разводки. Смешивание осуществляют при температуре 40...45 °С в течение 15...30 мин.

После смешивания масса имеет грубую консистенцию из-за большого количества крупных частиц введенных компонентов, поэтому ее подвергают измельчению путем растирания и раздвливания частиц твердой фазы до частиц необходимого размера. Для этой цели используют пятивалковую мельницу. Основными рабочими органами ее являются пять пустотелых отшлифованных валков, внутри которых циркулирует вода для охлаждения. Расстояние между валками может регулироваться.

Измельчаемая масса перемещается с одной пары валков на другую снизу вверх за счет уменьшения зазора между валками и возрастания частоты вращения валков от нижнего к верхнему от 20 до 300 мин<sup>-1</sup>. В процессе вальцевания шоколадная масса из пластичной превращается в сыпучую, порошкообразную, что связано со значительным увеличением поверхности частиц за счет измельчения и относительного уменьшения количества жира, приходящегося на единицу поверхности.

При введении в провальцованную порошкообразную шоколадную массу какао-масла масса приобретает жидкую консистенцию. Эта операция называется *разводкой*. Ее проводят в течение 3 ч при температуре 60...70 °С для шоколадных масс без добавок и при 45...55 °С при обработке шоколадной массы, содержащей добавки, в машинах различных конструкций — миксах, меланжерах и др. Затем в массу добавляют соевый фосфатидный концентрат (разжижитель), который, являясь поверхностно-активным веществом, способствует снижению вязкости шоколадной массы. Далее для получения более однородной массы ее подвергают гомогенизации, которая заключается в непрерывной обработке шоколадной массы в коншмашинах, эмульсаторах или меланжерах, что приводит к равномерному распределению твердых частиц в какао-масле и снижению вязкости массы.

На кондитерских фабриках процесс получения шоколадных масс, включая вальцевание и разводку, проводят на поточно-механизированных линиях. В состав линии входит автоматическая рецептурно-смесительная станция, дозирующая все компоненты

шоколадной массы, как жидкие, так и сыпучие, и осуществляющая измельчение сахара-песка до сахарной пудры и перемешивание компонентов массы. Вальцевание массы проводят на пятивалковых мельницах, число которых определяется производительностью линии. Провальцованная масса с верхних валков пятивалковых мельниц ссыпается на приемный транспортер и подается для разводки и гомогенизации в ротационные коншмашины.

Шоколадную массу для десертных сортов шоколада подвергают длительному механическому и тепловому воздействию — коншированию в течение 24...72 ч при температуре 55...60 °С (для шоколадных масс без добавок), в результате чего в ней протекают физико-химические процессы, приводящие к значительному улучшению вкусовых и ароматических качеств шоколадной массы. На ход этих процессов благоприятно влияет воздействие воздуха (аэрация), которому подвергается шоколадная масса при коншировании. Этот процесс также приводит к снижению влажности и вязкости шоколадной массы, она становится более однородной. В результате снижаются дисперсность массы, содержание летучих кислот, происходит окисление дубильных веществ, что приводит к улучшению вкуса и аромата.

Процесс конширования осуществляется в коншмашинах двух типов: горизонтальных и ротационных. Наибольшее распространение в последние годы получили ротационные коншмашины различной конструкции.

**Формование шоколадных масс.** Формование шоколада проводят путем отливки шоколадной массы в формы. При охлаждении происходит кристаллизация какао-масла, в результате чего шоколад приобретает твердую структуру. Какао-масло при охлаждении может кристаллизоваться в четырех различных формах, обладающих разными физическими свойствами, при этом может происходить переход из одной формы в другую. Это свойство какао-масла может затруднить извлечение шоколада из форм и привести к образованию на поверхности шоколада серого налета (жировое «поседение»). Для исключения этих явлений перед формованием шоколадную массу подвергают темперированию, в результате которого в ней создаются центры кристаллизации какао-масла устойчивой формы. С этой целью шоколадную массу перед формованием перемешивают в строго определенном температурном режиме: быстро охлаждают до 33 °С, а затем медленно охлаждают до  $30 \pm 1$  °С, тщательно перемешивая. В настоящее время для такой обработки используют специальные автоматические темперирующие машины непрерывного действия производительностью от 300 до 3000 кг шоколадной массы в час.

Шоколад формируют методом отливки в металлические формы на автоматах различных конструкций. Формование на таких автоматах осуществляется по следующей схеме: отливочные механизмы непрерывно дозируют оттемперированную и отфильтрованную шо-

коладную массу в металлические формы, закрепленные на движущемся цепном транспортере, затем формы обрабатывают на вибротранспортере, что обеспечивает равномерное заполнение формы шоколадной массой и удаление воздуха. Далее формы поступают в охлаждающий шкаф, который имеет две зоны охлаждения: первая температура около 8 °С и вторая температуру 15...16 °С. В охлаждающем шкафу формы находятся в течение 20...25 мин. В этот период происходит кристаллизация какао-масла и переход шоколада в твердое состояние, что сопровождается некоторым уменьшением объема шоколада, вследствие чего он хорошо извлекается из форм. При выходе из охлаждающего шкафа формы перевертываются и шоколад поступает на пластинчатый транспортер и направляется на завертывание, а пустые формы вновь переворачиваются, поступают на подогрев и последующее заполнение.

Для изготовления пористого шоколада используют десертные шоколадные массы, обработанные в вакууме при небольшом охлаждении, в результате чего мельчайшие пузырьки воздуха, находящиеся в шоколадной массе, расширяются и образуется характерная пористая структура.

Шоколад с начинкой получают на автоматах более сложной конструкции. После заполнения форм шоколадной массой и обработки их на вибротранспортере излишки шоколада удаляют путем опрокидывания форм. Затем формы возвращаются в первоначальное положение, охлаждаются, заполняются начинкой, проходят через охлаждающий шкаф и вновь поступают под отливочный механизм, заполняющий форму шоколадной массой, для образования доньшка. Далее формы вновь проходят вибротранспортер, охлаждающий шкаф и только после этого шоколад извлекается из форм и направляется на завертывание.

Для предохранения шоколада от влияния внешней среды, удлинения сроков хранения и придания ему привлекательного внешнего вида шоколад завертывают в алюминиевую фольгу и художественную этикетку на машинах различных конструкций. Завернутые плитки шоколада упаковывают в картонные футляры, а затем в ящики из гофрированного картона или фанеры.

Хранят шоколад в сухих, чистых, хорошо вентилируемых помещениях при температуре  $18 \pm 3$  °С и относительной влажности воздуха не выше 75 %. При соблюдении этих условий срок хранения шоколада без добавок составляет 6 мес, шоколада с добавками и с начинкой — 3 мес, считая со дня выработки.

#### 24.4. ТЕХНОЛОГИЯ КАКАО-ПОРОШКА

Какао-порошок получают из какао-жмыха путем его измельчения. Какао-жмых, образующийся в результате прессования какао тертого, имеет вид дисков, которые предварительно дробят в снечи-

альных жмыходробилках на куски размером около 25 мм, охлаждают до температуры 35...40 °С и подают на какао-размольные агрегаты различных конструкций, отличающиеся системой разделения какао-порошка по размерам частиц. Для этого применяют системы с механическим (просеивание) и воздушным сепарированием. Наиболее совершенными являются какао-размольные агрегаты с воздушным сепарированием. Принцип работы такого агрегата заключается в следующем: кусочки какао-жмыха, пройдя измельчающий механизм, увлекаются потоком воздуха в охладитель, откуда охлажденный какао-порошок потоком воздуха подается в воздушный сепаратор, в котором крупные частицы отделяются от мелких и направляются на повторное измельчение, а мелкие частицы выводятся из сепаратора и поступают к фасовочным агрегатам.

Содержание влаги в какао-порошке 5 %. Содержание крупных частиц, не прошедших через шелковое сито № 38, не должно превышать 1,5 %. Какао-порошок фасуют в банки или пачки по 50 и 100 г и хранят в сухих, чистых, хорошо проветриваемых складах при температуре не выше 18 °С и относительной влажности воздуха не выше 75 %. Гарантийный срок хранения при этих условиях от 3 мес до 1 года в зависимости от вида тары.

## 24.5. ТЕХНОЛОГИЯ КОНФЕТ

Конфетами называют кондитерские изделия, получаемые из одной или нескольких конфетных масс, имеющих мягкую консистенцию. Конфеты характеризуются высокой пищевой ценностью, разнообразны по составу, форме, отделке и вкусу. Ассортимент конфет насчитывает более 1000 наименований. В зависимости от способа изготовления и отделки конфеты подразделяют на глазированные, неглазированные и шоколадные. Изделия, поступающие на глазирование после формования, принято называть корпусами конфет, которые готовят из следующих конфетных масс: помадных, пралиновых, сбивных, ликерных, грильяжных, молочных, кремовых, марципановых, фруктовых и др. Корпуса конфет можно изготавливать из одной, двух и более (многослойные) конфетных масс. В качестве корпусов конфет используют также цукаты, сухофрукты, орехи, заспиртованные ягоды, фрукты и т. д.

Производство конфет состоит из следующих стадий: приготовления конфетной массы, формования корпусов, охлаждения (выстойки), глазирования и упаковывания.

### 24.5.1. ПРИГОТОВЛЕНИЕ КОНФЕТНЫХ МАСС

**Помадные массы.** Получают из помады, представляющей собой двухфазную дисперсную систему, которая состоит из кристаллов сахарозы (твердая фаза), равномерно распределенных в насыщенной

ном сахаропаточном сиропе. В зависимости от рецептуры помаду готовят на основе сахаропаточного сиропа (сахарная помада) и молочного сахаропаточного сиропа (молочная, сливочная помада и крем-брюле). Помадную конфетную массу готовят путем введения в помаду вкусовых и ароматизирующих веществ. К сахарной помаде добавляют фруктово-ягодное сырье, какаопродукты и др., а к молочной и к помаде крем-брюле — сливочное масло, тертые орехи, какаопродукты и др. Добавки оказывают влияние на вкусовые качества массы и ее структурные свойства.

Технологическая схема приготовления помадных масс состоит из следующих стадий: приготовления помадного сиропа, получения помады и приготовления помадной массы. Основным сырьем для помадного сиропа служат сахар и патока, количество которых в рецептуре зависит от назначения помады и способа формирования конфетной массы и составляет от 5 до 25 % к массе сахара.

Помадный сироп получают как периодическим, так и непрерывным способом.

Сироп получают на универсальной станции непрерывного приготовления конфетных масс (рис. 24.7). Из промежуточных сборников 1 сырье плунжерными насосами-дозаторами 2 непрерывно подается в рецептурный смеситель 3, в котором при нагревании образуется жидкая рецептурная смесь с содержанием влаги 16...18 %, подаваемая затем насосом 4 в одно- или двухзвездчатые варочные колонки 5, соединенные в линию с помадосбивальными машинами. Образующийся при уваривании вторичный пар проходит через пароотделители 6 и 8. Уваренный до содержания влаги 10...14 % помадный сироп поступает в помадосбивальную машину 7, где сироп непрерывно охлаждается, сбивается и в виде помадной массы направляется в промежуточную емкость 12. Конфетную массу получают в temperирующей машине 10 из рецептурной смеси. Насосы 9 и 11 служат для перекачивания конфетных масс.

При охлаждении помадного сиропа сначала образуется насыщенный, а затем пересыщенный сироп. Степень пересыщения зависит от температуры сиропа: чем ниже температура, тем выше степень пересыщения и тем больше образуется центров кристаллизации, тем меньше размер кристаллов сахарозы. Поэтому температуру помады при сбивании определяют по крупноте кристаллов сахарозы, которые не должны превышать 20 мкм. Кроме того, на качество помады влияет соотношение в ней твердой и жидкой фаз, зависящее от содержания влаги и редуцирующих веществ в сиропе, соотношения патоки и сахара в рецептуре. Качество помады зависит также от интенсивности сбивания. С возрастанием интенсивности сбивания помада получается с большим содержанием мелких кристаллов.

Для получения высококачественной помады используют вертикальный агрегат пленочного типа, который входит в состав станции ШПА. Станция (рис. 24.8) состоит из варочного котла 2,

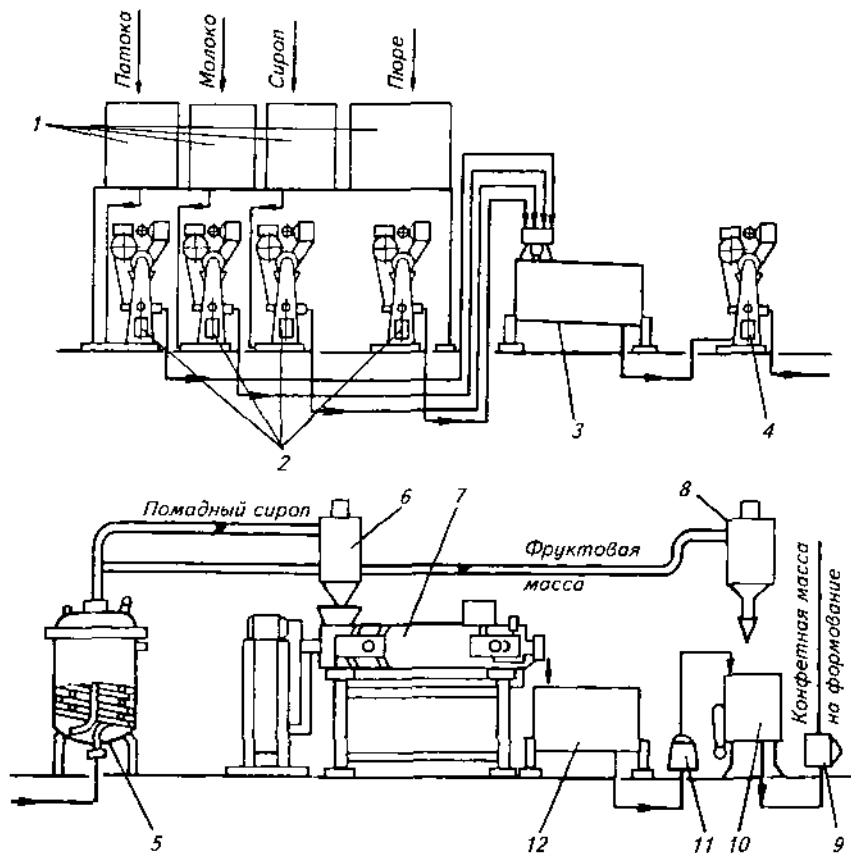


Рис. 24.7. Универсальная станция непрерывного приготовления конфетных масс

сборника для сиропа 1 с фильтрующей сеткой, змеевиком подогревателя 4, насоса 3 и пленочного аппарата 5.

Приготовленный сироп, уваренный до содержания влаги 12...14%, поступает в верхнюю часть пленочного аппарата, который представляет собой вертикальный стальной цилиндр с двойными стенками, между которыми циркулирует холодная вода. Внутри цилиндра вращается вал со скребками, равномерно распределяющими по поверхности цилиндра сироп. Охлаждение сиропа в тонком слое и его интенсивное перемешивание приводит к кристаллизации, которая способствует образованию помады с мелкокристаллической структурой.

Наибольшее распространение получил «холодный» способ приготовления помадных конфетных масс, в основу которого положен процесс перемешивания мелкокристаллической сахарной



пудры с водой, патокой, инвертным сиропом и вкусовыми добавками при комнатной температуре. Приготовление помады проводят без уваривания, охлаждения и сбивания. Помада, полученная «холодным» способом, обладает высокой пластичностью, ее формуют выпрессовыванием с последующей резкой и глазированием.

Далее в помадную конфетную массу вносят добавки, после чего смесь темперируют в темперирующих машинах. Готовую помадную массу при температуре, соответствующей определенному способу формования, подают в формующую машину.

**Пралиновые и марципановые массы.** Пралиновые конфетные массы получают из обжаренных ядер орехов и маслосодержащих семян, марципановые — из сырых или подсушенных ядер орехов. Ассортимент конфет из этих масс весьма разнообразен. Из пралиновых масс готовят конфеты «Белочка», «Ну-ка отними!», «Маска», «Мишка на севере» и др. Эти конфетные массы отличаются высокой пищевой ценностью, обусловленной большим содержанием жира, белков и углеводов. В большинство рецептов этих масс на 1 часть тертого ореха приходится 1 или 2 части сахара. В эти массы вводят также 10...20 % твердых жиров: какао-масло, сливочное масло и кондитерский жир. Жир орехов придает массе

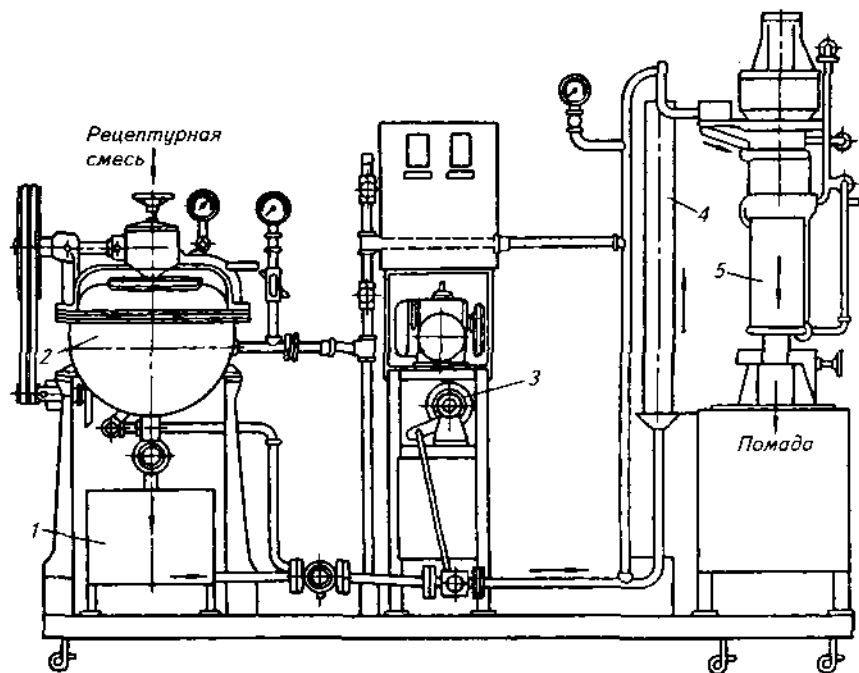


Рис. 24.8. Схема помадоварочной станции ШПА

пластичность, а вводимые твердые жиры придают готовым изделиям необходимую прочность.

Приготовление пралиновых масс состоит из следующих операций: очистки ореховых ядер, обжарки, растирания их, смешивания с сахаром и другими компонентами рецептуры, измельчения, разводки и отминки массы.

Очищенные и пропущенные через магнитное устройство орехи подают на обжарку, в процессе которой снижается содержание влаги, изменяется цвет и формируется аромат ядер. Обжарка осуществляется непрерывным или периодическим способом. При изготовлении некоторых пралиновых масс применяется обжарка орехов с сахаром, в результате чего масса приобретает специфические вкус и аромат.

Обжаренные орехи измельчают на трех- и восьмивалковых мельницах или в меланжерах. При измельчении орехов происходит разрыв клеточных тканей и освобождение жира. Растертые орехи собирают в промежуточный сборник, откуда они направляются на приготовление рецептурной смеси. Приготовление рецептурной смеси, измельчение массы, ее разводку и отминку проводят как периодическим, так и непрерывным способом. При периодическом способе приготовление рецептурной массы, разводку и отминку осуществляют в меланжерах, а измельчение — на пятивалковых мельницах. Цель разводки и отминки — придание массе пластичности, что достигается вымешиванием порошкообразной массы с оставшейся частью предусмотренного рецептурой жира. В конце перемешивания в массу вводят ароматические и вкусовые добавки, после чего массу направляют на формование.

Получение пралиновых масс непрерывным способом осуществляют на поточно-механизированной линии приготовления шоколадных масс.

Особенностью приготовления марципановых масс является использование сырых (необжаренных) ядер, чаще всего миндаля. Процесс получения марципановой массы состоит из следующих операций: шпарки миндаля, очистки от кожицы, подсушки и растирания, смешивания с сахарной пудрой и другим сырьем, формования. В связи с тем что сырой марципан не подвергается термической обработке, марципановые массы имеют ограниченный срок хранения.

**Сбивные массы.** Сбивные массы получают сбиванием пенообразователей с агаросахаропаточным сиропом с добавлением в пенообразную массу вкусовых и ароматических веществ. Различают легкие сбивные массы типа «Суфле», «Птичье молоко» и тяжелые — типа «Нуга», «Зоологические».

При образовании пены происходит увеличение поверхности раздела между жидкой и газообразной фазами, что влечет за собой возрастание силы поверхностного натяжения. Под действием этой силы воздушные пузырьки сливаются и, прорывая пленку жидко-

сти, выходят наружу — происходит опадение пены. Для повышения устойчивости пены используют поверхностно-активные вещества, которые снижают поверхностное натяжение (см. рис. 9.2; 9.3; 9.6). В кондитерской промышленности в качестве пенообразователя применяют яичный белок. При интенсивном перемешивании сиропа яичный белок адсорбируется в поверхностном слое и образует прочную пленку вокруг воздушных пузырьков. Для повышения прочности образовавшейся пены в массу вводят раствор агара, который при застывании фиксирует структуру массы. Качество сбивных масс зависит также от способа их получения, температуры, pH и других факторов.

Существует два способа получения пенообразной структуры: интенсивное перемешивание сиропа, при котором происходят захват воздуха и его распределение по всему объему, или пропускание воздуха под давлением через сироп. В первом случае сбивание осуществляют в сбивальных машинах путем интенсивного механического перемешивания в течение 35...45 мин, во втором — сбивание проводят под давлением на непрерывнодействующей установке. В этом случае длительность сбивания составляет 2...4 мин.

Для получения сбивных масс легкого типа готовят агаросахаропаточный сироп, который затем подвергают сбиванию вместе с яичным белком. В приготовленную таким образом массу вводят вкусовые и ароматические добавки. При изготовлении конфет «Птичье молоко» в сбитую массу постепенно вводят смешанное со сливочным маслом гущенное молоко.

Процесс получения сбивных масс тяжелого типа состоит из следующих операций: приготовления сахаропаточного сиропа, сбивания сиропа с белком, смешивания с остальными компонентами рецептуры (сахарная, помадная масса, цукаты и др.). При получении масс этого типа агар не используется.

Относительная плотность сбивных масс легкого типа составляет 0,56...0,66, а масс тяжелого типа — 0,8...1,2, так как они удерживают значительно меньше воздуха.

**Ликерные массы.** Представляют собой насыщенные растворы сахарозы с добавлением молока, фруктовых заготовок, вкусовых и ароматических веществ с обязательным введением в массу алкогольных напитков, спирта, коньяка, ликера и др. Ликерные массы в зависимости от вводимых добавок подразделяют на три группы: винные («Медный всадник» и др.), молочные («Столичные» и др.), фруктовые («Вишневый ликер» и др.). При производстве ликерных масс получают насыщенный раствор сахарозы для того, чтобы при охлаждении после формования получился пересыщенный раствор и на поверхности изделий образовался тонкий, достаточно прочный слой из кристаллов сахарозы.

Процесс приготовления этих конфет состоит из следующих операций: варки ликерной массы, отливки корпусов в крахмальные формы, выстойки, выборки и очистки корпусов, глазировани-

ния, завертывания и упаковывания. Для получения винной ликерной массы готовят сахарный сироп с соотношением воды и сахара 1 : 2, который уваривают в открытых варочных котлах до температуры 108...112 °С. После охлаждения до температуры 85...90 °С в смесь вводят спирт и добавки, готовую массу разливают в крахмальные формы.

Фруктовые ликерные массы готовят путем уваривания сахарного сиропа до температуры 116...120 °С с последующим введением в него фруктово-ягодного пюре и повторного уваривания до 110...112 °С. Затем массу охлаждают до 90...95 °С, вводят спирт, вино, другие добавки и разливают в крахмальные формы.

Молочно-ликерные массы получают увариванием молочно-сахарного сиропа с последующим введением патоки. В готовый охлажденный сироп добавляют спирт, коньяк и другое сырье по рецептуре.

После отливки ликерных масс в крахмальные формы поверхность посыпают сверху крахмалом и лотки направляют в сушильные камеры, где происходит образование корпусов из сахарной корочки. Пересыщенный сахарный раствор при соприкосновении с крахмалом отдает ему часть влаги, что вызывает кристаллизацию сахара в поверхностных слоях. По мере кристаллизации скорость процесса снижается, но продолжается даже при хранении готовых конфет и может привести к полному засахариванию, поэтому гарантийный срок хранения этих конфет короткий (15...30 дней).

**Грильяжные массы.** Вырабатывают два типа грильяжных масс: твердые и мягкие. Твердый грильяж («Грильяж в шоколаде») представляет собой массу, полученную плавлением сахара или увариванием сиропа с добавлением дробленых ядер орехов или масличных семян. Мягкий грильяж («Серенада», «Грильяж фруктовый с цукатом») представляет собой фруктовую массу, уваренную с ядрами орехов, масличными семенами или цукатами.

Процесс получения грильяжных масс осуществляется периодическим или непрерывным способом на поточных линиях.

**Кремовые массы.** Кремы и кремообразные массы — это пенообразные массы, получаемые сбиванием шоколадно-ореховых масс с жирами, молочным сиропом, вкусовыми и ароматическими добавками. При этом масса насыщается воздухом, становится более легкой за счет снижения плотности и нежнее на вкус. К кремовым конфетам относятся «Трюфели», «Красная Москва», «Космические» и др. Для получения конфет «Трюфели» шоколадную массу после вальцевания перемешивают с какао-маслом, кокосовым или сливочным маслом при температуре 40...45 °С, затем массу фильтруют, темперруют и сбивают. Конфеты «Космические» получают сбиванием молочной шоколадной массы со сгущенным молоком и сахаропаточным сиропом, в конце которого вводят спирт и коньяк.

**Желейно-фруктовые массы.** Имеют студнеобразную структуру. В зависимости от используемого сырья подразделяются на три

группы: фруктовые, изготавливаемые из фруктово-ягодного пюре; желеино-фруктовые, изготавливаемые из фруктово-ягодного пюре с добавлением агара или агароида; желейные, изготавливаемые с использованием агара, агароида и крахмала. Из фруктовых масс готовят конфеты «Лето», «Южная ночь» и др., из желеино-фруктовых — «Огонек» и др., из желейных — «Желейные» и др.

Желейные конфетные массы получают по следующей схеме: составляют рецептурную смесь, уваривают ее, затем путем смешивания уваренной массы с вкусовыми и ароматизирующими добавками получают конфетную массу. Приготовление массы может осуществляться как периодическим, так и непрерывным способом.

#### 24.5.2. ФОРМОВАНИЕ КОРПУСОВ КОНФЕТ

*Формование* — это придание конфетам определенного внешнего вида и формы. Конфетные массы формируют двумя способами: получают конфетный пласт или жгут и разрезают его на отдельные изделия. Конфетный пласт формируют методом размазывания или прокаткой, жгут — методом выпрессовывания или прокаткой. Формование по второму способу осуществляется методом отливки или отсадки. Выбор метода определяется физико-химическими и структурно-механическими свойствами конфетных масс.

Самым распространенным в настоящее время методом формования является формование *отливкой*. Этим методом формируют массы, обладающие при определенных условиях хорошей текучестью: помадные, фруктово-желейные, молочные и ликерные. Этот метод позволяет получать конфеты разной формы, многослойные изделия и конфеты с твердыми добавками (рубленый орех, цукаты и т. п.). Формование этим методом производится в формы, отштампованные в крахмале, который должен удовлетворять следующим требованиям: не должен прилипать к штампу и должен легко удаляться с поверхности конфет, иметь высокую температуру клейстеризации и др. Отштампованные формы выполняют, как правило, с гладкой поверхностью. Таким требованиям удовлетворяет кукурузный и рисовый крахмал. Многократное использование крахмала при отливке требует периодического просеивания, подсушивания до содержания влаги 5...9 % и смешивания со свежим крахмалом так, чтобы содержание сахара в нем не превышало 5 %. Конфетные корпуса формируют отливкой на поточно-механизированных линиях, которые состоят из непрерывнодействующего отливочного агрегата и установки для непрерывной выстойки. Отливочный агрегат осуществляет несколько операций: отливку массы в формы, выборку конфетных корпусов из форм, очистку корпусов от крахмала и его просеивание, заполнение лотков крахмалом, штампование форм, подачу лотков с крахмальными формами на отливку, переда-

чу лотков на выстойку и их прием после выстойки. В установке для выстойки происходит процесс затвердевания конфетных масс. Длительность выстойки и температурный режим зависят от вида конфетной массы. Процесс отливки и выхода готовых корпусов конфет протекает непрерывно по замкнутому циклу.

Для формирования преимущественно сбивных и кремовых конфетных масс применяют метод *размазывания*, так как, несмотря на крупные недостатки, этот способ обеспечивает наибольшую сохранность таких хрупких масс, как пенообразные. Формование размазыванием состоит из следующих стадий: подготовки конфетной массы к формированию, формирования массы в пласт, выстойки пластов и резания пластов на отдельные изделия или корпуса.

Процесс осуществляется на размазном конвейере, который представляет собой стол длиной 20...30 м, шириной 0,4...0,6 и высотой 1,0...1,2 м, по которому движется транспортерная лента. Ширина транспортера несколько меньше ширины стола. На столе над транспортерной лентой устанавливаются специальные формирующие каретки без дна, оборудованные подвижными наклонными пластинами, с помощью которых регулируют толщину изготавливаемого пласта. Конфетная масса, находящаяся в каретке, при движении конвейера размазывается в виде пласта. Для охлаждения конфетной массы после каретки над лентой конвейера установлен короб, в который подается охлажденный воздух. Над конвейером может быть установлено несколько кареток, что обеспечивает получение многослойных пластов. В конце конвейера конфетный пласт режется на отдельные корпуса.

Более прогрессивным методом по сравнению с размазыванием является формирование *прокаткой*. Этот способ используется для формирования корпусов из помадных, грильяжных, ореховых и других масс. Конфетный пласт образуется в результате прохождения массы между вращающимися валками. В зависимости от вида конфетной массы и конструкции машины число валков может колебаться от двух до четырех. Пласт, отформованный с помощью валков, поступает на охлаждение, а затем в специальные машины, осуществляющие резку.

При формировании методом *выпрессовывания* конфетная масса выдавливается в виде жгутов через отверстия в матрицах соответствующего профиля. После охлаждения жгуты разрезаются на отдельные конфеты. Выпрессовывание осуществляется с помощью шнеков, рифлеными или шестеренчатыми валами. Этот метод используется в основном для формирования пралиновых и помадных масс. При формировании выпрессовыванием сокращаются возвратные отходы, поверхность изделий получается гладкой. Этим методом можно получать также двухслойные конфеты.

Разновидностью метода выпрессовывания является *отсадка*, при которой выдавливание массы осуществляется в вертикальной плоскости с одновременным образованием отдельных изделий.

Отсалкой формуют кремовые, помадные, сбивные и ореховые массы. В зависимости от формы насадки формующей машины изделия могут иметь гладкую конусообразную форму («Трюфели») и цилиндрическую («Сливочная помадка»).

### 24.5.3. ГЛАЗИРОВАНИЕ КОНФЕТ

Для предохранения корпусов конфет от воздействий внешней среды, повышения пищевой ценности, вкуса, придания красивого внешнего вида готовые конфетные корпуса покрывают тонким слоем различных масс. Этот процесс называется *глазированием*, а кондитерские массы, которыми покрываются корпуса конфет, — *глазуриями*. Чаще всего используют шоколадные и жировые глазури. Шоколадная глазурь отличается высокими вкусовыми достоинствами, стойкостью при хранении. Для нанесения шоколадной глазури используют высокопроизводительные машины. Оттепленная глазурь подается в емкость, расположенную над движущейся сетчатой лентой транспортера, на которой находятся корпуса конфет. Из емкости через щелевидное отверстие в виде сплошной завесы сверху вниз вытекает глазурь и покрывает корпуса. Нижняя сторона корпусов глазируется с помощью валиков. Излишки глазури сдуваются воздухом, поступающим из вентилятора. Процентное содержание шоколадной глазури в конфетах регламентировано унифицированными рецептурами, поэтому толщину слоя глазури регулируют подачей воздуха из вентилятора. Глазированные конфеты непрерывно переходят с сетки глазировочной машины на транспортер охлаждающего шкафа, в котором поддерживается температура 6...10 °С. Продолжительность охлаждения 5...6 мин. Готовые конфеты направляют на заключительную стадию — завертывание и упаковывание.

### 24.5.4. ЗАВЕРТЫВАНИЕ, УПАКОВЫВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ КОНФЕТ

Конфеты, как глазированные, так и неглазированные, завертывают, фасуют в коробки или укладывают в ящики. Значительная часть конфет выпускается в завернутом или фасованном виде. Конфеты завертывают в этикетку или фольгу, в этикетку с подверткой из парафинированной бумаги и фольги на машинах. Фасование конфет производится в пачки и коробки. Для упаковывания конфет во внешнюю тару служат короба из гофрированного картона, дощатые и фанерные ящики.

Конфеты хранят в сухих проветриваемых помещениях при температуре не выше 18 °С и относительной влажности воздуха не выше 75 %. Нельзя хранить конфеты в помещении с резкими колебаниями температуры и влажности воздуха, а также с продуктами, обладающими стойким специфическим запахом.

## 24.6. ТЕХНОЛОГИЯ ХАЛВЫ

*Халва* — кондитерское изделие, приготовленное из обжаренных измельченных ядер масличных семян или орехов путем перемешивания с карамельной массой, сбивой с пенообразующим веществом, которое обуславливает слоисто-волокнустую структуру халвы.

В зависимости от вида маслосодержащих семян или ядер, из которых приготовлена халва, она подразделяется на подсолнечную, арахисовую, соевую и тахинную.

Процесс получения халвы состоит из следующих стадий (рис. 24.9): приготовления белковой массы, получения карамельной массы, приготовления экстракта мыльного корня, сбивания карамельной массы с экстрактом мыльного корня, вымешивания халвы, фасования и упаковывания.

**Приготовление белковых масс.** Белковые массы — тонкоизмельченные маслосодержащие семена (кунжута, подсолнечника, ара-

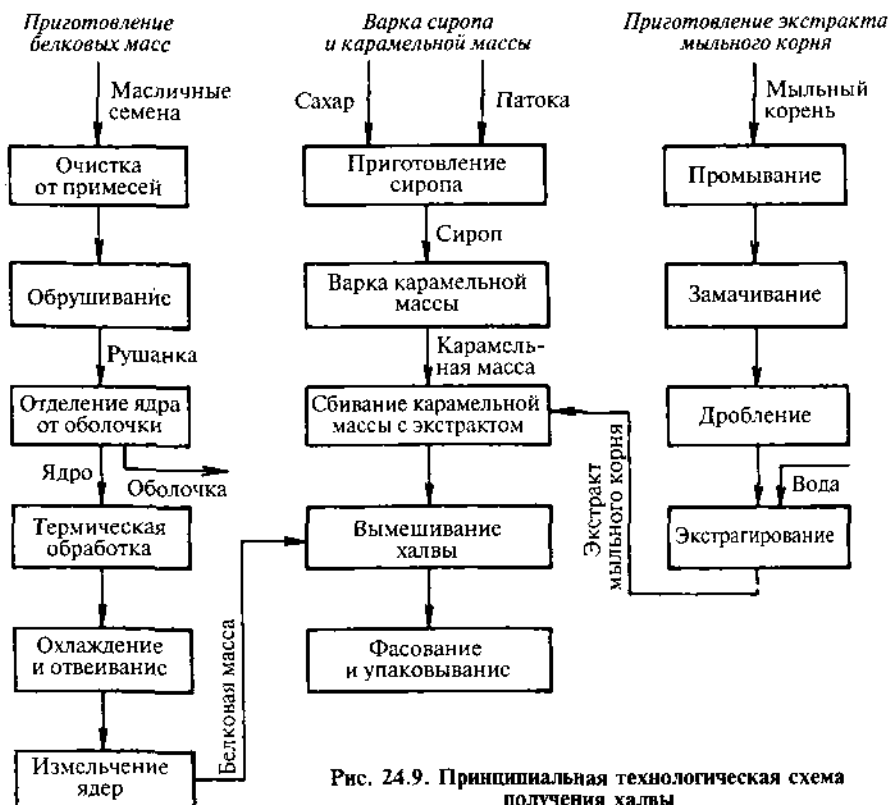


Рис. 24.9. Принципиальная технологическая схема получения халвы



хиса и др.) получают по следующей схеме: очистка семян от примесей, обрушивание (снятие семенной оболочки), отделение ядер от оболочки, термическая обработка ядер и измельчение. Получение белковых масс из различных культур имеет некоторые отличия.

**Приготовление тахинной массы.** Оболочка семян кунжута плотно прилегает к ядру, но при замачивании становится эластичной и легко отделяется от ядра. Поэтому очищенные от примесей семена замачивают в течение 0,5...3 ч в емкостях вместимостью от 100 до 1500 дм<sup>3</sup> водой температурой 40...50 °С. Затем оболочку отделяют (обрушивают) на машинах непрерывного или периодического действия. Оболочка отделяется от семян за счет трения семян о стенки корпуса машины и взаимного трения. Для отделения оболочки от ядра используют отличие в их плотности. Ядро, содержащее большое количество жира, имеет плотность 1070 кг/м<sup>3</sup>, а оболочка, состоящая в основном из клетчатки, — 1500 кг/м<sup>3</sup>. Ядра разделяют, помещая эту смесь в раствор поваренной соли плотностью 1120...1150 кг/м<sup>3</sup>. Такой раствор называется *солонуром*. В нем оболочка тонет, а ядро всплывает. Разделение производится на машинах периодического или непрерывного действия и заканчивается промыванием ядер от солевого раствора и удалением воды центрифугированием. Затем проводят термическую обработку (обжарку), в результате которой снижается влажность, ядра приобретают специфические вкус и аромат. Далее ядра охлаждают и измельчают на дисковых, вальцовых или штифтовых мельницах.

**Приготовление подсолнечной массы.** Подсолнечную белковую массу готовят по следующей схеме: очистка семян, подсушка, обрушивание, отсеивание оболочек на семеновейках, промывание ядер от остатков оболочек водой, подсушка, обжарка и измельчение.

Арахисовую массу получают путем обжаривания ядер, удаления пленки и измельчения.

**Получение карамельной массы.** К карамельной массе, применяемой при производстве халвы, предъявляют ряд особых требований: она должна долго сохранять пластичность, не затвердевать, иметь повышенную стойкость против кристаллизации. Поэтому сироп готовят с повышенным содержанием патоки: на 1 часть сахара 1,5...2 части патоки. Сироп уваривают в вакуум-аппаратах до содержания сухих веществ 94...95 %. Пониженное содержание сухих веществ облегчает последующее сбивание массы с пенообразователем и вымешивание халвы.

**Приготовление отвара мыльного корня.** Чтобы халва была слоисто-волокнуистой, ей следует придать пористую структуру. Для этого карамельную массу сбивают с пенообразователем, в качестве которого используют отвар мыльного корня (корень мыльнянки), содержащего до 5 % поверхностно-активного вещества сапонины.

Отвар получают из промытых нарезанных корней путем 3...4-кратного отваривания и последующего уваривания собранных отваров до экстракта с относительной плотностью 1,05.

Карамельную массу сбивают в течение 15...20 мин в закрытых варочных котлах при температуре 105...110 °С с добавлением 2 % (от массы) отвара мыльного корня.

**Вымешивание халвы.** Сбитую массу направляют на смешивание с белковой массой.

Цель вымешивания халвы — обеспечить образование слоисто-волокнутой структуры и равномерное распределение белковой и карамельной масс. Это достигается путем вытягивания карамельной массы с образованием из нее волокон, между которыми распределяется белковая масса. Вымешивание халвы осуществляется на модернизированных тестомесильных машинах. На 55...60 % белковой массы берут 40...45 % сбитой карамельной массы, одновременно вводят вкусовые и ароматические вещества.

Вымешанная халва при температуре 60...65 °С направляется на фасование и упаковывание. Некоторые виды халвы глазируют шоколадом.

Халву фасуют и упаковывают в мелкую и крупную жестяную тару, ящики из гофрированного картона и фанеры. Халву хранят в сухих, чистых, вентилируемых помещениях при температуре не выше 18 °С и относительной влажности воздуха 70 %. При этих условиях срок хранения тахинной и глазированной шоколадом халвы 2 мес, всех остальных видов — 1,5 мес.

## 24.7. ТЕХНОЛОГИЯ МАРМЕЛАДА И ПАСТИЛЫ

К этой группе кондитерских изделий относятся мармелад (фруктовый, жележный, паты), пастила и зефир. По структуре мармеладные изделия представляют собой студни, а пастила и зефир — пены.

Мармелад по способу формования делят на формовой, резной и пластовой. В зависимости от вида сырья, являющегося студнеобразующей основой, мармелад делят на фруктово-ягодный, жележный и фруктово-жележный.

Студнеобразователем для фруктово-ягодного мармелада служит пектин, содержащийся во фруктовом пюре (обычно яблочном), а для жележного мармелада — агар, агароид, пектин и др. на основе абрикосового и сливового пюре.

Пастилу выпускают двух видов: клеевой, в которой в качестве студнеобразующей основы используется агар или пектин, и заварной, в которой в качестве студнеобразующей основы применяется фруктово-ягодная мармеладная масса. В свою очередь, клеевая пастила подразделяется на резную (пастила прямоугольного сечения) и отливную (зефир). Заварная пастила выпускается в виде резной (прямоугольного сечения) и пластовой (пласт, рулет, батон).

Основной процесс в производстве мармеладно-пастильных изделий — это студнеобразование, обусловленное свойствами пектиновых и других желирующих веществ (см. рис. 9.4; 9.5). Пектиновые вещества относятся к полисахаридам сложного строения, входят в состав практически всех растительных тканей, особенно плодов, ягод, корнеплодов и др. Пектин в холодной воде только набухает, растворяясь лишь при нагревании, переходя в вязкий коллоидный раствор. Образование студня из раствора пектина возможно лишь при соблюдении ряда условий: концентрации пектина 0,8...1,2 %, сахара — 60 % и кислотности на уровне рН 2,8...3,2. Эти соотношения могут изменяться в небольших пределах в зависимости от желирующей способности пектина. Сахар, обладая большой дегидратирующей способностью, уменьшает растворимость пектина в сахарном растворе. Кислота, снижая рН пектинового раствора, способствует образованию межмолекулярных водородных связей, в результате чего повышается студнеобразующая способность пектинового раствора и улучшается качество студня.

Кроме пектина в качестве желирующих веществ используются агар и агароподобные вещества (агароид, фуцелларан и др.), которые, также относят к группе полисахаридов сложного состава и получают из некоторых морских водорослей. Они растворимы в горячей воде и при охлаждении растворов образуют студни. Прочные студни получают при концентрации агара 0,3...1 %, агароида 0,8...3 % к массе студня. Присутствие сахара необязательно, он играет лишь роль вкусовой добавки. Наличие кислоты отрицательно сказывается на студнеобразующей способности агара и агароида из-за гидролиза последних. Гидролизующее действие кислоты уменьшают, добавляя буферные соли (лактат натрия или динатрийфосфат).

**Получение фруктово-ягодного мармелада.** Процесс получения фруктово-ягодного мармелада состоит из следующих стадий: подготовки сырья, приготовления рецептурной смеси, уваривания мармеладной массы, разделки, отливки, сушки, выстойки и упаковки.

Различные партии яблочного пюре в зависимости от качественных показателей (студнеобразующая способность, кислотность, цветность, содержание сухих веществ и др.) смешивают (купажируют) для получения однородной по составу массы. Полученную смесь протирают через сита.

Рецептурную смесь получают смешиванием подготовленного яблочного пюре с сахаром-песком и патокой в соотношении пюре и сахара 1 : 1. При изготовлении ягодных видов мармелада к яблочному добавляют ягодное пюре в соответствии с рецептурой. Так как студнеобразующая способность пюре определяется в значительной степени качеством и количеством содержащегося в нем пектина, то оптимальное соотношение основных компонентов рецептуры уточняют путем проведения пробных варок.

В рецептурную смесь вводят также соли-модификаторы (бу-

ферные соли): лактат натрия или динатрийфосфат. Введение этих солей обуславливает снижение вязкости, скорости и температуры застудневания мармеладной массы, что позволяет уваривать массу до более высокого содержания сухих веществ и сокращает процесс сушки мармелада. Количество вводимых солей зависит от кислотности пюре. Рецептурную смесь получают в смесителях периодического действия, после чего массу уваривают до содержания сухих веществ 68...74 % в вакуум-аппаратах периодического действия или в непрерывнодействующих змеевиковых аппаратах, в которых используется греющий пар давлением 300...400 кПа.

На стадии разделки уваренную массу охлаждают в емкостях, снабженных мешалкой, до температуры на 5...7 °С выше студнеобразования, вводят ароматические, вкусовые добавки и красители, перемешивают и подают на отливку.

Мармелад отливают на мармеладоотливочных машинах, выполняющих следующие операции: дозирование и разливку мармеладной массы в формы; встряхивание для равномерного распределения; выстаивание в специальной камере при 15...25 °С, во время которого идет процесс студнеобразования длительностью от 20 до 45 мин (продолжительность студнеобразования зависит от качества пюре и рецептуры мармеладной массы); выборку мармелада из форм сжатым воздухом, который подается через отверстия диаметром 0,2 мм, расположенные в дне форм. Такой способ извлечения мармелада вызван тем, что при застудневании линейные размеры массы не изменяются, кроме того, мармеладная масса прилипает к материалу форм.

Извлеченный из форм мармелад с липкой влажной поверхностью направляется на сушку, в результате которой содержание сухих веществ в нем повышается до 76...80 %. В процессе сушки на поверхности мармелада выкристаллизовывается часть сахара, образуется мелкокристаллическая корочка, предохраняющая мармелад от намокания и придающая ему привлекательный внешний вид. Процесс сушки ведут так, чтобы удаление влаги происходило с опережающей кристаллизацию скоростью. Иначе преждевременно образовавшаяся корочка будет сдерживать влагоотдачу. Поэтому мармелад сушат в камерных, шкафных и конвейерных сушилках в несколько стадий, где предусмотрены зоны с различными температурными режимами. Высушенный мармелад температурой 60 °С охлаждают либо в специальных камерах, либо в помещении цеха. Продолжительность охлаждения — от 45...55 мин до 1,5...2 ч — зависит от времени года. Охлажденный мармелад укладывают в коробки или лотки, а затем в ящики.

**Получение желейного мармелада.** Желейный мармелад выпускают трех видов: формовой, резной (трехслойный, «Лимонные и апельсиновые дольки»), фигурный. В качестве студнеобразователя

используются агар, агароид или другие студнеобразующие вещества. Введением различных эссенций, пищевых кислот и красителей имитируются вкус, аромат и цвет натуральных фруктов.

Рецептура желейного мармелада зависит от вида и желеобразующих особенностей студнеобразователей. В среднем для образования достаточно прочного студня в рецептуру должно входить: 0,8...1 % агара (или 1...1,5 % пектина, или 2,5...3 % агароида), 50...65 % сахара, 20...25 % воды. Для создания приятного кислого вкуса добавляют 1...1,5 % пищевой кислоты.

Получение желейного мармелада производится по следующей схеме: подготовка сырья, получение желейной массы, формование, выстойка, сушка и упаковывание.

При получении желейного мармелада на агаре его промывают в холодной проточной воде в течение 1...3 ч, в результате чего происходит его набухание, а затем растворение. Далее вносят сахар-песок и патоку. Полученный агаросахаропаточный сироп уваривают до содержания сухих веществ 73...74 %. Уваренную массу охлаждают в temperирующих машинах до 50...60 °С.

Технология и параметры процесса приготовления желейного мармелада на агароиде отличаются от схемы приготовления на агаре, так как агароид обладает более низкой желеобразующей способностью, более высокой температурой застудневания и в значительной степени подвержен гидролизу в кислой среде, что резко снижает студнеобразующую способность агароида. В связи с этим сироп на агароиде уваривают до содержания сухих веществ 70...72 %, затем охлаждают до 74...78 °С, а для торможения гидролитического распада агароида в кислой среде вводят соли-модификаторы.

Готовую уваренную желейную массу формуют различными способами на формовочном транспортере. Формовой мармелад получают методом отливки в металлические формы с последующей выстойкой в течение 10...90 мин (в зависимости от вида студнеобразователя). Для облегчения выборки мармелада из форм поверхность отформованных изделий подогревают.

Встойка желейного мармелада необходима для подсушки поверхности изделий. После выстойки мармелад обсыпают со всех сторон сахаром-песком и направляют на сушку. Мармелад, приготовленный на агароиде, сушат при температуре 38...40 °С, а на агаре — 50...55 °С в течение 6...8 ч. Затем мармелад охлаждают и упаковывают. Мармелад «Лимонные и апельсиновые дольки» формуют на механизированной поточной линии. Первый слой — желейную массу температурой 55...60 °С наносят на ленту транспортера методом размазывания. Студнеобразование первого слоя происходит в шкафу при температуре воздуха 10 °С в течение 10 мин, затем на этот слой также методом размазывания наносят второй слой — сбивную массу. После студнеобразования второго слоя двухслойную ленту разрезают дисковыми ножами на полосы, которые укладывают в продольные желоба полукруглого сечения,

находящиеся на транспортере. Дозирующий механизм отливочной машины заполняет желоба желейной массой. Полученные трехслойные заготовки (батоны) поступают на охлаждение, во время которого происходит студнеобразование. Затем батоны переворачивают и укладывают на ленточный транспортер, посыпая слоем сахара-песка и направляют на следующий транспортер для окончательного студнеобразования. Продолжительность выстойки 60 мин. Далее заготовки разрезают на резательной машине на отдельные дольки и обсыпают сахаром-песком. Подготовленные дольки укладывают на лотки и направляют на сушку. Продолжительность сушки 6...8 ч при температуре 45 °С. Готовые дольки с содержанием сухих веществ 81 % укладывают в коробки, пакеты и лотки.

Содержание сухих веществ в желейном мармеладе должно быть не менее 77 %. Его следует хранить при температуре не выше 18 °С и относительной влажности воздуха в пределах 75...80 %. В этих условиях гарантийный срок хранения желейного мармелада, приготовленного на агаре, 3 мес, а для мармелада, приготовленного на агароиде, 1,5 мес.

**Получение пастилы.** Пастилу вырабатывают путем сбивания смеси фруктового пюре с сахаром-песком и яичным белком. С целью закрепления пенообразной структуры в сбитую массу добавляют горячий агаросахаропаточный сироп (клей) или горячую фруктово-ягодную мармеладную массу.

При использовании агарового сиропа получают клеевую пастилу, а в случае добавления мармеладной массы — заварную.

Процесс производства клеевой пастилы состоит из следующих операций: подготовки сырья, приготовления сахаро-яблочной смеси, получения клеевого сиропа, сбивания, формования, сушки, укладки и упаковывания.

Яблочное пюре, используемое в производстве пастилы, должно иметь высокую студнеобразующую способность и влажность не более 88 %. Такое пюре получают путем уваривания под вакуумом до содержания сухих веществ 15...17 %. Затем различные партии уплотненного пюре смешивают для получения пюре с определенной желирующей способностью. Далее уплотненное пюре смешивают с сахаром-песком в соотношении 1 : 1 в смесителях как периодическим, так и непрерывным способом. Для получения пышной пенообразной массы содержание сухих веществ в сахаро-яблочной смеси должно быть 57...59 %.

На крупных предприятиях резную клеевую пастилу получают на поточно-механизированных линиях (рис. 24.10).

Агаросахаропаточный сироп получают в емкости 1 путем растворения в воде при нагревании набухшего агара с последующим введением в раствор рецептурных количеств сахара-песка и патоки. Готовый сироп из емкости 3 насосом 4 перекачивается в змеевиковую варочную колонку 5 и уваривается до содержания

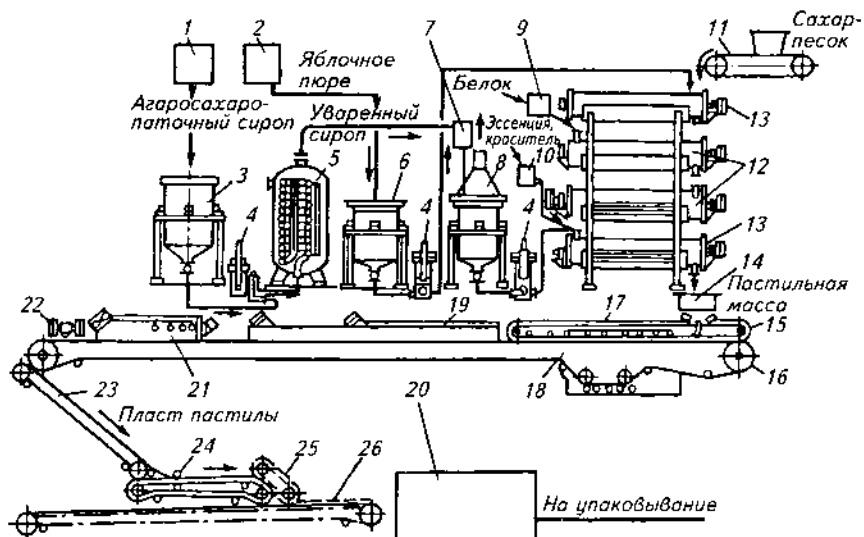


Рис. 24.10. Технологическая схема получения резной клеевой пастилы

сухих веществ около 79 %. Затем сироп, пройдя через пароотделитель 7, поступает в сборник 8. Подготовленное яблочное пюре из емкости 2 через расходный сборник 6 насосом 4 непрерывно перекачивается в сбивальный агрегат.

Агрегат состоит из четырех цилиндров, расположенных горизонтально один над другим. В двух из них 13 осуществляется смешивание, а в двух других 12 — сбивание массы. В верхний смеситель кроме яблочного пюре ленточным дозатором 11 подается сахар-песок. За счет вращения вала с лопастями происходит перемешивание смеси и растворение сахара-песка. Сахаро-яблочная смесь стекает в следующий смеситель 12, куда непрерывно из емкости 9 дозируется яичный белок и где последовательно в первой и второй секциях машины происходит сбивание массы. При сбивании масса насыщается воздухом, плотность ее значительно снижается, а объем увеличивается почти в два раза. Сбитая масса поступает во второй смеситель 13, где смешивается с уваренным агарсахаропаточным сиропом, который подается насосом 4, и вкусовыми, ароматическими и красящими добавками, поступающими из емкости 10.

Готовая пастильная масса температурой около 40 °С самотеком поступает в формулирующую машину 14, из которой масса в виде пласта выливается на движущуюся резиновую ленту транспортера 16, снабженного боковыми ограничителями 15. Для мойки ленты транспортера 16 служит ванна 18. Отформованный пласт поступа-

ет в зону охлаждения 17, а затем в камеру охлаждения 19, где происходит процесс студнеобразования и масса приобретает прочность и эластичность, которые препятствуют выделению воздушных пузырьков из нее. Затем пласт поступает в камеру с инфракрасным обогревом 21, где происходят подсушка и образование мелкокристаллической корочки из сахарозы, что также увеличивает прочность. Далее пласт охлаждается воздухом, покрывается слоем сахарной пудры и при помощи устройства 22 подается транспортером 23 в перевернутом виде на режущие машины 24 и 25, которые разрезают пласт на бруски размером 70 × 21 × 20 мм. Готовые изделия по транспортеру 26 направляются на сушку в непрерывнодействующие или камерные сушилки 20. Процесс сушки ведут в две стадии с различным режимом сушки: первая продолжительностью 2,5...3 ч при температуре воздуха 40...45 °С и относительной влажности 40...45 %, вторая продолжительностью 2 ч при более жестком режиме: температуре 50...55 °С и относительной влажности 20...25 %. Высушенную до содержания влаги 17...19 % пастилу охлаждают, посыпают сахарной пудрой и подают на фасование и укладку. Далее пастилу упаковывают в целлофановые пакеты, картонные коробки, короба из гофрированного картона или ящики.

**Получение зефира.** Отличается тем, что в рецептуре зефирной массы содержится меньше яблочного пюре и больше агара. Агаро-сахаропаточный сироп уваривают до содержания сухих веществ 84...85 %, яичного белка вносят в три раза больше, чем в пастильную массу, и массу сбивают до меньшей плотности. Зефирную массу сбивают на агрегатах непрерывного действия под избыточным давлением, что позволяет резко сократить продолжительность сбивания. Формуют зефир на зефиrootсадной машине и, так как масса имеет большую вязкость, чем пастильная, при отсадке (выдавливании через металлический наконечник) сохраняет приданную форму, не растекается. Отформованные порции зефира в виде полусфер направляют на выстойку и подсушку. Встойка осуществляется в специальной камере или в помещении цеха в течение 5 ч, после чего зефир подсушивают в камере до содержания сухих веществ 77...80 %. При этом на поверхности образуется мелкокристаллическая сахарная корочка. Затем половинки зефира посыпают сахарной пудрой и вручную складывают (склеивают) попарно с нижними, не имеющими корочки, поверхностями. Склеенные половинки зефира подсушивают до содержания сухих веществ 80...84 % и подают на укладку в коробки, пакеты, картонные или фанерные ящики.

Пастильные изделия хранят в чистых, сухих, проветриваемых складах при температуре не более 18 °С и относительной влажности воздуха 75...80 %. Гарантийный срок хранения при соблюдении этих условий для клеевой пастилы и зефира 1,5 мес, для заварной — 3 мес.



## 24.8. ТЕХНОЛОГИЯ МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Ассортимент мучных кондитерских изделий отличается большим разнообразием, рецептурой, формой, отделкой, химическим составом, свойствами и вкусом.

В зависимости от технологического процесса и рецептуры мучные кондитерские изделия подразделяют на следующие группы: печенье (сахарное, затяжное, слоеное), пряники (сырцовые и заварные), галеты и крекер (простые, улучшенные диетические), кексы, рулеты, торты (бисквитные, песочные, слоеные, вафельные и др.) и пирожные (рис. 24.11).

Большинство мучных кондитерских изделий отличается высокой энергетической способностью, большим содержанием легкоусвояемых углеводов, жиров и белков, что обусловлено использованием в производстве в больших количествах наряду с мукой таких высококалорийных продуктов, как сахар-песок, жиры, яйцопродукты, молочные продукты и др. Благодаря низкому содержанию влаги мучные кондитерские изделия имеют длительный срок хранения. В настоящее время большинство видов этих изделий производится на поточно-механизированных и полностью автоматизированных линиях.

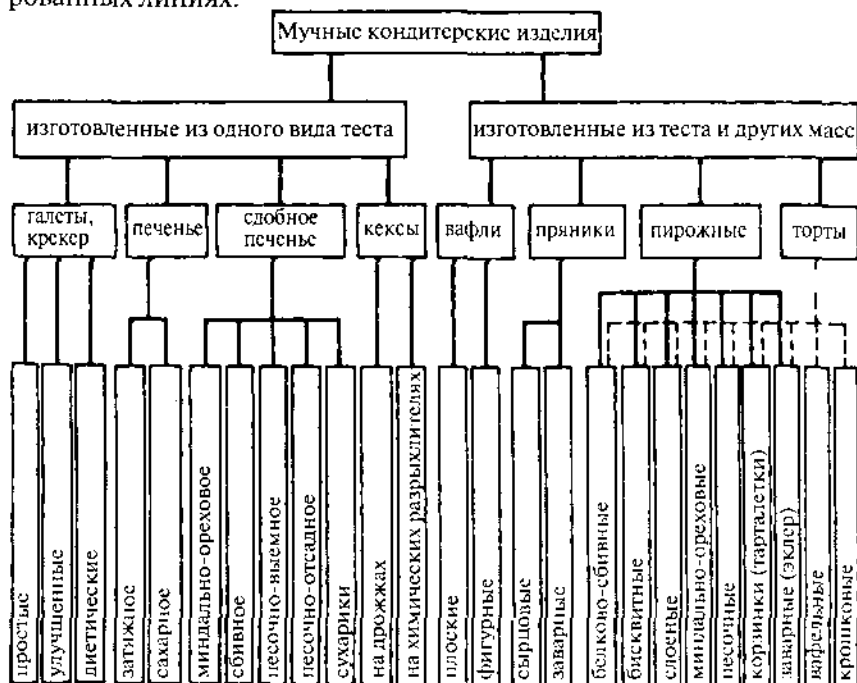


Рис. 24.11. Классификация мучных кондитерских изделий

## 24.8.1. ПЕЧЕНЬЕ, ГАЛЕТЫ И КРЕКЕР

Печенье — наиболее распространенный вид мучных кондитерских изделий с большим содержанием сахара-песка и жира, низким содержанием влаги. Печенье подразделяют на сахарное, затяжное и сдобное. Сахарное печенье изготавливают из высокопластичного теста, готовые изделия отличаются хорошей пористостью, набухаемостью, высокой хрупкостью. Затяжное печенье вырабатывают из упругопластичного теста, а изделия отличаются слоистостью, меньшей хрупкостью и набухаемостью. Сдобное печенье (песочное, сбивное, миндальное и др.) вырабатывают из нескольких видов теста, в рецептуру которого входит большое количество сахара, жира, яицпродуктов. Во всех этих видах печенья используются химические разрыхлители теста.

Технология получения галет и крекера отличается от технологии других мучных изделий тем, что в качестве разрыхлителей для приготовления теста используют дрожжи. Эти изделия содержат небольшое количество сахара и жира, отличаются слоистой структурой и хрупкостью.

Технология получения различных видов печенья, галет и крекера имеет общие основные стадии: подготовку сырья, замес теста, формование, выпечку, охлаждение и упаковывание, а также имеет и свои особенности.

Основным видом сырья при производстве печенья, галет и крекера является пшеничная мука высшего, I и II сортов. Для получения муки оптимального качества смешивают отдельные партии муки одного сорта в различных соотношениях, а крахмал, соевую и кукурузную муку добавляют согласно рецептуре. Все сыпучее сырье (мука, сахар, крахмал и т. п.) просеивают для удаления примесей и подвергают магнитной очистке для очищения от металлопримесей. Все виды жидкого сырья (молоко цельное и сгущенное, расплавленные жиры, патоку, инвертный сироп и т. д.) пропускают через сита с отверстиями определенного диаметра. Фруктовое сырье протирают на протирачной машине.

Тесто для различных видов печенья готовят по-разному. Главную роль в образовании кондитерского теста играют белки пшеничной муки, способные при набухании в воде образовывать клейковину, обладающую упругоэластичными свойствами. На процесс набухания белков муки существенное влияние оказывают компоненты рецептуры теста. Сахар-песок ограничивает набухание белков муки, делает тесто более пластичным и мягким. Избыток сахара-песка приводит к получению расплывающегося, липкого теста. Жир также уменьшает набухаемость белков, вследствие чего увеличивается пластичность теста. Такие компоненты, как крахмал, молочные продукты, также способствуют увеличению пластичности теста. Кроме того, большое влияние на свойства теста оказывают технологические условия замеса теста: содержание

влаги, температура, продолжительность замеса. Увеличение этих параметров при замесе теста приводит к ускорению набухания белков муки, а уменьшение — к ограничению набухания. Изменяя условия замеса и соотношение между компонентами теста, можно получить тесто с различными упругоэластичными свойствами. Для получения пластичного, легко рвущегося сахарного теста в рецептуру вводят большое количество сахара-песка и жира. Непродолжительный замес проводят при относительно низкой влажности и низкой температуре.

При замесе затижного теста, наоборот, создают все условия для более полного набухания белков муки, что обуславливает получение упругого теста. Для этого в тесто вносят небольшое количество сахара-песка и жира и процесс ведут при большой влажности и повышенной температуре теста и более длительное время.

Тесто для затижного печенья и крекера готовят в машинах периодического действия, а для сахарного — в агрегатах непрерывного действия. Для замеса теста периодическим способом используют универсальные месильные машины, внутри корытообразного корпуса которых вращаются Z-образные лопасти. Для замеса используют также горизонтальные барабанные месильные машины с П-образными месильными лопастями. При замесе теста периодическим способом большое значение имеет порядок загрузки сырья в месильную машину. С учетом свойств сырья его вводят в следующей последовательности: сахар-песок, соль, расплавленный жир, сгущенное молоко, яйца, патоку, инвертный сироп, воду или молоко. Содержимое тщательно перемешивают в течение 2...3 мин и добавляют химические разрыхлители (соду, диоксид аммония). В последнюю очередь вносят муку и крахмал. Продолжительность замеса теста для затижного печенья 40...60 мин при 30...40 °С.

Для получения теста для галет и крекера в качестве разрыхлителей используют дрожжи. Тесто для этих видов изделий готовят по следующей схеме: замешивают опару с содержанием влаги 52...60 % из 10...25 % муки от всей положенной по рецептуре и дрожжей. Затем опара выстаивается при температуре 32...35 °С в течение 1 ч для галет и до 10 ч для крекера. При этом происходит процесс брожения, формируется вкус и увеличивается набухаемость белков. По окончании процесса брожения замешивают тесто на опаре, добавляют воду и все сырье, кроме муки, всю смесь перемешивают, а затем вносят муку и замешивают тесто в течение 25...60 мин. Температура готового теста 32...36 °С, содержание влаги в тесте для галет 31...36 %, для крекера 26...31 %.

Тесто для сахарного печенья готовят в агрегатах непрерывного действия путем смешивания предварительно приготовленной эмульсии с мукой и крахмалом. Эмульсию готовят из воды и всех видов сырья, за исключением муки и крахмала. В эмульсии жир

должен быть равномерно диспергирован в воде, чему способствуют эмульгирующие вещества — лецитин яичного желтка, казеин молока и фосфатидные концентраты. Тесто, приготовленное на эмульсии, имеет более однородную консистенцию и лучше формируется. Эмульсию готовят в две стадии: сначала все компоненты рецептуры смешивают в цилиндрическом смесителе, а затем сбивают либо в центробежном эмульсаторе непрерывного действия, либо в гидродинамическом преобразователе. Центробежный эмульсатор состоит из корпуса, внутри которого находятся четыре диска — два неподвижных и два вращающихся. Смесь при вращении дисков разбивается на мельчайшие частицы, образуя эмульсию.

Гидродинамический преобразователь (рис. 24.12) состоит из сопла 2 и расположенного внутри резонатора 1, который представляет собой многостержневой металлический стакан. При истечении смеси сырья под определенным давлением из сопла она попадает на упор 3. В струе возникают колебания со звуковой частотой. Резонатор усиливает интенсивность колебаний и передает их жидкости. Под действием этих колебаний происходит превращение жира в мельчайшие шарики. Путем многократного пропускания смеси сырья через преобразователь получается мелкодисперсная эмульсия. Полученная эмульсия температурой 35...38 °С и

мука поступают в агрегат для непрерывного замеса теста — камеру предварительного смешивания. Камера представляет собой цилиндрическую емкость, внутри которой вращается вал с лопастями. Здесь происходит первая стадия образования теста. Далее масса направляется в горизонтальную тестомесильную камеру с лопастным валом, где поддерживается определенная температура. Замес длится 16...18 мин. Готовое тесто с содержанием влаги 16...17 % при температуре 25...28 °С поступает на формование.

Формование сахарного и затяжного печенья, крекера и галет осуществляется различными методами, которые зависят от свойств этих видов теста.

Сахарное печенье формуют на ротационных машинах. Формующий механизм машины (рис. 24.13) состоит из вращающихся навстречу друг другу рифленого вала 1 и формующего ротора 2, на поверхности которого выгравированы углубления (формы с рисунком). При их вращении тесто впрессовывается в углубление

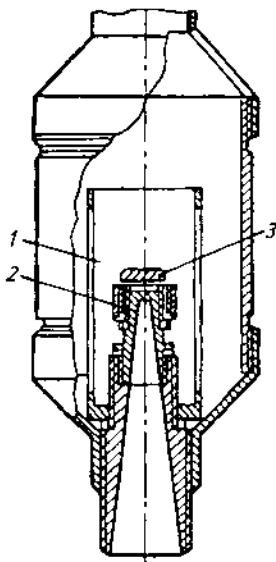


Рис. 24.12. Гидродинамический преобразователь

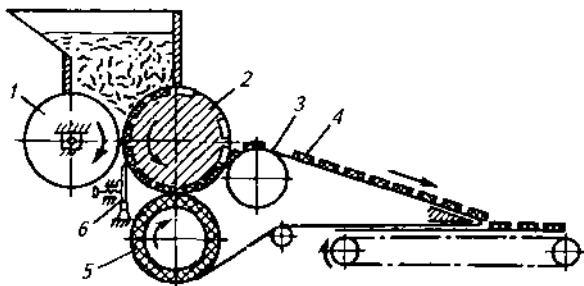


Рис. 24.13. Схема ротационной машины

ротора. Избыток теста счищается с поверхности ножом 6. Отформованные заготовки извлекаются из ротора с помощью транспортерной ленты 3, которая прижимается к формующему ротору ведущим барабаном 5 транспортера. Извлеченные заготовки 4 поступают на ленту транспортера и направляются на выпечку.

Затяжное печенье, галеты и крекер формуют методом штампования. Перед подачей на штамповальную машину тесто проходит стадию прокатки, которая заключается в том, что тесто многократно пропускают между двумя гладкими вращающимися валками. Прокатка чередуется с периодами вылеживания теста. Кусок теста, проходя между валками, превращается в пласт определенной толщины. Для равномерного распределения возникающих в тесте напряжений пласт периодически поворачивают на  $90^\circ$  против направления предыдущей прокатки. После первой пятикратной прокатки тесто оставляют на вылеживание на 2...2,5 ч, в процессе которого происходит расслабление внутренних напряжений и возрастает пластичность теста. Затем проводится повторная четырехкратная прокатка с чередованием поворотов и уменьшением толщины пласта, после чего следует второе вылеживание теста в течение 30 мин. Последняя пятикратная прокатка предусматривает доведение толщины пласта до 10...12 мм. В результате такой обработки тесто приобретает слоистую структуру, уменьшаются упругоэластичные и повышаются пластичные свойства теста, снижается вязкость, в готовых изделиях увеличиваются хрупкость, набухаемость, улучшаются вкусовые качества. Количество прокаток и продолжительность вылеживания зависят от сорта муки: чем ниже сорт, тем меньше число прокаток и менее длительное вылеживание.

Прошедшее прокатку тесто подают на штамп-машину. Штампующий механизм состоит из матриц, имеющих форму стакана с заостренными кромками, внутри которых движется пуансон в

виде пластины с гравировкой и шпильками, которые служат для прокалывания тестовой заготовки. Штампующий механизм, опускаясь на тестовую ленту, некоторое время движется вместе с ней в горизонтальном направлении, затем поднимается вверх, возвращается в исходное положение, и цикл повторяется вновь. В момент формирования матрица вырубает тестовые заготовки, а пуансон, прижимаясь к тестовой ленте, наносит рисунок и с помощью шпилек прокалывает тестовые заготовки. Проколы способствуют выходу водяных паров из тестовой заготовки, что препятствует образованию вздутий на поверхности выпеченного изделия. В последнее время для формирования затяжного печенья используют роторный способ формирования, заключающийся в том, что вырезка тестовых заготовок из прокатанного пласта теста производится вращающимся ротором, на котором закреплены матрицы.

В производстве затяжного печенья, галет и крекера при подготовке теста к формированию используют специальный агрегат — ламилятор. Тестовальцующая машина — ламилятор позволяет непрерывно прокатывать ленту теста с жировой прослойкой и без нее. Эта машина состоит из нескольких пар гладких или рифленых валков и системы транспортеров, смонтированных на общей станине, снабженной регулировочными устройствами и контрольно-измерительными приборами.

Отформованные заготовки направляют на выпечку, в процессе которой происходят сложные физико-химические, коллоидные процессы и удаление влаги. Под влиянием высокой температуры в заготовках идет перенос теплоты и влаги. При этом вначале происходит прогрев теста с испарением влаги из поверхностных слоев и миграцией определенной части влаги от наружных слоев к центральным, а затем наступает период, характеризующийся миграцией влаги от внутренних слоев к наружным. Под действием высокой температуры пекарной камеры идет быстрый прогрев заготовки. К концу выпечки температура поверхностного слоя достигает  $180^{\circ}\text{C}$ , а центральных —  $106...108^{\circ}\text{C}$ . По достижении температуры  $50...70^{\circ}\text{C}$  в тестовой заготовке происходит денатурация белков, которая сопровождается выделением воды, поглощенной при набухании. Крахмал при этих температурах интенсивно поглощает воду, набухает и частично клейстеризуется. Под воздействием температуры происходит разложение химических разрыхлителей с образованием газообразных продуктов, что обуславливает увеличение объема заготовок. Разрыхлению теста способствует также парообразование. Воздействие высоких температур приводит к целому ряду химических изменений в тесте: часть крахмала гидролизуетсся с образованием растворимого крахмала и декстринов, происходит разложение сахаров (кара-

мелизация); кроме того, взаимодействие сахаров с азотсодержащими веществами приводит к образованию соединений с характерными ароматом и цветом.

Для каждого вида теста устанавливается режим выпечки, учитывающий его особенности и оптимальные условия процесса выпечки. Продолжительность выпечки зависит от содержания влаги в тесте, температуры печи и других факторов и составляет для сахарного и затяжного печенья и крекера 4...5 мин, для сдобного печенья 3...10, для галет 7...15 мин.

Печенье выпекают в печах различных конструкций. Наиболее распространенными являются печи с газовым или электрическим обогревом и подом в виде ленточного или цепного транспортера.

При выходе из печи печенье имеет высокую температуру (118...120 °С), при которой нельзя снять изделия с пода без нарушения их формы. Поэтому изделия охлаждают вначале до температуры 65...70 °С, при которой они приобретают твердость и их можно снять с пода, а затем охлаждают до 30...35 °С на охлаждающих транспортерах, заключенных в деревянные или металлические короба. Продолжительность охлаждения зависит от температуры и скорости воздуха: при высоких температурах удлиняется процесс и увеличиваются потери влаги; низкие температуры приводят к растрескиванию поверхности изделий. Оптимальным режимом является температура воздуха 20...25 °С со скоростью движения 3...4 м/с. Охлажденное печенье поступает на упаковывание.

Некоторые сорта печенья перед упаковыванием подвергают отделке: глазируют шоколадной глазурью, прослаивают начинками, посыпают миндалем, сахарной пудрой и сахаром-песком. В результате улучшается внешний вид и повышаются вкусовые качества изделий.

Печенье, галеты и крекер фасуют в пачки, а сдобное печенье — в картонные коробки. Для фасования печенья в пачки и укладки пачек в коробки используют специальные машины. При фасовании в коробки печенье укладывают или засыпают вручную.

Печенье, крекер и галеты следует хранить в сухих, проветриваемых, не зараженных вредителями складах при температуре не выше 18 °С и относительной влажности воздуха 70...75 %. Гарантийный срок хранения для печенья сахарного и затяжного 3 мес, для сдобного печенья в зависимости от содержания жира 15...45 дней, для крекера и галет 1...6 мес, для герметически упакованных галет 2 года.

Качество готовых изделий регламентируется соответствующими стандартами по органолептическим (вкус, запах, цвет, форма и т. д.) и физико-химическим (содержание сахара, жира, влаги, щелочность и т. д.) показателям.

## 24.8.2. ПРЯНИКИ

Пряники — мучные кондитерские изделия разнообразной формы, содержащие значительные количества сахаристых веществ и пряностей. Различают два вида пряников: заварные и сырцовые. Все виды пряников выпускают как с начинкой, так и без нее. В качестве отделки используют глазирование сахарным сиропом, шоколадной глазурью, обсыпку сахаром-песком, маком и др. В настоящее время на крупных предприятиях пряники вырабатывают на поточно-механизированных линиях.

Технологическая схема производства сырцовых пряников состоит из следующих операций: подготовки сырья, замеса теста, формования, выпечки, охлаждения, отделки и упаковывания. В производстве заварных пряников замесу теста предшествуют стадии приготовления и охлаждения заварки.

Тесто для сырцовых пряников содержит значительное количество сахара, что ограничивает набухание белков муки и способствует образованию рыхлого вязкого теста. Тесто замешивают в барабанных месильных машинах с П-образными лопастями или в универсальных месильных машинах с Z-образными лопастями. Сырье загружают в машину в определенной последовательности: сахар-песок, вода, мед, патока, инвертный сироп, меланж, эссенция, химические разрыхлители, в последнюю очередь вносят муку. Все сырье, без муки и химических разрыхлителей, перемешивают в течение 2...10 мин, что обеспечивает растворение сахара-песка и равномерное перемешивание сырья, после чего вводят химические разрыхлители в виде водного раствора и муку. Продолжительность замеса теста (5...12 мин) зависит от температурных условий цеха, температуры воды, частоты вращения вала и вместимости месильной машины. Полуфабрикаты, получаемые нагреванием (сахарный, инвертный сироп, жженка и т. д.), перед введением в машину охлаждают до 20 °С. Температура готового теста не должна превышать 20...22 °С, а содержание влаги — 23,5...25,5 %.

Приготовление заварного пряничного теста состоит из трех фаз: заваривания муки в сахаромедовом, сахаропаточном или сахаропаточномедовом сиропе; охлаждения заварки и замеса теста. Заварку готовят следующим образом. В открытом варочном котле перемешивают сахар-песок, мед, патоку при температуре 70..75 °С до полного растворения сахара-песка. Полученный сироп подают в месильную машину и при температуре не ниже 65 °С добавляют муку. Заваренную массу перемешивают в течение 10...15 мин, а затем охлаждают до температуры 25...27 °С, для этого в водяную рубашку предварительно подают холодную воду. Содержание влаги в заварке должно быть не выше 19...20 %. К охлажденной заварке добавляют остальное сырье и тесто замешивают в течение 10...60 мин. Продолжительность замеса зависит от частоты враще-



ния месильного вала. Температура готового теста 29...30 °С, а содержание влаги 20...22 %.

Пряничное тесто формуют преимущественно на отсадочных машинах ФПЛ. Тесто из воронки захватывается двумя рифлеными вальками, вращающимися навстречу друг другу, и продавливается через шаблоны с вырезом разнообразного контура. От жгутов теста с помощью металлической струны отсекают заготовки, которые укладывают рядами на трафареты или на стальную ленту печи. Пряничное тесто формуют также ручным способом с применением разнообразных приспособлений (металлических выемок или деревянных форм).

Пряники выпекают в течение 7...12 мин при температуре около 200...240 °С в основном в конвейерных печах непрерывного действия.

После выпечки пряники охлаждают в течение 20...22 мин до 40...45 °С, после чего их снимают с пода и вновь охлаждают.

С целью сохранения свежести, уменьшения скорости черствения пряников и улучшения вкусовых качеств их подвергают глазированию (на поверхность пряников наносят слой сахарного сиропа, в котором после охлаждения выкристаллизовывается сахароза). На поверхности пряников образуется глянцевая, мраморного вида корочка. Пряники глазируют периодическим способом в дражировочных котлах или в агрегатах непрерывного действия.

Готовые пряники упаковывают в ящики из гофрированного картона, фанерные или дощатые. Часть пряников фасуют в коробки.

Срок хранения пряников в сухих вентилируемых помещениях при температуре 18 °С и относительной влажности воздуха 65...75 % составляет 10...45 дней в зависимости от типа пряников.

### 24.8.3. ВАФЛИ

Вафлями называют изделия, которые представляют собой высокопористые листы с начинкой или без нее. Эти изделия выпускают разнообразной формы: прямоугольные, круглые, фигурные и т. д. Они могут быть полностью или частично покрыты шоколадной глазурью.

Технологический процесс получения вафель состоит из следующих операций: замеса теста, выпечки вафельных листов, охлаждения, приготовления начинки, получения переслоенных начинкой пластов, их охлаждения, резки пластов, завертывания и упаковки. В настоящее время вафли получают на поточно-механизированных линиях.

Тесто для вафель имеет сметанообразную консистенцию, низкую вязкость и содержит до 65 % влаги, чем отличается от теста для других видов мучных кондитерских изделий. Вафельное тесто

готовят в агрегатах непрерывного действия следующим образом. Сначала получают концентрированную эмульсию в эмульсаторе, который представляет собой горизонтальный цилиндрический аппарат с Т-образными лопастями. В эмульсатор загружают все сырье, за исключением муки: желток или меланж, фосфатиды, растительное масло, соль, соду — и перемешивают около 50 мин, затем добавляют около 5 % воды от общего количества, идущего на замес теста, и перемешивают еще 5 мин. Затем концентрированную эмульсию и воду непрерывно подают в гомогенизатор, представляющий собой вертикальный цилиндр, в котором вращается тарельчатый ротор с щелевидными отверстиями. Под действием ротора образуется мелкодисперсная эмульсия, которая непрерывно подается в вибросмеситель, где происходит замешивание теста. В смеситель непрерывно подается мука, и за счет механического перемешивания и вибрации, создаваемой дебалансным вибратором, обеспечивается равномерное распределение компонентов в смеси и сокращается продолжительность замеса теста.

Вафельные листы выпекают в полуавтоматических печах с газовым или электрическим обогревом. Печь работает следующим образом. Вафельное тесто насосом подается на нижнюю подогревную плиту, разливается по ее поверхности, верхняя плита опускается, и вафельница попадает в обогреваемую зону печи. Температура выпечки 150...170 °С, продолжительность выпечки 2...4 мин. За это время конвейер с вафельницами совершает полный оборот, в конце цикла верхняя плита поднимается и вафельный лист снимается. Поверхность плиты может быть гладкой, гравированной или фигурной, что обуславливает характер поверхности готовых вафельных листов.

Для производства вафель применяют жировые, пралиновые, фруктовые и помадные начинки. Наиболее широко используются жировые начинки, получаемые на основе кондитерского гидрированного жира или кокосового масла и сахарной пудры. Жировая кремообразная начинка содержит большое количество воздуха, имеет легкотаящую, маслянистую, нежную консистенцию. Помадные начинки готовят путем введения в помадную массу жира, фосфатидов и сорбита, что препятствует переходу влаги из начинки в вафельные листы. Фруктовые начинки получают либо увариванием фруктово-ягодной смеси до содержания сухих веществ 85 %, либо смешиванием фруктовой подварки с сахарной пудрой, что обеспечивает сохранение хрустящих свойств вафельных листов.

Вафельные листы прослаивают начинкой на специальных машинах. Для этого их укладывают на транспортер, который направляет один лист под намазывающий механизм, состоящий из трех валков. Последние ровным слоем наносят начинку на вафельный лист. Затем на вафельный лист с начинкой укладывают второй ва-

фельный лист и вторым намазывающим механизмом наносят следующий слой начинки и т. д.

Таким образом образуется пятислойный вафельный пласт.

Готовые пластиы охлаждают в холодильных шкафах непрерывного действия при температуре 4 °С. Затем охлажденные вафельные пластиы разрезают как в продольном, так и в поперечном направлении. Готовые вафли укладывают в ящики или фасуют в пачки или коробки.

#### 24.8.4. ТОРТЫ И ПИРОЖНЫЕ

Торты и пирожные — изделия разнообразных форм и размеров, с привлекательным внешним видом, отличающиеся высокой калорийностью. В зависимости от вида основного (выпеченного) полуфабриката торты классифицируют на следующие группы: бисквитные, песочные, слоеные, миндально-ореховые, воздушные, вафельные, заварные, сахарные и др.

Технологический процесс получения тортов и пирожных состоит из следующих основных стадий: получения основных выпеченных полуфабрикатов, изготовления отделочных полуфабрикатов и отделки изделий.

Бисквитный полуфабрикат, обладающий пышной мелкопористой эластичной структурой, получают путем сбивания меланжа и сахара-песка с последующим смешиванием с мукой. Бисквитное тесто получают периодическим способом на сбивальных машинах или на станциях непрерывного сбивания. Приготовленное тесто разливают в капсулы различной формы и выпекают в печах при температуре около 200 °С в течение 40...65 мин. Затем выпеченный полуфабрикат выстаивается в течение 20...30 мин и извлекается из форм.

Песочный полуфабрикат получают из пластичного теста с высоким содержанием жира, яиц и сахара-песка. Тесто готовят в универсальных месильных машинах, затем раскатывают в пластиы толщиной 3...4 мм и выпекают при 200 °С в течение 8...15 мин. Влажность готового полуфабриката 4...7 %.

Слоеный полуфабрикат имеет слоистую структуру, обусловленную многократным складыванием пласта теста, содержащего большое количество жира. Слои теста чередуются с тонкой прослойкой жира. Процесс получения такого теста состоит из замеса теста, подготовки сливочного масла и прокатки теста с маслом. Тесто замешивают в универсальных месильных машинах при условиях, обеспечивающих высокую степень набухаемости белков муки. Сливочное масло смешивают с мукой в соотношении 10 : 1 и охлаждают. Затем кусок теста раскатывают в пласт и заворачивают в него масло. Тесто с завернутым в него маслом неоднократно прокатывают, складывают и охлаждают, после чего эти операции

повторяют. Полученный полуфабрикат выпекают при температуре 215...250 °С в течение 25...30 мин, охлаждают в течение 1 ч и направляют на отделку.

Миндально-ореховый полуфабрикат готовят из предварительно очищенных ядер миндаля или ореха, смешанных с сахаром-песком и белком, с последующим измельчением их на валковых мельницах. Растертую массу смешивают с мукой и белком, формуют и выпекают при 150...160 °С в течение 25...35 мин.

Заварной полуфабрикат готовят путем заваривания муки и смешивания заваренной массы с большим количеством меланжа. При выпечке внутри заготовок образуется полость, которую затем заполняют полуфабрикатом (кремом).

Белково-сбивной, или воздушный, полуфабрикат получают путем сбивания белков с сахаром-песком и последующей выпечкой. Массу сбивают в течение 30...50 мин из предварительно охлажденных яичных белков до увеличения первоначального объема в 7 раз, затем вводят сахар-песок, ванильную пудру и т. д. Готовые полуфабрикаты выпекают при 105...135 °С в течение 1 ч.

В настоящее время заварные пирожные типа «Эклер» и бисквитные торты получают на механизированных поточных линиях.

Для придания выпеченным полуфабрикатам красивого внешнего вида и улучшения вкуса и аромата используют отделочные полуфабрикаты: кремы, фруктово-ягодные начинки, глазури, сиропы, цукаты, желе, помады и др.

Кремы представляют собой пенообразные массы, отличающиеся высокой пищевой ценностью. Кремы получают путем сбивания на сбивальных машинах высококачественного сырья: сливочного масла, яиц, сахара-песка, какао-порошка, орехов, коньяка, ликера и т. п. Наиболее широко используются масляные и белковые кремы. Масляный крем готовят путем сбивания сливочного масла с сахаро-молочным сиропом на яичной основе или сливочного масла с сахарной пудрой. Белковые кремы получают сбиванием яичного белка с сахаром-песком.

Приготовление других отделочных полуфабрикатов, таких, как помада, сиропы, мармелад, шоколад и др., принципиально не отличается от технологии получения сахарных кондитерских изделий.

Отделку выпеченных полуфабрикатов проводят в три стадии. Сначала готовят выпеченные полуфабрикаты, прослаивают их отделочными полуфабрикатами и далее художественно оформляют верхнюю поверхность. Подготовка выпеченного полуфабриката заключается в очистке поверхности от деформированных и пригорелых мест, выравнивании краев и придании правильной формы. Перед прослойкой выпеченные полуфабрикаты пропитывают ароматизированными сиропами, а затем прослаивают их различными начинками или кремами. Штучные полуфабрикаты, имеющие полость, заполняют отделочными полуфабрикатами. Отделка поверхности — сложная операция, требующая навыка и художественного вкуса.

Готовые торты укладывают в художественно оформленные картонные коробки, пирожные — в лотки, которые закрывают крышкой. Торты и пирожные — скоропортящиеся продукты, их хранят в холодильниках при 0...6 °С. В зависимости от вида отдельных полуфабрикатов срок хранения тортов и пирожных колеблется от 6 до 72 ч.

#### *Контрольные вопросы*

1. Что такое карамель?
2. Какую роль играет патока в производстве карамели?
3. С какой целью проводят термическую обработку какао-бобов?
4. Что собой представляет шоколадная масса?
5. В чем отличие десертных шоколадных масс от обыкновенных?
6. Чем определяется выбор метода формирования конфетных масс?
7. Какова роль пектина и агара в производстве мармелада и пастилы?
8. Какова роль белка в производстве зефира?
9. В чем отличие сахарного теста от затяжного?

## **Глава 25**

### **ТЕХНОЛОГИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ И ЖИРОВ**

Масложировая промышленность — одна из самых сложных по структуре отраслей пищевой промышленности. В ее состав входят масложэкстракционные заводы, вырабатывающие из масличного сырья растительные масла и жиры; гидрогенизационные заводы, превращающие жидкие масла в твердые гидрированные (саломасы); цехи по переэтерификации масел и жиров; маргариновые заводы, производящие маргарин, масла-спреды, майонез и кулинарные жиры; мыловаренные заводы, вырабатывающие туалетные и хозяйственные мыла, глицерин и жирные кислоты; заводы по производству пищевых поверхностно-активных веществ (ПАВ) и синтетических моющих средств.

Среди разнообразных масел и жиров, применяемых в промышленности и используемых населением, ведущее место по объему производства занимают растительные масла, на долю которых приходится свыше 80 % всех производимых в мире жиров.

На предприятиях масложировой промышленности широко применяются автоматизированные технологические линии и установки, контроль и регулирование работы которых осуществляются с помощью ЭВМ.

#### **25.1. ХАРАКТЕРИСТИКА ЖИРОВ**

Жиры — сложная смесь органических соединений, содержащихся в тканях растений, животных и микроорганизмов. Общими признаками для всех жиров являются нерастворимость в воде (гидрофобность) и хорошая растворимость в органических раство-

рителях (бензине, диэтиловом эфире, хлороформе и др.), наличие в молекулах длинноцепочечных углеводородных радикалов и

$$\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ -\text{C}-\text{O}- \end{array}$$

сложноэфирных (—C—O—) группировок. Жиры составляют основную группу липидов (*lipos* — жир).

Липиды широко распространены в природе, вместе с белками и углеводами они составляют основную массу органических веществ всех живых организмов, являясь обязательным компонентом каждой клетки.

Жиры — важные компоненты пищи, используются при получении различных продуктов питания, во многом определяя их пищевую и биологическую полноценность.

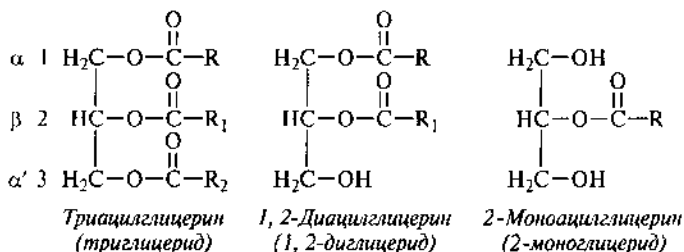
В растениях липиды накапливаются главным образом в семенах и плодах. Содержание липидов зависит не только от индивидуальных особенностей (вида), но и от сорта растений, места и условий их произрастания.

У животных и рыб жиры сконцентрированы в подкожных тканях и тканях, окружающих важные органы (сердце, почки), а также в мозговой и нервной тканях.

Содержание жиров в тушке рыб, например осетровых, может достигать 20...25 %, сельди — 10 %, у наземных животных оно сильно колеблется: от 33 % (у свиней) и 9,8 % (у коров) до 3,0 % (у поросят). В молоке, например козьем, содержится 5 % липидов, коровьем — 3,5...4,0 %.

По своему составу липиды делятся на две группы: простые и сложные. Жиры — наиболее важные и распространенные представители простых липидов, составляют основную массу липидов (иногда до 95...97 %). По своей химической природе они являются ацилглицеринами — производными многоатомных (высших, с 12...22 атомами углерода) карбоновых кислот и трехатомного спирта глицерина. В природе существует и другая группа простых липидов — воски, однако содержание их в липидах невелико.

В состав жиров входят в основном триацилглицерины, а также в небольших количествах ди- и моноацилглицерины:



где R, R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> — углеводородные радикалы.

В построении молекул ацилглицеринов участвуют до 100 карбоновых кислот различного строения, однако большинство из них присутствует в небольшом количестве. Наиболее распространенные (их 5...8) содержат от 12 до 18 атомов углерода и представляют собой неразветвленные углерод—углеродные цепи с четным числом углеродных атомов (табл. 25.1).

Таблица 25.1

Основные жирные кислоты масел и жиров

Кислота	Число углеродных атомов	Формула	Условное обозначение (символ)*
<i>Насыщенные кислоты</i>			
Лауриновая	12	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{10}-\text{COOH}$	$\text{C}_{12}^0$
Миристиновая	14	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{12}-\text{COOH}$	$\text{C}_{14}^0$
Пальмитиновая	16	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-\text{COOH}$	$\text{C}_{16}^0$
Стеариновая	18	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{16}-\text{COOH}$	$\text{C}_{18}^0$
<i>Ненасыщенные кислоты</i>			
Олеиновая	18	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$	$\text{C}_{18}^1$
Эруковая	22	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_{11}-\text{COOH}$	$\text{C}_{22}^1$
Линолевая	18	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$	$\text{C}_{18}^2$
Линоленовая	18	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH})_3-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$	$\text{C}_{18}^3$
Арахидиновая	20	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_3-(\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH})_4-(\text{CH}_2)_3-\text{COOH}$	$\text{C}_{20}^4$
<i>Оксикислоты</i>			
Рицинолевая	18	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_5-\overset{\text{OH}}{\underset{ }{\text{C}}}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$	

\* В символ входят число атомов углерода и количество двойных связей между углеродными атомами в молекуле жирной кислоты.

Стеариновая, пальмитиновая кислоты входят в состав практически всех природных масел и жиров, тогда как эруковая кислота — только в масло растений семейства Капустные, например в состав рапсового масла. В состав большинства наиболее распространенных масел входят ненасыщенные кислоты (олеиновая, линолевая, линоленовая), содержащие 1...3 двойные связи. Арахидо-

новая кислота, содержащая 4 двойные связи, присутствует в жирах животных; в жирах рыб и морских животных обнаружены кислоты с 5...6 и более двойными связями. Насыщенные кислоты природных масел и жиров, как правило, имеют *цис*-конфигурацию. Кис-

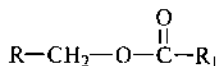
лоты, содержащие *окси*-( $-\text{OH}$ ), *кето*-( $-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-$ ) и другие группы, в липидах растений, животных и рыб встречаются в незначительном количестве. Исключение составляет рицинолевая кислота в касторовом масле.

Природные жиры содержат главным образом смешанные триацилглицерины, в состав которых входят остатки различных кислот, насыщенных и ненасыщенных.

Широкое разнообразие свойств триацилглицеринов связано с различным положением (1, 2, 3) остатков жирных кислот в их молекулах и их различным строением, что существенно влияет на физико-химические свойства и биологическую ценность масел и жиров.

*Триацилглицерины* — вязкие жидкости или твердые вещества с низкими (до  $40^\circ\text{C}$ ) температурами плавления, без цвета и запаха, легче воды (при  $15^\circ\text{C}$  плотность  $900\text{...}980\text{ кг/м}^3$ ), нелетучие. Они, как уже указывалось, хорошо растворимы в органических растворителях и нерастворимы в воде. В твердом состоянии триацилглицерины существуют в нескольких кристаллических полиморфных формах.

Другая группа простых липидов — *воски* — сложные эфиры высокомолекулярных одноосновных карбоновых кислот ( $\text{C}_{18}^0\text{...}\text{C}_{30}^0$ ) и одноосновных высокомолекулярных (с 18...30 атомами углерода) спиртов.



где  $\text{R}-\text{CH}_2-\text{O}-$  — остаток высокомолекулярного спирта;  $-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{R}_1$  — остаток высокомолекулярной карбоновой кислоты.

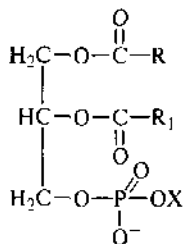
В растениях воски покрывают тонким слоем листья, стебли, плоды, предохраняя их от смачивания водой, высыхания, действия микроорганизмов. Содержание их в масличных семенах, зерне, плодах невелико.

В состав сложных липидов кроме углерода, кислорода и водорода входят атомы фосфора и азота. Наиболее важными их компонентами являются фосфолипиды, молекула которых построена из остатков спиртов (главным образом глицерина), высокомолекулярных жирных кислот, ортофосфорной кислоты ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ), азотистых оснований, чаще всего холина —  $[\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$



—  $N^+(CH_3)_3] OH^-$  и этаноламина —  $HO - CH_2 - CH_2 - NH_2$ , аминокислот и некоторых других соединений.

Общая формула фосфолипидов



где R, R<sub>1</sub> — углеводородные радикалы; X — H; —CH<sub>2</sub>—CH<sub>2</sub>—N<sup>+</sup>(CH<sub>3</sub>); —CH<sub>2</sub>—CH<sub>2</sub>—N<sup>+</sup>H<sub>3</sub> и др.

Следовательно, в молекуле фосфолипидов имеются заместители (группы атомов) двух типов: гидрофильные и гидрофобные. В качестве гидрофильных (полярных) группировок выступают остатки фосфорной кислоты и азотистого основания («голова»), гидрофобных (неполярных) — углеводородные радикалы («хвосты»).

Вместе с белками и углеводами фосфолипиды участвуют в построении клеточных мембран и субклеточных структур (органелл), регулируя поступление в клетку разнообразных веществ и другие биохимические процессы клетки. Количество и состав фосфолипидов влияют на технологию переработки масел и качество получаемых продуктов.

Выделенные в качестве самостоятельных продуктов из растительных масел фосфолипиды широко используются как эмульгаторы в хлебопекарной и кондитерской промышленности, при производстве маргариновой продукции, а также лечебных препаратов.

## 25.2. ФУНКЦИИ И СВОЙСТВА ЛИПИДОВ

Липиды по функциям в живых организмах делят на запасные и структурные. Это деление, несмотря на его условность, широко применяется в промышленности. Отдельные авторы, подчеркивая защитные функции структурных липидов, выделяют их в особую группу.

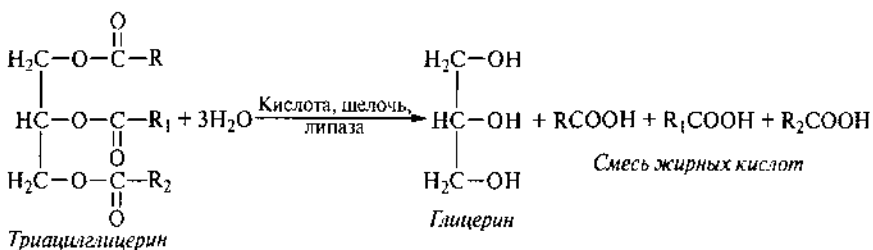
*Запасные липиды*, в основном ацилглицерины, обладая высокой калорийностью, являются энергетическим и строительным (резервным) материалом организма, они используются им при недостатке питания и заболеваниях; запасные липиды являются также защитными веществами, помогающими растению переносить неблагоприятные воздействия внешней среды, например низкие

температуры. Запасные липиды животных и рыб, концентрируясь в подкожной жировой ткани, защищают организм от холода. Жировая ткань, окружающая внутренние органы, предохраняет их от травм. Запасные липиды семян большинства масличных растений и животных являются основной по массе группой липидов (иногда до 95...96%), извлекаемых из жиродержащего материала.

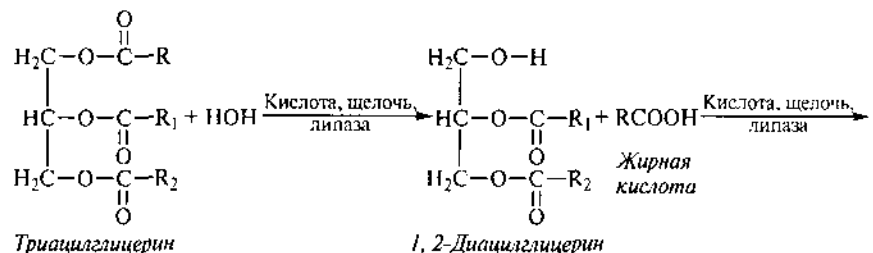
*Структурные липиды*, в первую очередь фосфолипиды, образуют сложные комплексы с белками (липопротеины) и углеводами, в составе клеточных структур участвуют в разнообразных биохимических процессах, протекающих в клетках. Структурные составляют значительно меньшую группу липидов (в масличных семенах 3...5%). Это трудноизвлекаемые «связанные» и «прочно-связанные» липиды. Для их извлечения необходимо предварительно разрушить их связь с белками, углеводами и другими компонентами клетки. Воски, выполняющие защитные функции, могут быть условно отнесены к защитным липидам.

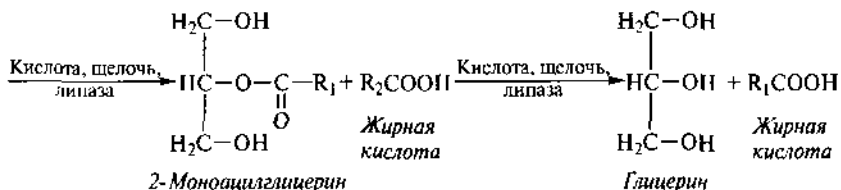
Для триацилглицеринов характерны следующие основные химические превращения: гидролиз, обмен остатков жирных кислот (переэтерификация), входящих в их молекулы, окисление, гидрирование ненасыщенных ацилглицеринов.

Под влиянием фермента липазы, кислот, щелочей масла и жиры гидролизуются, образуя сначала ди-, затем моноацилглицерины и в итоге жирные кислоты и глицерин.



Полный гидролиз триацилглицеринов можно изобразить в виде схемы:





Щелочной гидролиз получил название «омыление», так как в результате его образуются соли жирных кислот — мыла.

Гидролитический распад жиров и масел мяса и рыбы, липидов зерна и продуктов его переработки, а также других видов пищевого сырья и готовой продукции — одна из причин ухудшения их качества, приводящая в итоге к порче. Этот процесс особенно ускоряется при повышении содержания влаги в продуктах при хранении, температуры и активности фермента липазы. Гидролитический распад липидов и липидосодержащих веществ играет важную роль во многих процессах пищевой технологии и кулинарной обработки пищевых продуктов.

Количество свободных жирных кислот в масличном сырье либо в пищевых продуктах оценивается с помощью величины кислотного числа.

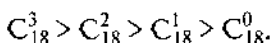
*Кислотное число* — это количество миллиграммов едкого кали, необходимого для нейтрализации свободных жирных кислот, содержащихся в одном грамме жира. Для ряда пищевых продуктов кислотное число нормируется.

Жиры и масла нестойки при хранении. Нестойкость жиров — это следствие особенностей строения их жирнокислотных остатков (ацилов). Растительные и животные жиры, а также масличные семена и другие жирсодержащие продукты под влиянием кислорода воздуха, света, влаги, ферментов постепенно приобретают неприятные вкус и запах. В них накапливаются вредные для организма человека продукты окисления жирных кислот, снижается их пищевая и физиологическая ценность, и они могут оказаться непригодными для употребления. *Прогоркание жиров* и жирсодержащих продуктов — результат сложных химических и биохимических процессов, протекающих в липидном комплексе. Различают окислительное и гидролитическое прогоркание.

Жиры и масла, особенно содержащие остатки ненасыщенных (линоленовой, линолевой, олеиновой) жирных кислот, легко окисляются кислородом воздуха. Начальными продуктами окисления являются разнообразные по строению пероксиды и гидропероксиды, которые получили название *первичных продуктов окисления*. В результате сложных превращений пероксидов образуются *вторичные продукты окисления*: спирты, альдегиды, кетоны, кисло-

ты с углеродной цепочкой различной длины, а также их разнообразные производные. Именно эти вещества вызывают появление неприятного привкуса, а входящие в их состав летучие соединения обуславливают ухудшение запаха. В основе этого типа прогоркания лежат цепные радикальные процессы, в которых участвуют кислород воздуха и ненасыщенные жирные кислоты или их остатки. Окислительное автокаталитическое прогоркание индивидуальных жиров — это один из основных процессов, снижающих качество пищевых жиров при хранении. На его скорость влияют жирнокислотный состав окисляющегося жира, наличие кислорода, веществ, ускоряющих процесс окисления (катализаторов) и его замедляющих (ингибиторов), воздействие световой энергии.

Чем выше степень неопределенности остатков жирной кислоты, тем больше скорость их окисления. Кислоты по способности к окислению можно расположить в следующий ряд:



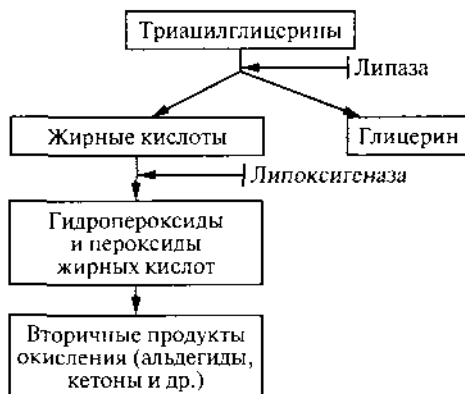
Следовательно, природа жирных кислот, входящих в состав жира, является важнейшим показателем его склонности к окислению.

Скорость автоокисления жиров при увеличении содержания кислорода в окружающей среде (его парциального давления) возрастает. На этом основан способ сохранения жиров в среде с пониженным содержанием кислорода. Окисление жиров ускоряется с повышением температуры хранения и под действием световой энергии. Ионы металлов переходной валентности (Cu, Fe, Mn, Ni) могут оказывать как каталитическое, так и ингибирующее действие на процесс автоокисления жиров. Большое влияние на скорость окисления оказывают антиоксиданты (ингибиторы) — вещества, замедляющие процесс окисления. Наибольшее значение для ингибирования автоокисления жиров имеют антиоксиданты фенольной природы: бутилокситолуол, додецилгаллат. Ингибирующей активностью обладают многие природные вещества (токоферолы, госсипол, меланоидины, меланофосфолипиды и др.), переходящие в масла при их извлечении из масличных семян.

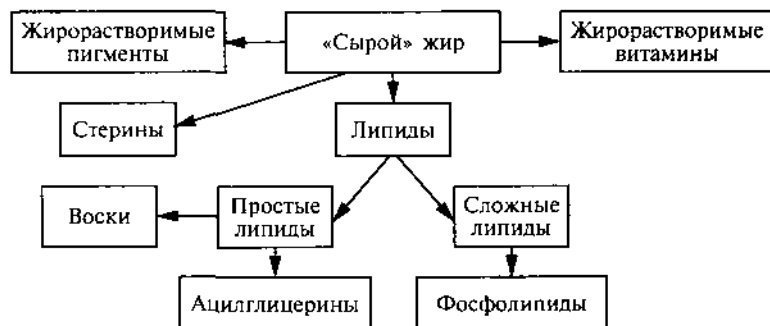
Ферментативное окислительное прогоркание, характерное для масличных семян, зерна и продуктов их переработки, протекает при участии ферментов липазы и липоксигеназы.

Липаза осуществляет гидролиз триацилглицеринов; липоксигеназа катализирует образование гидропероксидов ненасыщенных жирных кислот (главным образом линолевой и линоленовой).

В общем виде этот процесс может быть представлен так:



При извлечении липидов из масличного сырья в масло переходит большая группа сопутствующих жирам жирорастворимых веществ: стероиды, терпены, пигменты, жирорастворимые витамины и некоторые другие соединения. Часто эти вещества объединяют в группу неомыляемых веществ. Они играют большую роль в пищевой технологии и влияют на пищевую и физиологическую ценность полученных продуктов питания. Извлекаемая из природного объекта смесь, состоящая из соединений различного химического строения, получила название «сырого» жира. Упрощенная схема компонентов «сырого» жира может быть представлена следующим образом:



### 25.3. ПИЩЕВАЯ ЦЕННОСТЬ МАСЕЛ И ЖИРОВ

Растительные жиры и масла являются обязательным компонентом пищи, источником энергетического и пластического материала для человека, поставщиком ряда необходимых для него веществ, т. е. являются незаменимыми. Рекомендуемое содержание жиров в рационе человека (по калорийности) составляет 30...35 %, в среднем 33 %. Для населения южных районов России рекомендуется более низкое потребление жиров — 27...28 %, для северных — более высокое — 38...40 %, а в весовых единицах потребления в среднем 100...108 г/сут, в том числе непосредственно в виде жиров 50...52 г. Длительное ограничение жиров в питании или систематическое использование жиров с пониженным содержанием необходимых компонентов — незаменимых жирных кислот приводит к физиологическим отклонениям: нарушается деятельность центральной нервной системы, снижается устойчивость организма к инфекциям (иммунитет), сокращается продолжительность жизни. Но избыточное потребление жиров также нежелательно, так как оно приводит к ожирению и сердечно-сосудистым заболеваниям.

Наиболее важные источники жиров в питании — растительные масла (в рафинированных маслах 99,7...99,8 % липидов), сливочное масло (61,5...82,5 %), маргарин (до 82 %), кулинарные жиры (99 %).

В питании имеет значение не только количество, но и химический состав липидов, особенно содержание полиненасыщенных кислот: линолевой ( $C_{18}^2$ ), линоленовой ( $C_{18}^3$ ), арахидоновой ( $C_{20}^4$ ). Линолевая и линоленовая кислоты не синтезируются в организме человека, арахидоновая — синтезируется из линолевой кислоты. Поэтому они получили название *незаменимых* или *эссенциальных* кислот. Более 50 лет назад была доказана необходимость применения этих кислот для нормального функционирования и развития организма.

Ненасыщенные жирные кислоты участвуют в построении клеточных мембран, в синтезе простагландинов (сложные органические соединения, которые участвуют в регулировании обмена веществ в клетках, кровяного давления, агрегации тромбоцитов), способствуют выделению из организма избыточного количества холестерина, предупреждая и ослабляя атеросклероз, повышают эластичность стенок кровеносных сосудов. Но эти функции выполняют только *цис*-изомеры ненасыщенных кислот. При их отсутствии прекращается рост организма и возникают тяжелые заболевания.

Биологическая активность указанных кислот неодинакова. Наибольшей активностью обладает арахидоновая кислота, высокой — линолевая, активность линоленовой кислоты значительно (в 8...10 раз) ниже линолевой.

Среди продуктов питания наиболее богаты полиненасыщенными

ми кислотами растительные масла, в которых содержание линолевой кислоты составляет 50...60 %, значительно меньше ее в маргарине — до 20 %, крайне мало в животных жирах (в говяжьем жире 0,6 %). В продуктах питания содержание арахидоновой кислоты незначительное.

В настоящее время считают, что суточная потребность организма человека в линолевой кислоте составляет 10...12 г, минимальная — 2...6 г. Следовательно, состав жирных кислот липидов в пищевых продуктах должен быть сбалансированным: 10 % полиненасыщенных, 60 — мононенасыщенных и 30 % насыщенных. Это обеспечивается при использовании в пищевом рационе 1/3 растительных и 2/3 животных жиров.

## 25.4. ПОЛУЧЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ

Производство растительных масел включает в себя подготовку семян к хранению и хранение семян; подготовительные операции, связанные с подготовкой семян к извлечению масла; прессование и экстракцию масла, первичную и комплексную очистку масла, переработку шрота (рис. 25.1).

Специфической особенностью подготовки семян подсолнечника к переработке является их разделение по размерам, как правило, на крупную и мелкую фракции, перерабатываемые отдельно по различным технологическим схемам.

В настоящее время для извлечения масла из семян применяют два способа: последовательное извлечение масла при переработке семян с высоким содержанием масла — сначала прессовым способом, при котором получают примерно 3/4 всего масла, а затем экстракционным, с помощью которого извлекают остальное количество масла, и однократное извлечение масла из низкомасличных семян методом экстракции, которое получило название *метод прямой экстракции*.

Как видно из рис. 25.1, технологическая схема получения растительных масел существенно упрощается при переходе к схеме прямой экстракции, при которой извлечение масла осуществляется только методом экстракции. В этом случае исключаются операции предварительного прессования.

При переработке масличного сырья, не требующего отделения семенной (или плодовой) оболочки от ядра семян, исключаются операции обрушивания и отделения оболочки.

Кроме методов предварительного прессования и последующей экстракции и прямой экстракции, применяемых на крупных масложировых предприятиях, в последние годы широкое распространение получили небольшие установки, на которых осуществляется лишь один отжим масла (окончательный). Пресс является основным, а часто и единственным технологическим оборудовани-



Рис. 25.1. Принципиальная технологическая схема получения растительных масел

ем мини-завода. Отжим масла из необрушенных, неизмельченных семян, без какой-либо предварительной тепловой или влаготепловой обработки позволяет извлечь из масличного сырья лишь часть содержащегося в нем масла.

**Подготовка к хранению и хранение семян.** Период заготовки большинства видов масличных семян длится не более 2...3 мес, поэтому необходимо сохранить большие партии семян до переработки в течение длительного времени с минимальными потерями и без снижения качества.

Семена большинства масличных растений поступают на хранение с содержанием влаги, превышающим оптимальные значения для хранения и технологической переработки. В семенах, находящихся на хранении, происходит дыхательный газообмен — это за-



кономерный процесс, направленный на сохранение семенами жизнеспособности. Дыхание семян требует расхода запасных веществ семян, в первую очередь липидов или масла. Поэтому в процессе хранения масличность семян снижается, в масле растёт содержание свободных жирных кислот и продуктов их окисления.

Интенсивность дыхания зависит от содержания влаги в семенах, их температуры и газового состава атмосферы, окружающей семена. Эти факторы воздействуют не только на семена, но и на все живые компоненты семенной массы — микроорганизмы и различных насекомых, всегда присутствующих на семенах и сорных примесях, семенах сорных растений.

Семенная масса, состоящая из семян, полностью закончивших созревание на растении, имеет низкую влажность и низкий уровень дыхания. Условия для развития и жизнедеятельности других живых организмов в такой семенной массе затруднены. При повышении содержания влаги в семенах интенсивность дыхания семенной массы возрастает вначале медленно, а затем, начиная с критической влажности, резко. Скачкообразное возрастание интенсивности дыхания, отражающее активирование всех биохимических процессов в семенах, идущих с расходом запасных веществ семян, обусловлено появлением в тканях семян свободной влаги, которая в отличие от связанной способна участвовать в биохимических реакциях.

Хранение семян при повышенных температурах также способствует росту дыхания семенной массы, при понижении температуры интенсивность дыхания падает, расходование запасных веществ семян прекращается. Охлаждение семян до низких плюсовых или небольших минусовых температур продуванием холодного воздуха через семенную массу благотворно влияет на их качество даже при хранении семян с влажностью выше критической.

Одним из перспективных способов хранения влажных семян является хранение в регулируемых газовых средах, содержащих кислород (1...2 %) и азот (98...99 %). Почти полное отсутствие кислорода тормозит дыхание семенной массы, в результате чего качество семян может быть сохранено. Для хранения семян этим способом необходимы специальные хранилища, оборудованные устройствами для удаления из семенной массы паров воды и диоксида углерода, выделяемых семенами при дыхании. Сложность устройств и хранилищ сдерживает внедрение этого способа в промышленность. Поэтому при подготовке масличных семян к хранению необходимо снизить их влажность до уровня ниже критической.

Наиболее распространённый метод снижения содержания влаги в семенах перед хранением — тепловая сушка, в процессе которой семена нагревают с помощью агента сушки (обычно смеси воздуха и дымовых газов). Высушенные семена затем охлаждают, продувая через них атмосферный воздух.

Для сушки семян широко применяют сушилки шахтного типа: ВТИ, СЗШ, ДСП.

Семена из бункера 1 (рис. 25.2) проходят через сушильную шахту, где расположены короба, подводящие и выводящие из шахты газозвоздушную смесь. Семена, опускаясь под действием своей массы между коробами, нагреваются смесью воздуха и дымовых газов, поступающих из специальной топки. Влага, содержащаяся в семенах, при этом испаряется, а высушенные семена охлаждаются в охладительной камере 4, где через семенную массу подают атмосферный воздух и где они также теряют свою влажность. Высушенные семена поступают в приемный бункер 5.

Сушка ведется по одно- и двухступенчатому режиму. При двухступенчатом режиме сушку сначала проводят при невысоких температурах сушильного агента, а окончательное досушивание — при повышенных температурах, экономическое более выгодных. Снижение содержания влаги повышает термостойкость семян.

Сушильная шахта сушилки, работающая по двухступенчатому режиму, разделена на две части. В верхней части 2 (первая ступень) семена сушат при низких температурах, а в нижней части 3 (вторая ступень) семена досушивают при повышенных температурах.

При одноступенчатой сушке в сушильную камеру поступает смесь воздуха и дымовых газов одной температуры.

Под влиянием тепловых воздействий в высушенных семенах протекают химические и биохимические процессы, улучшающие технологические свойства семян.

В последние годы для интенсификации процесса сушки семян и повышения съема влаги из семян применяют газовые рециркуляционные сушилки. Одной из разновидностей таких сушилок является сушилка «Целинная-50» (рис. 25.3), предназначенная для

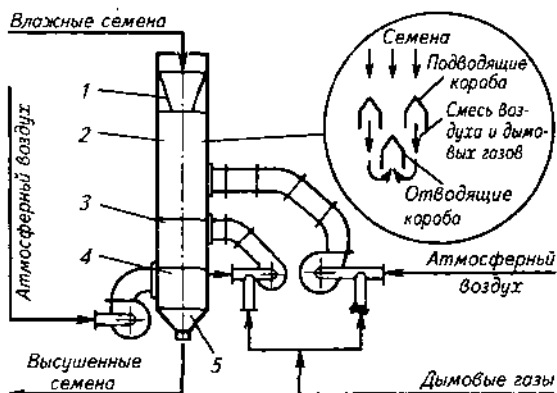


Рис. 25.2. Схема сушилки шахтного типа

сушки семян подсолнечника. Семена поступают в надсушильный бункер 5, проходят камеру нагрева 4 и направляются в бункера теплообменника 2, а затем в шахты промежуточного 1 и окончательного 7 охлаждения, устройство которых аналогично устройству шахт сушилки шахтного типа. Отработавший сушильный агент отсасывается вентилятором 6, наружный воздух подается в шахты вентилятором 3. Часть семян, прошедших сушку, возвращается в надсушильный бункер, куда продолжают поступать сырые семена. Горячие высушенные семена контактируют в надсушильном бункере с холодными сырыми семенами, в результате чего прошедшие сушку семена охлаждаются и у них несколько повышается содержание влаги, а сырые нагреваются и подсушиваются. Затем семена поступают в сушильную шахту и там просушиваются. Таким образом, в надсушильный бункер все время поступает часть высушенных, но не полностью охлажденных семян. Это способствует увеличению съема влаги, уменьшению нагрева семян и повышению экономичности сушки.

В тепловлагообменнике при установившемся режиме работы сохраняется постоянный уровень семян.

Потоки семян регулируют так, чтобы сырые семена непрерывно поступали в сушилку, а из шахты окончательного охлаждения непрерывно выходило такое же количество высушенных семян. Чем выше содержание влаги в семенах, поступающих в сушилку, тем меньше должно выходить их из шахты окончательного охлаждения и больше должно подаваться на рециркуляцию из шахты промежуточного охлаждения в надсушильный бункер.

Снижение содержания влаги будет тем больше, чем выше кратность рециркуляции. Таким образом, в этой сушилке семена,

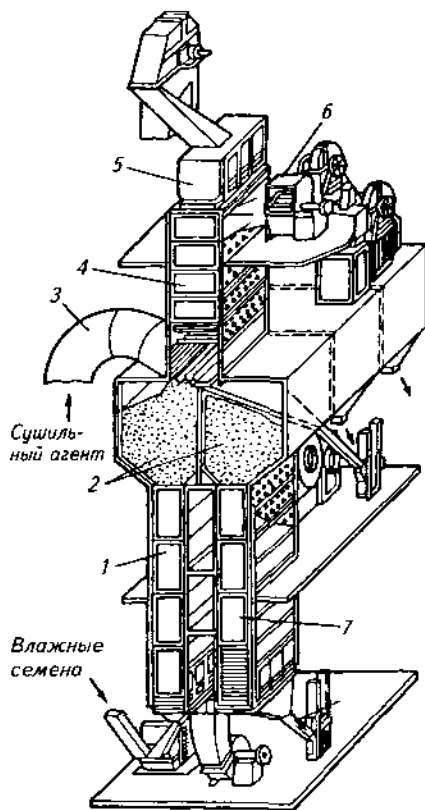


Рис. 25.3. Газовая рециркуляционная сушилка «Целинная-50»

подвергаемые сушке, несколько раз проходят циклы нагрева, от-  
волаживания и промежуточного охлаждения. Часть семян посту-  
пает в камеру окончательного охлаждения и выходит из сушиль-  
ки, а для остальных семян цикл повторяется (семена рециркули-  
руют).

Камера нагрева сушилки выполнена из железобетона и имеет  
прямоугольную форму. Внутри камеры в поперечном направле-  
нии установлено 20 рядов чугунных труб диаметром 100 мм. Для  
лучшего и более равномерного распределения падающих семян по  
сечению камеры трубы каждого последующего ряда сдвинуты на  
100 мм относительно предыдущего ряда.

Сушильный агент температурой 300...350 °С по воздуховоду 3  
поступает в нижнюю часть камеры нагрева, где он движется на-  
встречу семенам. Содержание влаги в семенах снижается на  
10...12 %.

Заводы, перерабатывающие масличные семена, имеют об-  
ширные складские хозяйства со всеми вспомогательными служ-  
бами. Наиболее совершенные — это хранилища силосного или  
элеваторного типа. Элеватор (рис. 25.4) состоит из круглых или  
квадратных в сечении железобетонных ячеек 2, в которых хра-  
нятся семена.

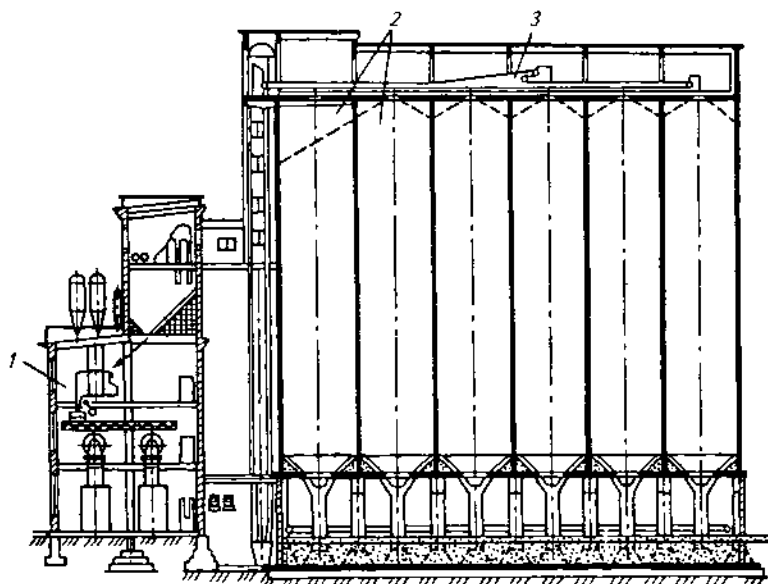


Рис. 25.4. Элеватор

Система горизонтальных транспортеров обеспечивает подачу семян из сушильно-очистительных устройств 1 в любую из силосных ячеек, система вертикального перемещения (нории) обеспечивает подъем семян на верхние ленточные транспортеры 3.

Элеваторы компактны, огнестойки, в них обеспечивается полная механизация всех работ, производимых с семенами. Но в хранилищах, в которых высота слоя семян составляет 30 м, не могут храниться семена с плохой сыпучестью, например семена хлопчатника, и семена с непрочной семенной оболочкой, например семена клещевины, которые могут быть разрушены при загрузке или выгрузке силосов из-за значительной механической нагрузки на ткани семян.

Менее интенсивным воздействиям подвержены семена при хранении в механизированных складах, загрузка и выгрузка семян из которых также полностью механизированы, но высота слоя семян составляет до 15 м. В таких складах могут храниться все масляные семена, кроме семян хлопчатника.

Для хранения семян хлопчатника и трудносыпучих видов масляного сырья применяют шатровые склады с плоскими полами. Загрузка таких складов механизирована, выгрузка требует применения передвижных погрузчиков.

**Обрушивание семян.** Запасы масла в тканях масляных семян и плодов распределены неравномерно: главная часть сосредоточена в ядре семян — в зародыше и эндосперме, плодовая и семенная оболочки содержат относительно небольшое количество масла, имеющего худший по пищевой ценности липидный состав.

В связи с этим при переработке многих масляных семян и плодов плодовые и семенные оболочки отделяют от основных маслосодержащих тканей — ядра. При этом повышается масляность перерабатываемого сырья, увеличивается производительность технологического оборудования, растет качество масла и белка.

Отделение оболочек от ядра складывается из операции разрушения покровных тканей семян — обрушивания и последующего разделения (отвеивания) полученной смеси — рушанки на ядро и шелуху (лузгу).

В зависимости от физико-механических свойств оболочки и ядра масляные семена и плоды обрушивают различными способами. Важнейшее условие, которое необходимо соблюдать при обрушивании: разрушение оболочки не должно сопровождаться дроблением или разрушением ядра. Из-за несовершенства существующих обрушивающих машин это требование в полной мере не выполняется.

Плодовую оболочку семян подсолнечника разрушают на центробежной обрушивающей машине А1-МЦП (рис. 25.5), обеспечивающей однократно направленный удар семян о деку.

Семена подсолнечника непрерывным потоком поступают на предохранительную решетку 3, где равномерно распределяются

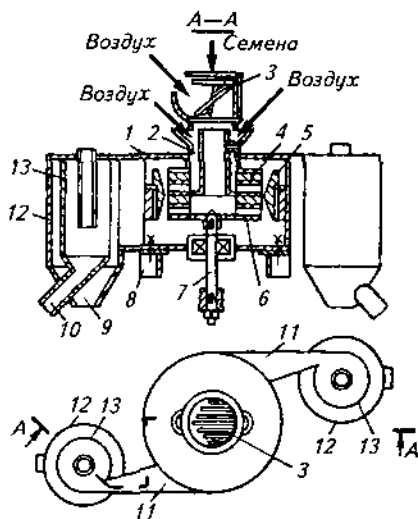


Рис. 25.5. Центробежная обрубивающая машина А1-МЦП

лонна 12. Диаметр отверстий сита 4 мм. При движении рушанки нисходящей спиралью по цилиндрическому сити происходит отделение части масляной пыли, которая затем по течке 9 отводится в линию по переработке масляных ядер. Рушанка по течке 10 поступает в аспирационную семеновейку.

Конструктивными элементами обрубивающей машины являются станина рушки 8, вал ротора 7.

Качество обрубивания семян (качество рушанки) характеризуется содержанием в ней нежелательных фракций — целых семян и разрушенных частично, так называемый целяк или недорущ, раздробленного ядра (сечка) и масляной пыли. Присутствие целых и частично разрушенных семян увеличивает лужистость ядра, присутствие сечки и масляной пыли увеличивает потери масла с отделяемой лузгой.

Разделение рушанки на лузгу и ядро основано на различии в их размерах и аэродинамических свойствах. Поэтому сначала получают фракции рушанки, содержащие частицы лужги и ядра одного размера, а затем в потоке воздуха рушанку разделяют на лузгу и ядро. Такой способ разделения рушанки используется в аспирационной семеновейке Р1-МС-2Т.

Аспирационная семеновейка Р1-МС-2Т (рис. 25.6) состоит из двух основных частей — рассевов 1 и 2 и аспирационной камеры 3. В передней части рассева — предрассеве рушанка освобождается от мелкой фракции, состоящей из части лужги и ядра. Собственно

тонким слоем по всей ее площади. Примеси более крупные, чем семена, отделяются. Затем семена через распределительное устройство 2 поступают в пятнадцать радиальных направляющих каналов 6 рабочих дисков 4 верхней и нижней рабочих зон вместе со всасываемым воздухом. Диаметр диска ротора 380 мм, частота вращения ротора 2300...2600 мин<sup>-1</sup>. Из радиальных каналов 6, футерованных износостойкой керамикой, семена выбрасываются на кольцевую деку 5. При этом происходит обрушивание семян подсолнечника за счет однократно направленного удара вдоль большой оси семянки. Рушанка по патрубкам 11 из корпуса 1 поступает на цилиндрическое сито 13, расположенное внутри циклона 12.

рассев служит для разделения рушанки на шесть фракций по размерам частиц. Для этого в рассеве расположены друг над другом три ряда сит, каждое сито по длине разделено на два неравных участка — длинный и короткий. Под первым и вторым рядами сит установлены раздельные поддоны из кровельной стали, под третьим — общий поддон. Диаметры отверстий в ситах уменьшаются сверху вниз примерно на 2 мм между соседними рядами. Рассев вейки при работе совершает круговые движения в горизонтальной плоскости радиусом 45 мм с частотой 200 мин<sup>-1</sup>.

В аспирационной камере для разделения фракций рушанки, полученных в рассеве, имеется пять независимых воздушных каналов (шестая фракция — масляная пыль воздушной обработке не подвергается).

Каждая из фракций рушанки под действием своей массы пере-сыпается с одной полочки 4 воздушного канала на другую и при этом продувается потоком воздуха. Последний уносит в осадоч-

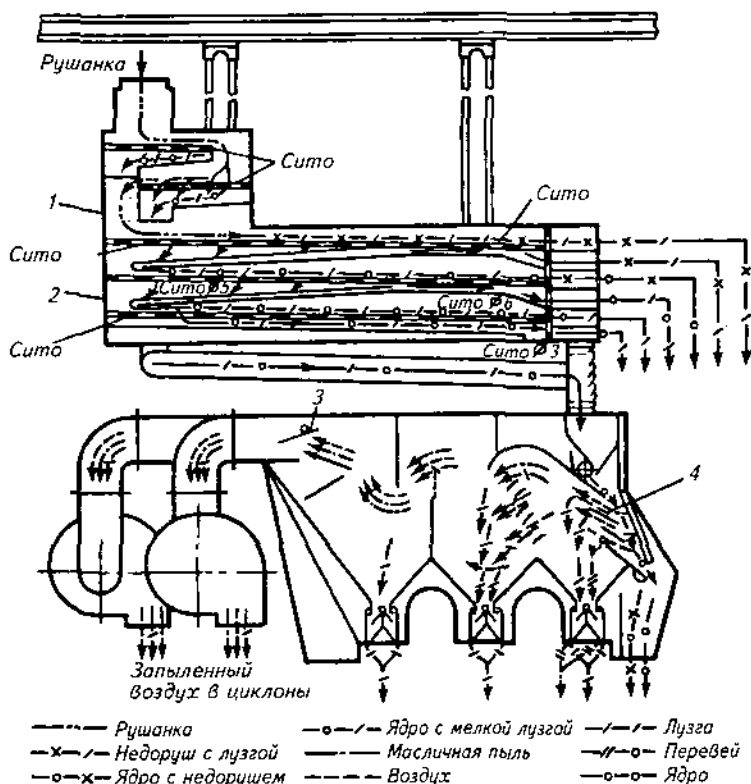


Рис. 25.6. Аспирационная семеновейка Р1-МС-2Т

ные конусы аспирационной камеры 3 лузгу, а ядро, освобожденное от лузги, сходит с последней полочки. Так как полного разделения лузги и ядра в один прием достичь не удастся, перевей первое из осадочных конусов, содержащий вместе с лузгой некоторое количество ядра, направляется на повторную обработку в такую же аспирационную семеновейку, а недоруш — в воздушно-ситовый сепаратор, аналогичный применяемым для очистки семян, для отбора лузги из недоруша. Затем недоруш идет на повторное обрушивание. Ядро поступает на дальнейшую переработку, а лузга выводится из цеха.

Качество работы рушально-веечного цеха оценивают по величине остаточного содержания лузги в готовом ядре и потерям масла с отводимой из цеха лузгой.

**Измельчение семян.** Для извлечения масла из семян необходимо разрушить клеточную структуру их тканей. Конечным результатом операции измельчения является перевод масла, заключенного в клетках семян, в форму, доступную для дальнейшей технологической обработки. Необходимая степень измельчения достигается путем воздействия на обрабатываемый материал механических усилий, производящих раздавливающие, раскалывающие, истирающие или ударные действия. Обычно измельчение достигается сочетанием нескольких видов указанных усилий.

Получаемый после измельчения семян материал называется

*мяткой* и отличается очень большой удельной поверхностью, так как кроме разрушения клеточных оболочек при измельчении нарушается также внутриклеточная структура маслосодержащей части клетки, значительная доля масла высвобождается и сразу же адсорбируется на поверхности частиц мятки.

Хорошо измельченная мятка должна состоять из однородных по размеру частиц, проходящих через сито с отверстиями диаметром 1 мм, не должна содержать целых, неразрушенных клеток, и в то же время содержание очень мелких (мучнистых) частиц в ней должно быть невелико.

Для получения мятки применяют вальцовые станки. Наиболее широко применяется станок ВС-5 (рис. 25.7). Рабочими орга-

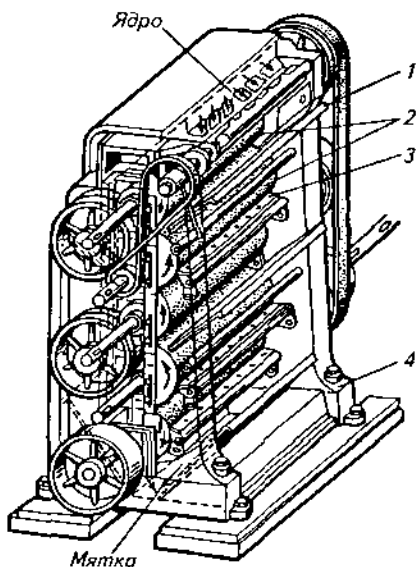


Рис. 25.7. Вальцовый станок ВС-5



нами станка являются пять валков, расположенных один над другим; верхний валок рифленый, остальные гладкие. Все валки закреплены на станине 4.

Измельченное ядро поступает на шит 1, направляющий его к проходу между верхними двумя валками 2, где оно измельчается с помощью ножей 3. С помощью следующего шита измельчаемый материал направляется к проходу между следующими валками. Диаметр валков 400 мм, частота вращения 162...165 мин<sup>-1</sup>.

Более совершенным является четырехвальцовый станок Б6-МВА (рис. 25.8). Станок предназначен для размола семян или маслосодержащих тканей семян (ядер семян). Привод станка (рис. 25.8, а) состоит из двух электродвигателей 1 (левого и правого) и натяжного устройства — клиноременной передачи 2. На плите основания 8 (рис. 25.8, б) станка установлены две стойки (колонны) 1 и 2, на которых смонтированы все узлы станка. Для очистки валков от налипающей мятки установлены скребки 3. Регулирование зазора между валками 4 осуществляют с помощью механизма 6 и пружинного устройства 3. Валки имеют длину 1250 мм и диаметр 400 мм, верхняя пара валков рифленая. Семена или ядра семян поступают через валковый питатель 4 на направляющий лист 5 сначала между первым и вторым (сверху) валками, затем между вто-

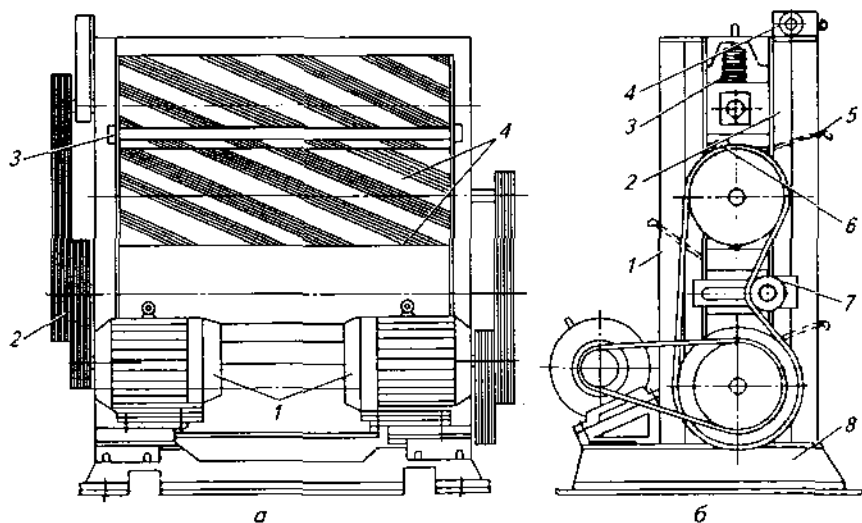


Рис. 25.8. Вальцовый станок Б6-МВА:

а — общий вид: 1 — электродвигатели привода станка (левый и правый); 2 — клиноременная передача; 3 — скребки для очистки валков от налипающей мятки; 4 — валки; б — устройство: 1, 2 — стойки (колонны) станка; 3 — пружинное устройство для поджима верхнего валка; 4 — валковый питатель; 5 — направляющий лист; 6 — механизм регулирования зазора между валками; 7 — натяжное устройство клиноременной передачи; 8 — основание

рым и третьим и далее между третьим и четвертым валками. По ходу движения мятки величина межвалкового зазора уменьшается, а степень ее измельчения возрастает. Частота вращения валков: верхнего — 238, второго — 239, третьего и четвертого — 244 мин<sup>-1</sup>. Межвалковый зазор можно регулировать, добываясь необходимой степени измельчения мятки.

Двухпарный плющильно-вальцовый станок ФВ-600 (рис. 25.9) предназначен для придания маслосодержащему сырью лепестковой структуры.

Принцип работы станка заключается в однократном проходе ядра между одной из двух независимых пар валков 1. Для каждой пары валков предусмотрено отдельное вибрационное загрузочное устройство 3. Каждая пара валков приводится во вращение от индивидуального привода. Один из валков в каждой паре может перемещаться с помощью механического устройства или автоматически с помощью гидромеханического устройства 2, развивающего давление 16 МПа и обеспечивающего постоянное расстояние между работающими валками. Очистка валков осуществляется с помощью ножей 4. Диаметр валков 600 мм, частота вращения 300 мин<sup>-1</sup>.

**Извлечение масла прессованием.** Масло, адсорбированное в виде тонких пленок на поверхности частиц мятки, удерживается поверхностными силами. Для эффективного извлечения масла необходимо эту связь ослабить. С этой целью используют гидротермическую (влаготепловую) обработку мятки. При увлажнении и последующей тепловой обработке мятки ослабевает связь липидов с нелипидной частью семян — белками и углеводами и масло переходит в относительно свободное состояние. Затем мятку нагрева-

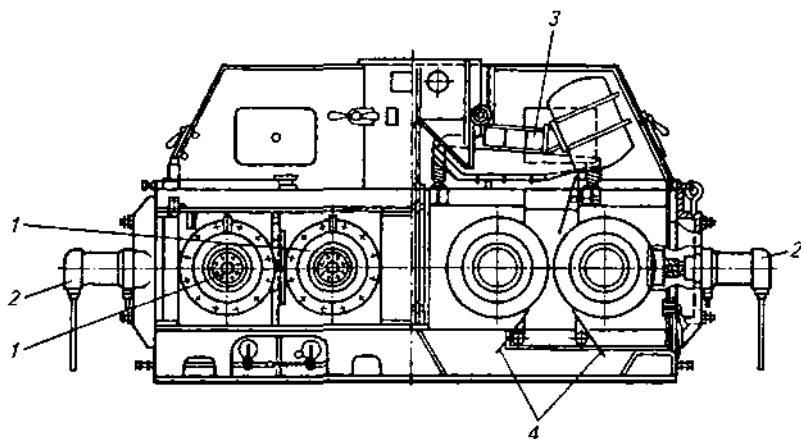


Рис. 25.9. Плющильно-вальцовый станок ФВ-600

ют до более высоких температур, вязкость масла заметно снижается, одновременно уменьшается и содержание влаги в мятке, происходит частичная денатурация белков, изменяющая пластические свойства мятки. Мятка превращается в мезгу.

В производственных условиях приготовление мезги состоит из двух этапов. Первый — увлажнение мятки и первоначальный подогрев — осуществляется в инактиваторах или пропарочно-увлажнительных шнеках. Интенсивное кратковременное нагревание мятки до температуры 80...85 °С с одновременным увлажнением до 8...9 % (для семян подсолнечника, льна) способствует равномерному распределению влаги в мятке и частичной инаktivации гидролитических и окислительных ферментов семян, ухудшающих качество масла. Второй этап — нагревание мятки до 105 °С и ее высушивание до конечного содержания влаги (5...6 %) — осуществляется в жаровнях различных конструкций. Мезга с такими характеристиками обеспечивает эффективный предварительный отжим масла на прессах. Жаровни для приготовления мезги по конструкции делятся на чанные, барабанные и шнековые.

Наиболее широко применяют чанные жаровни, состоящие из 6 или 5 последовательно работающих чанов. В шестичанных жаровнях Ж-68 чаны располагаются один над другим. Диаметр чана 2100 мм, высота 435 мм. По вертикальной оси жаровни проходит общий вал, на котором в каждом чане установлены ножи-мешалки.

Как правило, жаровни входят в агрегат, состоящий из одной жаровни и одного-двух прессов предварительного прессования.

Масло отжимается в шнековых прессах различных конструкций. Шнековый пресс (рис. 25.10) состоит из разъемного ступенчатого цилиндра и шнекового вала. Стенки ступенчатого цилиндра—зеера выполнены из стальных пластин, уложенных в каркасе цилиндра так, что между пластинами имеются узкие щели для выхода отпрессованного масла. Шнековый вал / состоит из отдельных винтовых звеньев, по длине разделенных промежуточными цилиндрическими или коническими кольцами, и прилегающих к нему ножей 5 зернового барабана 3.

Мезга поступает в приемную часть ступенчатого цилиндра через питатель 2, захватывается там витками 4 шнекового вала / и перемещается вдоль него к выходному отверстию. Давление, развиваемое шнековым прессом, достигает 30 МПа, степень уплотнения (сжатия) мезги 2,8...4,4 раза, продолжительность прессования 78...225 с в зависимости от типа пресса.

Современный шнековый маслопресс РЗ-МОА-10 входит в состав маслоотжимного агрегата РЗ-МОА.

Агрегат РЗ-МОА (рис. 25.11) состоит из семичанной жаровни 2, шнекового пресса / с питателем 4, крана-укосины 3 с электроталью, применяемого при разборке зеера пресса. Уровень мезги в верхнем чане жаровни регулируется автоматически. Жмых выходит из прес-

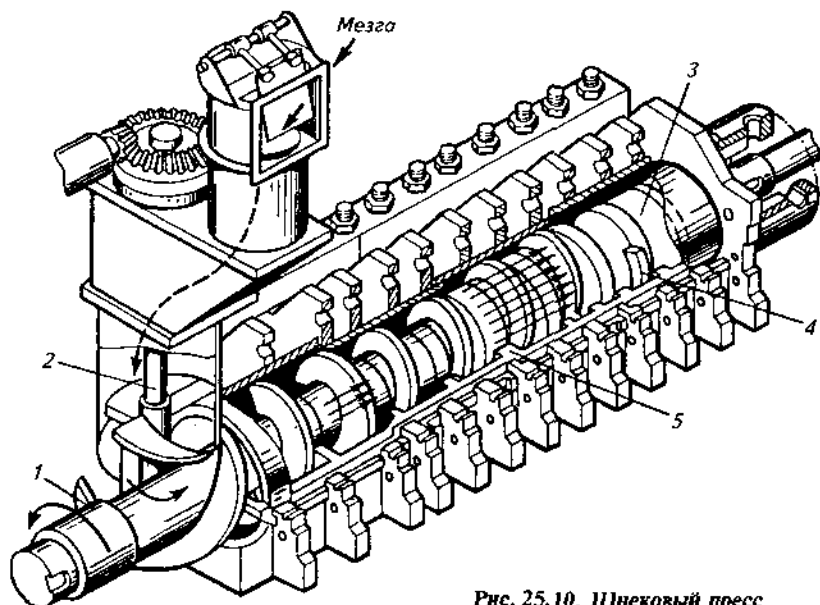


Рис. 25.10. Шнековый пресс

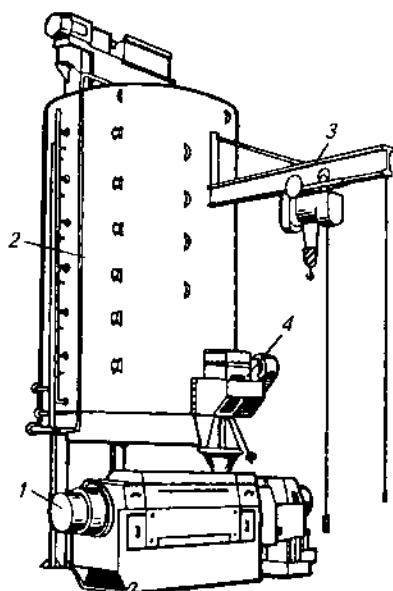


Рис. 25.11. Агрегат РЗ-МОА

са в виде ракушки или гранул. Шнековый вал пресса вращается с частотой  $42 \dots 72 \text{ мин}^{-1}$ , диаметр чанов жаровни  $3000 \text{ мм}$ , поверхность нагрева жаровни  $80 \text{ м}^2$ . Производительность пресса по семенам подсолнечника  $300 \text{ т/сут}$ .

Прессовым способом невозможно добиться полного обезжиривания мезги, так как на поверхности жмыха, выходящего из пресса, всегда остаются тонкие слои масла, удерживаемые поверхностными силами, во много раз превышающими давление, развиваемое современными прессами.

Даже на прессах, развивающих максимальное давление и работающих с максимальным съемом масла, получают жмых масличностью  $4 \dots 7 \%$ . На прессах предварительного прессования — форпрессах, наиболее широко

применяемых в промышленности, получают жмых масличностью 15...17 %.

В настоящее время в различных хозяйствах, в том числе на фермах, работает большое количество мини-заводов или технологических линий по переработке масличных семян. В основе применяемой на мини-заводах (линиях) технологии лежит процесс обезжиривания семян путем однократного окончательного отжима на непрерывнодействующем шнековом прессе.

По наиболее простой схеме работают установки, оборудованные только шнековым прессом, куда поступают целые необрушенные и неизмельченные семена без какой-либо предварительной тепловой или влаготепловой обработки. Типичным представителем таких шнек-прессов является малогабаритный маслопресс Т9-МП.

**Извлечение масла экстракцией.** Единственным способом, обеспечивающим практически полное извлечение масла, является экстракционный способ.

Форпрессовый жмых перед экстракцией структурируют, придавая ему структуру крупки, гранул или лепестков, обеспечивающую максимальное извлечение масла растворителем.

Схема экстракционного процесса представлена на рис. 25.12.

В качестве растворителей для экстракции растительных масел применяют экстракционный бензин с температурой кипения 63...75 °С и нефтяной растворитель (нефрас) с более узким интервалом между началом и концом кипения (65...75 °С).

Экстракцию растительных масел чаще всего ведут способом погружения экстрагируемого материала в противоточно движущийся растворитель в условиях абсолютного противотока или

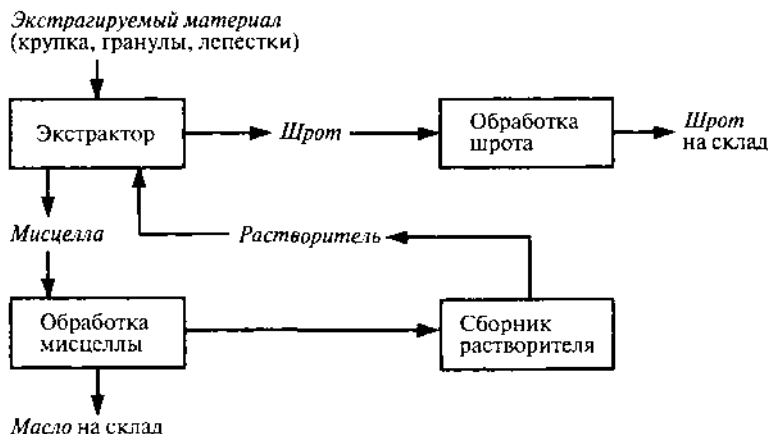


Рис. 25.12. Принципиальная технологическая схема экстракционного процесса

способом многоступенчатого орошения материала растворителем в условиях относительного противотока, когда перемещается только растворитель, а экстрагируемый материал остается в покое на перемещающейся ленте, в двигающемся ковше, секции ротора и др. Другие способы экстракции менее распространены. Преимущества экстракции погружением: высокая скорость экстракции, небольшая продолжительность процесса, простота конструкции экстракционного аппарата и высокий коэффициент использования его геометрического объема (до 95%). Последнее исключает возможность образования в экстракторе взрывоопасной смеси воздуха и паров растворителя. К недостаткам экстракторов этого типа относятся низкая концентрация конечной мисцеллы (15...20%), высокое содержание примесей в мисцелле, большие габариты экстрактора по высоте.

Преимущества экстракции многоступенчатым орошением: получение чистых высококонцентрированных мисцелл (35...40%); недостатки: более длительный процесс экстракции, невысокий коэффициент использования геометрического объема экстрактора (45%) и возможность образования взрывоопасных смесей паров растворителя и воздуха внутри аппарата, сложная конструкция экстрактора.

По способу погружения работает вертикальный шнековый экстрактор НД-1250 (модернизированный). Экстрактор (рис. 25.13) состоит из загрузочной колонны 4 с декантатором, горизонтального шнека 7 и экстракционной колонны 3. Внутри экстрактора установлены перфорированные рабочие шнеки, которые приводятся во вращение от электродвигателей через редукторы. Растворитель вводят через форсунки 1, расположенные в вертикальной части экстракционной колонны 3, а готовую мисцеллу отводят из декантатора через патрубок 5.

В загрузочной колонне 4 предусмотрена установка форсунок 6 для гидро-размыва запрессовок экстрагируемого материала растворителем, подаваемым под избыточным давлением.

В декантаторе мисцелла отстаивается и фильтруется через слой поступающего на экстракцию материала. Шрот выгружается из экстракционной колонны через люки 2. Продолжительность одного оборота шнекового вала экстракцион-

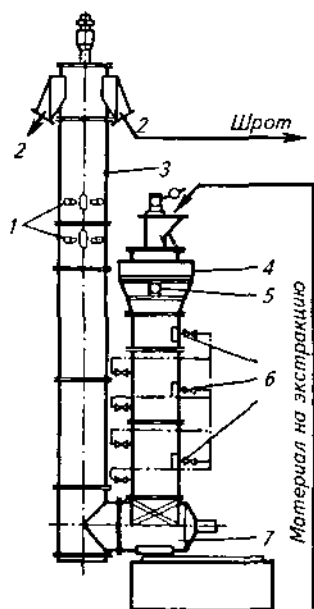


Рис. 25.13. Модернизированный экстрактор НД-1250

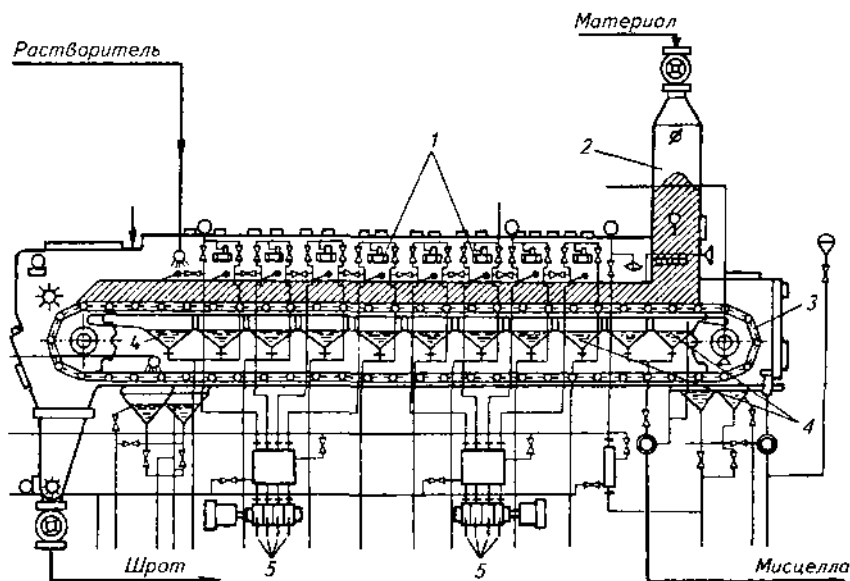


Рис. 25.14. Горизонтальный ленточный экстрактор МЭЗ

ной колонны 72 с, горизонтального шнека 61 с, загрузочной колонны 100 с.

По способу ступенчатого орошения работает горизонтальный ленточный экстрактор МЭЗ (рис. 25.14). Он представляет собой сварную прямоугольную коробку из листовой стали, внутри коробки расположен пластинчатый ленточный транспортер 3, который является рабочим органом экстрактора. Транспортер состоит из рамок, болтами прикрепленных к щекам двух цепей, которые образуют его каркас. К рамкам крепятся стальные перфорированные листы, называемые подкладными, с ячейками  $8 \times 8$  или  $20 \times 20$  мм. Подкладные листы обтянуты сверху металлической плетеной сеткой с ячейками  $0,8 \times 0,8$  мм, скорость движения ленты от  $0,7 \cdot 10^{-3}$  до  $15 \cdot 10^{-3}$  м/с.

Продукт, направляемый на экстракцию, поступает в загрузочный бункер 2.

Верхняя рабочая часть ленты транспортера условно разбита на восемь зон орошения. Под верхней частью ленты установлены сборники для рециркуляционной мисцеллы; мисцеллы, промывающей ленту экстрактора; мисцеллы, перетекающей из последнего рециркуляционного сборника. Нижняя часть ленты нерабочая. Здесь сетка ленты очищается щетками от частиц экстрагируемого материала и промывается мисцеллой. Подача мисцеллы на рецир-

куляцию осуществляется двумя блок-насосами 5, каждый из которых состоит из четырех секций.

Сначала экстрагируемый материал орошается мисцеллой убывающей концентрации, а затем чистым растворителем, который подается через форсунки 1. Мисцелла или растворитель, фильтруясь через слой материала, экстрагирует из него масло и в виде мисцеллы более высокой концентрации, чем та, которая поступила на орошение, стекает в расположенный под этой зоной сборник. Мисцелла и материал движутся противотоком. Мисцелла продвигается к выходу из экстрактора только через мисцеллосборники 4. В стенках сборников находятся переливные отверстия, которые расположены по нисходящей линии, понижаясь в сторону, противоположную движению экстрагируемого материала. При циркуляции мисцелла направляется на орошение «на себя», т. е. мисцелла, забираемая из сборника, секцией блок-насосов подается на орошение своей же зоны, образуя замкнутый цикл циркуляции в своей зоне.

Роторный карусельный экстрактор — это камерный противоточный аппарат, работающий по принципу многоступенчатого орошения экстрагируемого материала растворителем в режиме затопленного слоя. Существуют роторные экстракторы в одно- и двухъярусном исполнении.

Одноярусный роторный карусельный экстрактор (рис. 25.15) состоит из цилиндрического газонепроницаемого корпуса 4, ротора 9, перфорированного (щелевого) днища 5, мисцеллосборников 13, загрузочного и разгрузочного устройств, привода и перекачивающих насосов 1...3.

Ротор состоит из наружной 6 и внутренней 8 обечаек, образующих кольцевое пространство,

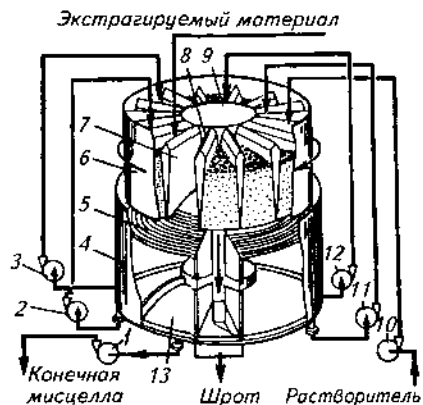


Рис. 25.15. Одноярусный роторный карусельный экстрактор

разделенное радиальными перегородками 7 на секции или камеры. Днище экстрактора неподвижно, оно состоит из концентрически расположенных щелевых элементов, выполненных из проволоки трапециевидного сечения, образующих щели шириной 0,8 мм сверху и 1,5 мм снизу. К нижним частям радиальных перегородок 7 прикреплены пластины, исключающие забивание щелей днища экстрагируемым материалом. Днище 5 имеет секторный вырез, через который обезжиренный материал (шрот) выводится из экстрактора. Следующий за



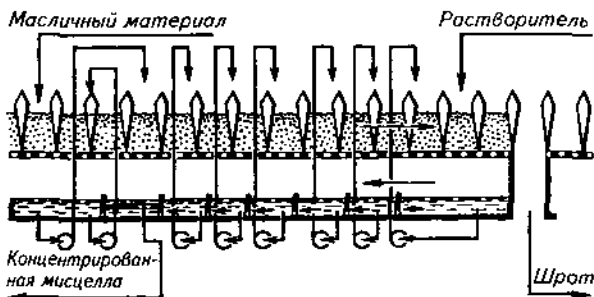


Рис. 25.16. Схема движения мисцеллы в роторном карусельном экстракторе

вырезом участок днища сплошной. После прохождения ротором сплошного сектора днища в него загружается экстрагируемый материал, и начинается его орошение мисцеллой, которая подается с помощью насосов 10...12.

Нижняя часть экстрактора (под шелевым днищем) разделена вертикальными радиальными перегородками (рис. 25.16). Для каждой ступени орошения под шелевым днищем расположены мисцеллосборники для стекающей мисцеллы. Днища мисцеллосборников имеют уклон  $12^\circ$  к наружной стенке экстрактора и патрубки для вывода мисцеллы к рециркуляционным насосам. Перегородки, разделяющие мисцеллосборники, в нижней части имеют вырезы, позволяющие мисцелле перетекать из камеры в камеру, образуя противоток по отношению к движущемуся материалу. Готовая мисцелла из последней (загрузочной) секции ротора подается в третью по ходу экстрагируемого материала секцию, что позволяет дополнительно улавливать из мисцеллы мелкие твердые примеси — частицы шрота. Затем чистая концентрированная мисцелла выводится из экстрактора.

Экстрагируемый материал располагается в виде слоя высотой 1...1,8 м. При медленном вращении ротора (продолжительность одного оборота 35...208 мин) материал орошается мисцеллой возрастающей концентрации, проходя семь ступеней орошения. Работа насосов отрегулирована так, что над экстрагируемым материалом всегда находится небольшой слой мисцеллы или растворителя.

Режим работы экстрактора дискретный — сначала происходит орошение материала, затем сток мисцеллы. Производительность экстракторов роторного типа до 1000 т экстрагируемого материала в сутки, объем материала в экстракторе до 300 м<sup>3</sup>.

Для очистки мисцеллы от твердых примесей применяют отстойники, гидроциклоны и тканевые фильтры. Если содержание примесей в мисцелле невелико, то мисцеллу очищают, пропуская ее через раствор электролита (5%-й раствор NaCl).

**Дистилляция мисцеллы.** Мисцелла состоит из легкокипящего растворителя и практически нелетучего масла. При относительно невысоких концентрациях масла в мисцелле, выходящей из экстрактора, процесс удаления растворителя вначале сводится к обычному процессу выпаривания. По мере повышения концентрации мисцеллы температура ее кипения очень быстро возрастает. В связи с этим для уменьшения температуры отгонки и ускорения процесса применяют отгонку растворителя под вакуумом, а также с водяным паром. В масложировой промышленности операцию отгонки растворителя называют *дистилляцией*. Различают дистилляцию распылением, дистилляцию в пленке — в стекающей и поднимающейся пленке и дистилляцию в слое. Эти виды дистилляции применяют на различных стадиях процесса отгонки растворителя из мисцеллы.

В промышленных установках дистилляцию мисцеллы проводят по двух- и трехступенчатой схеме. Установка для трехступенчатой дистилляции экстракционной линии НД-1250 состоит из двух пленочных дистилляторов (первая и вторая ступени дистилляции), работающих последовательно при атмосферном давлении (рис. 25.17, а), и окончательного (рис. 25.17, б), работающего под разрежением (остаточное давление 0,04...0,06 МПа).

Пленочный дистиллятор (см. рис. 25.17, а) состоит из сепаратора 1 и трубчатой секции 2.

В пленочных дистилляторах мисцелла, проходящая внутри трубок в виде тонкой поднимающейся пленки, интенсивно обогревается глухим перегретым паром до температуры 60...85 °С.

В окончательном дистилляторе представлены все три метода дистилляции — распылением, в стекающей пленке и слое. Окончательный дистиллятор (см. рис. 25.17, б) состоит из трех камер: распылительной 3, пленочной 4, дезодорационной 5 и каплеуловителя 1. Перегретая мисцелла из второго пленочного дистиллятора поступает в распылительные форсунки 2. При распылении под вакуумом происходит интенсивная отгонка растворителя. Затем капли распределяются по вертикальным щиткам пленочной камеры и в виде пленки стекают вниз, навстречу острому перегретому пару. В дезодорационной камере почти готовое масло обрабатывается в слое 400...450 мм острым перегретым паром и подогревается глухим паром до температуры 100...110 °С. Здесь происходит окончательное освобождение масла от следов растворителя.

Дистилляционная установка экстракционной линии МЭЗ работает по трехступенчатой схеме (рис. 25.18). Первая ступень дистилляции мисцеллы в системе — сепаратор 2 уровня первой ступени — экономайзер 1. Вторая ступень в системе — сепаратор 4 уровня второй ступени — трубчатый испаритель 3. Третья ступень дистилляции состоит также из двух аппаратов: подогревателя-испарителя 5 и окончательного пленочного дистиллятора 6, но уже работающих последовательно. Все три ступени дистилляции рабо-

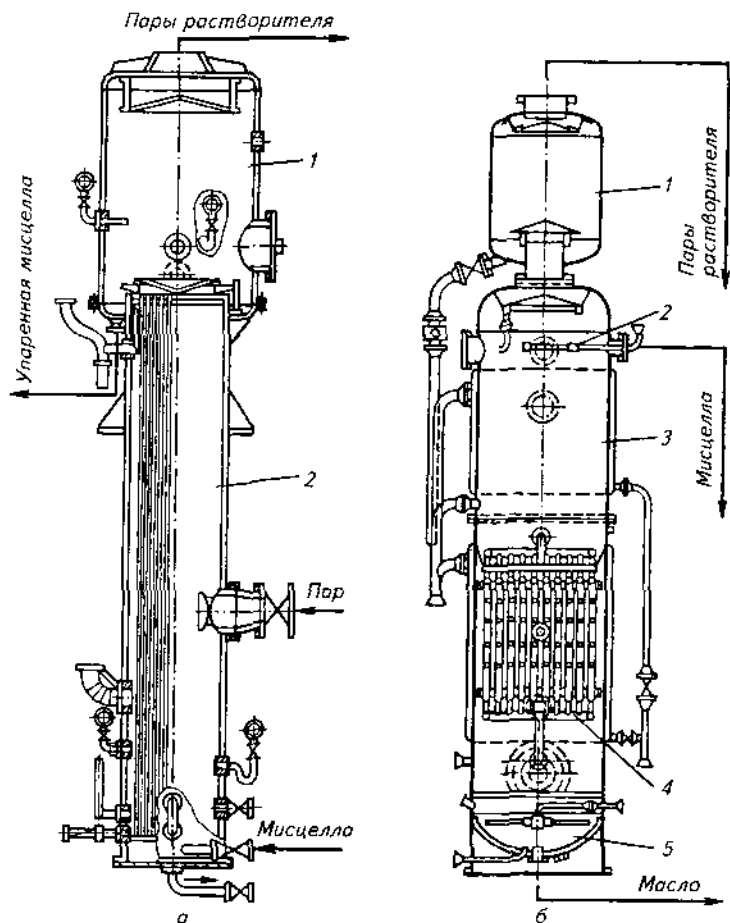


Рис. 25.17. Установка для трехступенчатой дистилляции экстракционной линии НД-1250:

*a* — пленочный дистиллятор (первая и вторая ступени дистилляции); *б* — окончательный дистиллятор

тают под вакуумом: первая при 0,05 МПа, вторая при 0,07 и третья при 0,08...0,09 МПа. Дистилляционная установка экстракционной линии с карусельным роторным экстрактором работает по трехступенчатой схеме и состоит из испарителя первой ступени с опускающейся пленкой, работающего под вакуумом 0,05 МПа, испарителя второй ступени с восходящей пленкой, работающего под таким же вакуумом, и двойной вакуумной ректификационной

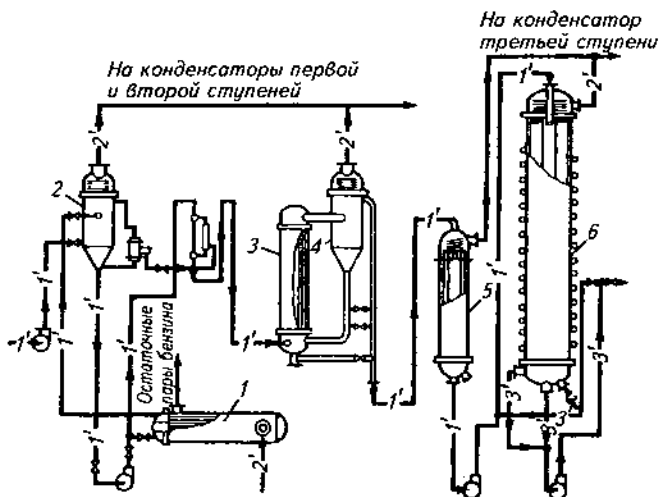


Рис. 25.18. Схема дистилляции мисцеллы экстракционной линии МЭЗ:

1 — мисцелла; 2' — пары растворителя; 3' — масло

колонки, которая состоит из двух оросительных колонн с попеременно выпуклыми и вогнутыми тарелками орошения. Масло во всей схеме дистилляции не нагревается выше  $90^{\circ}\text{C}$ , что обеспечивает его высокое качество.

Качество масла в ходе дистилляции мисцеллы зависит как от технологических параметров процесса — конечной температуры масла и продолжительности обработки мисцеллы, так и от содержания и состава липидов, извлекаемых при экстракции из экстрагируемого материала — фосфолипидов, каротиноидов и других жирорастворимых пигментов, витаминов и провитаминов, а также продуктов окисления липидов и др. Тепловое воздействие на эти группы липидов приводит к их изменению и не только снижает качество масла, но и существенно затрудняет проведение самой дистилляции мисцеллы. Особое значение приобретает проблема удаления перед дистилляцией жирорастворимого пигмента семян хлопчатника — госсипола, который при нагревании подвергается разнообразным химическим превращениям и образует продукты, трудноудаляемые из масла. Для удаления госсипола мисцеллу перед дистилляцией подвергают щелочной рафинации. Рафинация (нейтрализация) масла в мисцелле эффективно идет при оптимальной концентрации мисцеллы 35...45 %.

Поэтому мисцеллу, выходящую из экстрактора с более низкой концентрацией, или сначала упаривают на первой ступени дистилляции, или добавляют в мисцеллу масло предварительного прессования, полученное из этих же семян. Мисцелла оптималь-

ной концентрации (35...45 %) при температуре 20...22 °С поступает в струйный смеситель, где смешивается с щелочью. Смесь мисцеллы, хлопьев мыла, образующихся при взаимодействии щелочи со свободными жирными кислотами масла, фосфолипидов, госсипола и других веществ, подогревают до 60...70 °С и обрабатывают обессоленной водой при температуре 90...95 °С в отстойниках непрерывного действия. Отсюда очищенная мисцелла поступает в дистилляторы второй ступени.

Отгонку растворителя из soapстока, отделенного от мисцеллы в отстойниках, проводят в колонне (рис. 25.19), которая представляет собой цилиндрический вертикальный корпус 1 со сферической крышкой и коническим дном. В верхней части колонны для гашения пены установлен паровой барботер 2, в средней — две паровые форсунки 3 для распыления soapстока. Колонна работает под вакуумом. Нагретый до 110 °С soapсток с растворителем через форсунки выбрасывается в паровое пространство колонны, растворитель испаряется, а soapсток поступает на склад.

Отгонка растворителя из шрота. Выходящий из экстрактора шрот содержит от 20 до 30 % растворителя, который удаляется нагреванием в чанных испарителях (тостерах), конструкция которых аналогична жаровням для приготовления мезги.

Чанный испаритель-тостер (рис. 25.20) представляет собой аппарат колонного типа, состоящий из 9, 10 и 11 чанов диаметром 2,1 м. Каждые два чана имеют общую паровую рубашку. Через все чаны проходит вал 2 с ножами 3 для перемешивания и перемещения шрота из чана в чан. Тостер загружается через шлюзовый затвор в верхний чан 4, а выгружается через клапан-выгрузитель 1.

Для максимально полной отгонки растворителя необходима высокая температура. В то же время нагревание шрота повышенной влажности до высокой температуры приводит к денатурации белков, потере незаменимых аминокислот, снижению пищевой и кормовой ценности шрота и белковых продуктов.

В то же время в процессе отгонки-растворителя из шрота по существующей технологии происходят изменения, улучшающие качество шрота как кормового продукта: инактивируются токсичные и нежелательные соединения, присутствующие в семенах (рицин семян клещевины, ингибиторы трипсина и химотрипсина семян сои и арахиса), снижается содержание гликозинолатов и горчич-

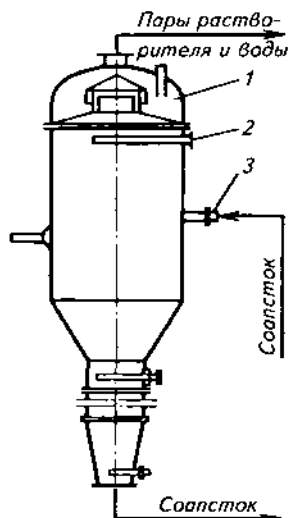


Рис. 25.19. Колонна для отгонки растворителя из soapстока

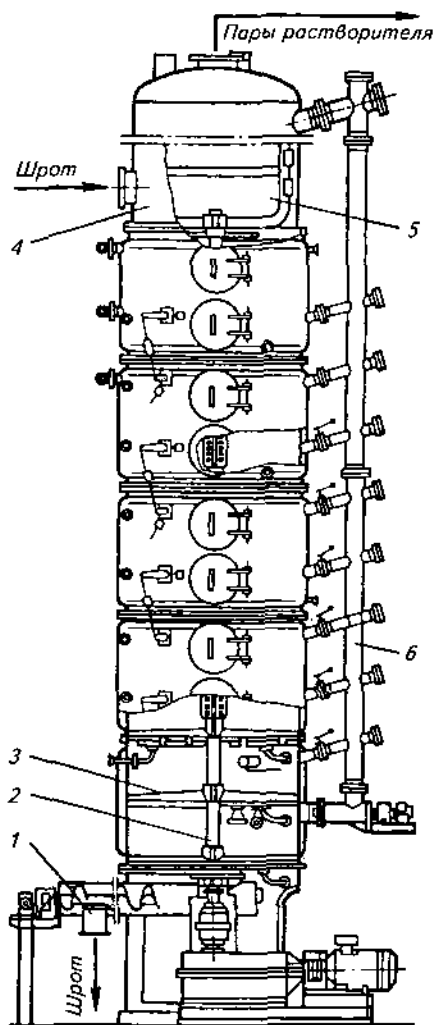


Рис. 25.20. Чанный испаритель-тостер

тостера, содержание влаги должно быть в пределах 8,5...9 %, растворителя — не выше 0,1, металломагнитных примесей — не более 0,01 %, температура не выше 40 °С.

Растворитель, удаляемый при обработке мисцеллы и шрота, регенерируется путем конденсации из парогазовых смесей в теплообменниках-конденсаторах, а затем возвращается в производство.

Шрот, предназначенный для использования в качестве корма

ных эфирных масел семян рапса и горчицы, госсипол семян хлопчатника связывается с белками, достигается оптимальная денатурация белков семян. Поэтому влаготепловая обработка шрота в тостерах должна быть отрегулирована так, чтобы кроме максимально полного отделения растворителя ингибировались антипитательные вещества семян и повышалась питательная ценность шрота.

Шрот в тостере поступает последовательно во все чаны, обогрев которых идет глухим паром через днища и боковые стенки.

Каждый чан имеет отвод паров в вертикальный воздуховод — коллектор 6, соединяющий все чаны тостера для выравнивания давления.

В верхние три чана кроме острого пара подводится вода. В верхнем чане шрот увлажняется, в последующих — высушивается. Это обеспечивает низкое содержание растворителя в готовом шроте и желаемую глубину денатурации белков шрота. В верхней части чанного испарителя расположен расширитель 5, в котором установлена мешалка со скребками для очистки стенок расширителя от прилипших частиц шрота, уносимых парами растворителя и воды.

для животных, подвергают гранулированию, предварительно смешивая его с гидрофузом — массой, выпадающей в осадок при обработке водой прессовых и экстракционных масел, или с соапстоком — осадком, который получают при обработке мисцеллы или растительного масла раствором щелочи. Смешивание шрота с гидрофузом или соапстоком проводят в чанной жаровне, затем в шнеке-смесителе и, наконец, в грануляторе. Готовые гранулы шрота охлаждают, отделяют от крошек и направляют на склад. Гранулированный подсолнечный шрот согласно требованиям ГОСТ 11246—96 должен содержать (%): влаги 7...9,5, липидов 2,5...4, белков (протеина) 42...45.

Получение белковых изолятов из шрота. Белок извлекают из шрота сначала водным раствором NaCl, затем NaOH. Нерастворимый осадок отделяют, а экстракт, содержащий 2...3 % белка, очищают и осаждают HCl. Осажденный белок промывают и высушивают в распылительной сушилке воздухом при температуре 180...200 °С.

Готовый белок с содержанием влаги 3...8 % фасуют и отправляют потребителям. Суммарный выход белка составляет 20...25 % к массе шрота. Пищевой белок из подсолнечного шрота должен содержать (%): протеина не менее 85, растворимого протеина (к общему протеину) не менее 80, масла не более 1,5, золы не более 3, клетчатки не более 3.

Нерастворимый остаток шрота после высушивания используют на корм животным.

## 25.5. РАФИНАЦИЯ МАСЕЛ И ЖИРОВ

В растительных маслах в зависимости от их природы, способа извлечения из исходного сырья, условий хранения кроме основной группы — запасных липидов (триацилглицеринов) содержатся также структурные липиды, определяющие цвет, вкус, запах, свойственные данному виду масла. В зависимости от назначения масла некоторые из этих групп липидов нежелательны. При получении масла из семян прессованием в масло переходят, кроме того, твердые частицы мезги, а также группа чужеродных веществ — остатки гербицидов и пестицидов, накапливающиеся в масличном сырье и переходящие в масло; полициклические ароматические углеводороды, попадающие в семена и масло из окружающей среды; продукты жизнедеятельности микрофлоры, развивающейся на масличном сырье, — афлатоксины и другие токсины.

Процесс очистки масла от нежелательных групп липидов и примесей называется *рафинацией*, конечной целью которой является выделение из природных масел и жиров триацилглицеринов, свободных от других групп липидов и примесей. Однако не во

всех случаях рафинацию проводят до полного удаления всех структурных липидов и примесей, за исключением механических примесей и воды, удаление которых является обязательным уже при первичной очистке масла на маслодобывающих предприятиях.

Удаление из масла твердых взвешенных примесей и воды проводят методом отстаивания в отстойниках, механических гущеловушках, с помощью осадительных центрифуг и при фильтровании через ткань на рамных фильтр-прессах.

Вследствие разнообразия физических и химических свойств липидов, входящих в состав природных масел и жиров, современная рафинация представляет собой комплексный процесс, включающий последовательную цепь технологических операций, отличающихся по характеру химических и физических воздействий на удаляемые группы липидов. Обязательное условие применяемых технологических операций — это сохранение триацилглицериновой части масел и жиров в нативном состоянии.

Полная схема рафинации масел и жиров приведена на рис. 25.21.

Современная технология полной рафинации предусматривает удаление из масел фосфолипидов (операция гидратации масла), восков и воскоподобных веществ (операция вымораживания), свободных жирных кислот (операция щелочной нейтрализации), красящих веществ (операция отбеливания масла), веществ, ответственных за вкус и запах масел и жиров (операция дезодорации).

Полную рафинацию проводят при получении салатного масла, используемого для непосредственного употребления в пищу, для масел и жиров, применяемых при производстве маргарина, кондитерских, кулинарных жиров и майонеза.

В других случаях, например при производстве гидрированных жиров, могут быть исключены операции отбеливания и дезодорации.

В настоящее время для масел и жиров с низким содержанием свободных жирных кислот рекомендован метод дистилляционной рафинации, исключая щелочную нейтрализацию. В этом случае одновременно происходит удаление из масла свободных жирных кислот и веществ, ответственных за вкус и запах, — одорирующих веществ.

Объем и последовательность технологических операций при рафинации устанавливают конкретно применительно к виду масла, поступающего на обработку.

Так, операция гидратации применяется преимущественно при рафинации подсолнечного масла, хотя этой операции могут подвергаться соевое, арахисовое, кукурузное и хлопковое масла.

*Гидратация* — это удаление из масла с помощью воды группы веществ с гидрофильными свойствами, важнейшими из которых



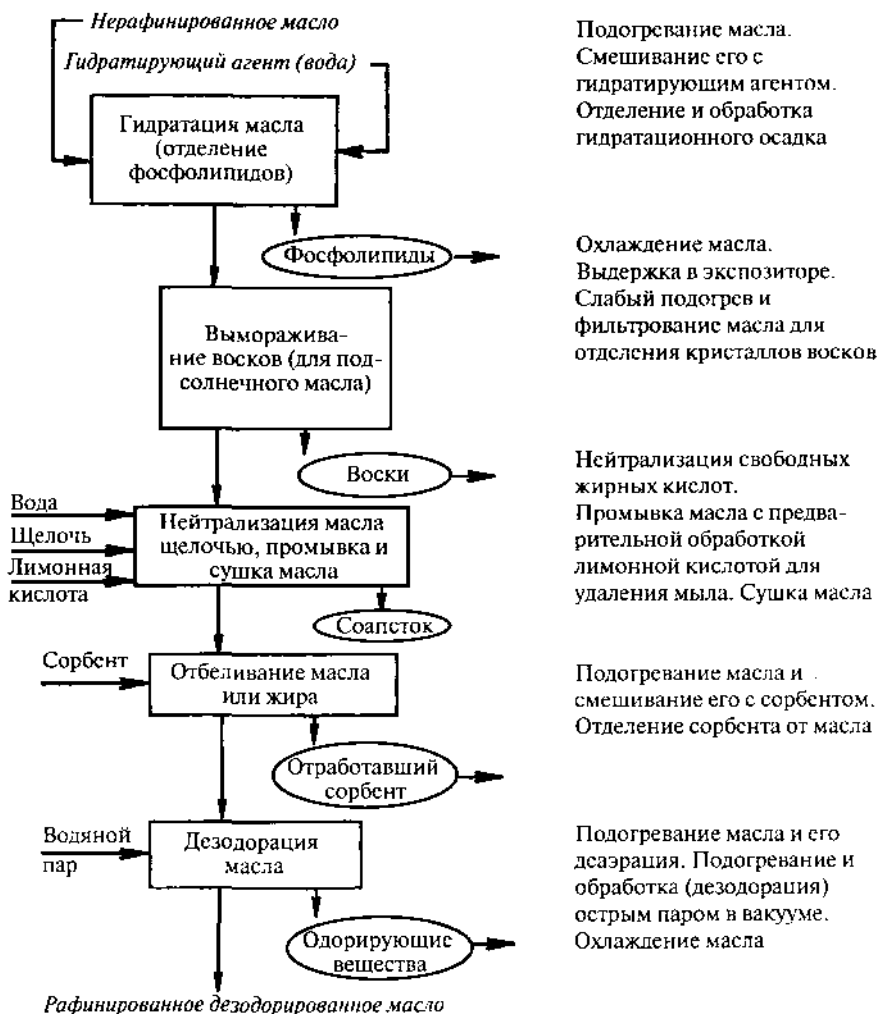


Рис. 25.21. Полная схема рафинации масел и жиров

являются фосфолипиды. Фосфолипиды — ценные в пищевом отношении соединения с антиокислительными свойствами. При хранении масел они выпадают в виде легко разлагающегося осадка, который затрудняет ряд технологических операций по переработке масла. Поэтому фосфолипиды выделяют из масла путем гидратации, а затем используют в качестве самостоятельного продукта в пищевых, кормовых и лечебных целях.

Процесс гидратации заключается в смешивании подогретого масла с дозированным количеством воды или других гидратирующих реагентов (водных растворов NaCl и ПАВ). Оптимальная температура гидратации масел различная: для подсолнечного масла 45...50 °С, для соевого — 65...70 °С; количество воды, добавляемое в масло, также различно: для подсолнечного масла 0,5...3,0 % от массы масла, для соевого — до 6 %.

Воду и масло смешивают в струйных смесителях или реакторах-турбулизаторах (рис. 25.22), в которых обеспечивается более полный контакт масла и воды.

Реактор-турбулизатор (рис. 25.22, а) состоит из патрубка 1 для подачи исходного масла, патрубка 2 и регулировочного вентиля для подачи воды или гидратирующего агента, сопла 3, приемной камеры 4, камеры смешивания 5, перфорированной насадки 6 и патрубка 7 для выхода смеси масла и воды. Для повышения гидратируемости фосфолипидов смесь масла и воды (или масла и гидратирующего агента) направляют в электромагнитный активатор ЭМА (рис. 25.22, б), который состоит из ротора 2, установленного в подшипниковых узлах крышек с отверстиями 1 для прохождения смеси. Ротор 2 и статор 3 защищены от обрабатываемой смеси гильзами из нержавеющей стали. При включении статора в электрическую сеть ротор приходит во вращение (аналогично ротору асинхронного электродвигателя). Смесь масла с гидратирующим агентом, проходя через кольцевой зазор между статором и ротором, испытывает интенсивные гидродинамические и электромагнитные воздействия, повышающие полярность фосфолипидов и

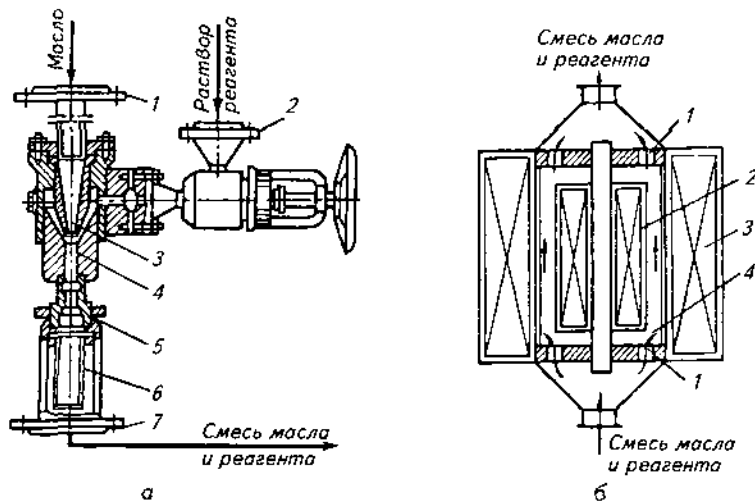


Рис. 25.22. Реактор-турбулизатор (а) и электромагнитный активатор (б)

их гидратируемость. Частота вращения ротора  $50 \text{ с}^{-1}$ . Кольцевой зазор, через который проходит смесь, — 1...2 мм.

Затем смесь поступает в экспозитор 4 (коагулятор, где происходит коагуляция и формирование хлопьев осадка). Продолжительность этого процесса, протекающего при медленном перемешивании масла, 20...40 мин. Затем масло, содержащее крупные, сформированные хлопья гидратированных фосфолипидов, поступает на сепаратор или тарельчатый отстойник непрерывного действия. Масло после сепаратора или отстойника поступает на дальнейшую рафинацию или сушку, так как содержание влаги в масле после гидратации высокое и хранению оно не подлежит.

Для высушивания масла применяют вакуум-сушильный аппарат колонного типа (рис. 25.23), где процесс высушивания осуществляется в пленочном режиме в условиях вакуума.

Подогретое до  $85...90^\circ\text{C}$  масло распыляется с помощью трех форсунок 1. При стекании масла по внутренним стенкам и контактным поверхностям 2 образуется тонкая пленка масла, из которого удалена влага. Остаточное давление в аппарате 2,6...5,3 кПа, начальное содержание влаги в масле 0,2 %, конечное — 0,05 %.

Гидратационный осадок (фосфолипидную эмульсию) из сепаратора или отстойника подают для высушивания в ротационно-пленочный аппарат цилиндрического типа (рис. 25.24) через патрубок 1. Внутри аппарата расположен полый вращающийся ротор 2, на котором расположено шесть радиальных лопастей. Толщина слоя эмульсии между зазором лопастей и внутренней обогреваемой поверхностью аппарата 1 мм. Остаточное давление в аппарате 2,5 кПа. За время прохождения через аппарат (2 мин) содержание влаги эмульсии снижается с 50...60 до 1 %, и полученный фосфолипидный концентрат через патрубок 3 направляется на фасование.

При гидратации подсолнечного масла высшего и I сортов получают пищевой фосфолипидный концентрат, а при гидратации масла II сорта — кормовой.

Гидратированное подсолнечное масло должно быть освобожден-

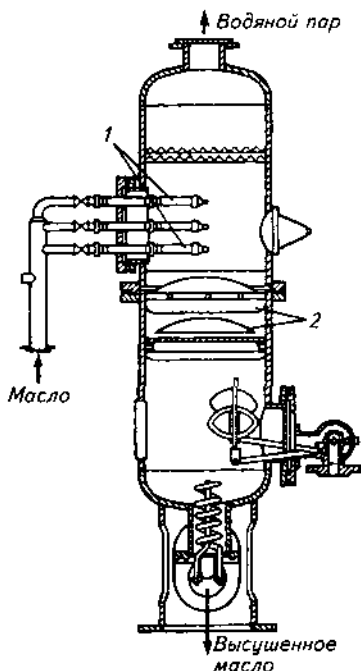


Рис. 25.23. Вакуум-сушильный аппарат

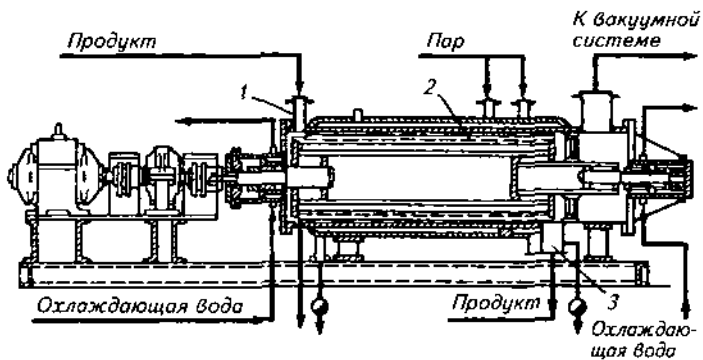


Рис. 25.24. Ротационно-пленочный аппарат

но от восков и воскоподобных веществ. Это достигается путем низкотемпературной очистки или *вымораживания*. Сущность процесса заключается в медленном охлаждении масла до  $10...12^{\circ}\text{C}$  при слабом перемешивании в экспозиторе — цилиндрическом аппарате, снабженном рамной мешалкой с частотой вращения  $2 \text{ мин}^{-1}$ . Масло выдерживают в экспозиторе в течение 4...6 ч. Здесь происходит кристаллизация восков, растворенных в масле. Затем масло подогревают до  $16...18^{\circ}\text{C}$  для снижения его вязкости и фильтруют на рамных фильтр-прессах. Для ускорения процесса на фильтрующую поверхность наносят вспомогательные порошки (кизельгур, перлит и др.), улучшающие дренажные свойства осадка.

Способ *нейтрализации* масел щелочью основан на обработке рафинируемого масла водными растворами  $\text{NaOH}$ , в процессе которой свободные жирные кислоты, взаимодействуя с щелочью, образуют водные растворы мыла — соапстоки.

Соапстоки нерастворимы в масле, и, так как их относительная плотность выше, чем у масла, они образуют осадки (отстои), которые затем отделяют от масла.

В присутствии воды при недостатке щелочи могут образовываться кислые мыла, плохо растворимые в воде. Поэтому для реакции нейтрализации щелочь берут с некоторым избытком против расчетного (по уравнению химической реакции) количества. Избыток щелочи подавляет образование кислых мыл, но он ведет также к нежелательному омылению нейтрального масла. Поэтому эффективность щелочной рафинации определяют как по качеству полученного масла, так и по величине отходов и потерь при нейтрализации. Выход рафинированного масла зависит не только от избытка щелочи, но и от концентрации ее раствора, температуры и продолжительности процесса. При непрерывных методах нейтрализации и невысоком кислотном числе отходы составляют

1,25...1,5 %, потери — 0,1 % к массе масла, поступившего на нейтрализацию.

Нейтрализацию осуществляют путем смешивания рафинированного масла с водными растворами NaOH в реакторах-смесителях, устройство которых аналогично применяемым при гидратации масла. Последующее разделение нейтрального масла и соапстока проводят в сепараторах. Применяемые в промышленности установки для рафинации масел и жиров А1-ЖРН и зарубежные отличаются в основном производительностью и типом применяемых сепараторов.

Температура нейтрализации 85...90 °С, концентрация щелочи от 70 до 150 г/л и избыток щелочи от теоретического количества 5...20 % в зависимости от кислотного числа масла, поступившего на нейтрализацию.

Другим непрерывным методом нейтрализации является нейтрализация в мыльно-щелочной среде. Преимущество метода состоит в том, что процессы нейтрализации и отделения образовавшегося мыла совмещают во времени, а также применяют щелочной низкой концентрации, что снижает потери масла.

Процесс проводят в нейтрализаторе (рис. 25.25), заполненном раствором щелочи. Масло с помощью перфорированного распределителя 1 поступает в виде капель диаметром 2 мм в щелочной раствор расширителя 2 и медленно всплывает на поверхность, так как плотность масла меньше плотности водного раствора щелочи. Нейтрализация идет на поверхности всплывающей капли масла, куда направляются более полярные по сравнению с триацилглицеринами свободные жирные кислоты. С поверхности раствора щелочи в расширителе 2 масло отводят в сушильно-деаэрационный аппарат, предварительно обрабатывая масло раствором лимонной кислоты для разложения мыла. Мыльно-щелочной раствор, содержащий 8...12 % мыла, непрерывно поступает на мыловаренный завод. Лучшие результаты можно получать при концентрации щелочи в нейтрализаторе 12...20 г/л и температуре 70...95 °С. При установленном режиме работы нейтрализатора концентрация щелочи в нем снижается до 1...3 г/л, что обеспечивает минимальные потери масла.

Вариантом щелочной нейтра-

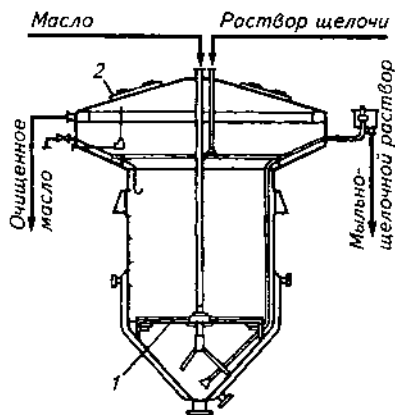


Рис. 25.25. Аппарат для нейтрализации масла в мыльно-щелочной среде

лизации является нейтрализация в мисцелле, применяемая при переработке хлопкового масла, описанная ранее.

**Отбеливание масла** (адсорбционная рафинация) — удаление из масла жирорастворимых пигментов — каротиноидов, хлорофиллов, а для хлопкового масла также госсипола и его производных предусмотрено для растительных масел (кроме подсолнечного), предназначенных для гидрирования и производства маргариновой продукции. Для отбеливания масел применяют активированные кислотной и термической обработкой отбеливающие бентонитовые глины. Основным компонентом бентонитовых глин являются алюмосиликаты  $Al_2O_3 \cdot nSiO_2$ , в состав которых входят щелочные и щелочноземельные металлы.

Реже для осветления масел применяют активные угли — в смеси с глинами и отдельно.

При отбеливании в масле протекают нежелательные процессы: изомеризация жирных кислот, снижающая биологическую ценность масла; в составе триацилглицеринов образуются жирные кислоты с сопряженными двойными связями, что приводит к активированию окислительных процессов в отбеленном масле при хранении. Для снижения окислительных процессов в масле процесс отбеливания рекомендуется вести под вакуумом и сорбенты предварительно также обрабатывать под вакуумом. Масло на отбеливание необходимо направлять только после нейтрализации, промывки и сушки.

Процесс адсорбционной рафинации заключается в приготовлении концентрированной масляной суспензии адсорбента, собственно отбеливании, осуществляемом в две стадии (предварительное и окончательное отбеливание), и отделении адсорбента от основной части масла на фильтрах.

Активные глины вводят в масло в количестве 0,5...2 % от массы масла (для хлопковых масел 4...5 %). Температура отбеливания 75...80 °С, остаточное давление в аппаратах для отбеливания 4 кПа. Для получения суспензии используют 1/4 отбеливаемого масла.

Основная часть масла (3/4 общего количества) поступает в аппарат для предварительного отбеливания (рис. 25.26), где одновременно осуществляется

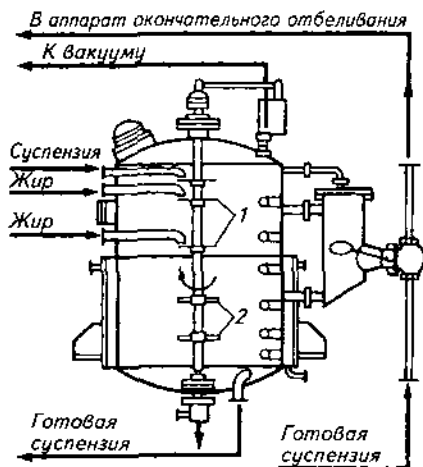


Рис. 25.26. Аппарат для деаэрации и предварительного отбеливания

деаэрация масла. Суспензия, попадая на дно вращающегося диска 1 ( $n = 274 \text{ мин}^{-1}$ ), распыляется и контактирует с маслом, которое также распыляется на нижерасположенном диске. В нижней части аппарата смесь суспензии и масла интенсивно перемешивается двумя лопастями-мешалками 2. Окончательное отбеливание проводят в специальном аппарате (рис. 25.27), где смесь суспензии и масла, разбрызгиваясь с помощью распылителя 1, попадает на распределительную тарелку 2 и в виде тонкой пленки стекает по нагретой внутренней поверхности аппарата. Отсюда смесь масла и суспензии поступает на фильтрование. Первые мутные порции фильтруемого масла возвращаются в аппарат через трубочку 3. Содержание масла в глине после фильтрования до 15 %.

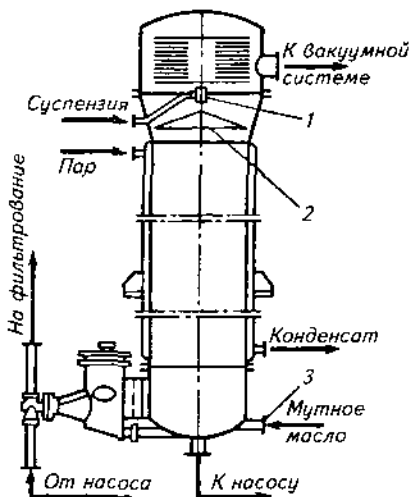


Рис. 25.27. Аппарат для окончательного отбеливания

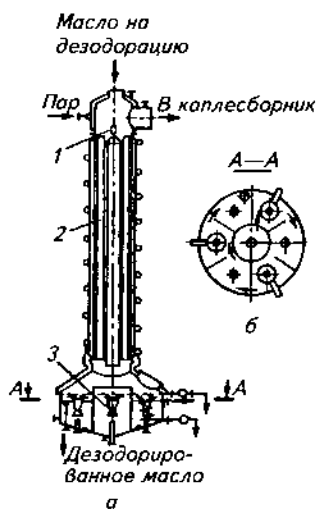
**Дезодорация масел** — удаление из масла одорирующих веществ — низкомолекулярных жирных кислот, альдегидов, кетонов и других летучих продуктов, определяющих запах и вкус масла, а также выделение из растительных масел нежелательных чужеродных соединений — полициклических ароматических углеводородов, ядохимикатов, токсичных продуктов — афлатоксинов и др.

Дезодорация — обязательная операция при получении масел и жиров, применяемых при производстве маргаринов и масла, используемого как в консервном производстве, так и непосредственно в питании.

Дезодорацию проводят путем обработки масла при низком остаточном давлении — в вакууме, высокой температуре и одновременном введении в нагретое масло острого водяного пара.

Перед дезодорацией нейтрализованное и отбеленное масло направляют в деаэрактор, где оно распыливается в вакууме и подогревается в пленке на поверхности змеевиков до  $130...180^\circ\text{C}$ . После деаэрактора масло поступает в дезодоратор непрерывного действия, который входит в состав установки фирмы «Десмет».

Дезодоратор (рис. 25.28) представляет собой цилиндрический пленочный аппарат вертикального типа, состоящий из трех разъемных частей — средней цилиндрической, головки и нижней



**Рис. 25.28. Дезодоратор непрерывного действия:**

*a* — вертикальный разрез;  
*б* — разрез кубовой части по А—А

кубовой части. Масло в дезодораторе распыливается гидравлическим распылителем 1 в вакууме и поступает на 38 вертикальных пластин 2 из нержавеющей стали, по которым стекает пленка дезодорируемого масла, собираясь в кубовой части аппарата. Кубовая часть состоит из шести радиальных секций и одной центральной, из которой масло стекает в радиальные секции. В кубовой части расположены эжекторы 3 для барботирования масла острым паром. Дезодорированное масло выводится из аппарата через переливную трубу.

Отгоняемые летучие вещества и капли жира собираются в сепараторе-каплеборнике сначала в его верхней части — сепараторе, а затем в нижней — собственно в каплеборнике. Время пребывания масла в дезодораторе 45 мин, температура масла на входе 230 °С, на выходе 215 °С, давление в аппарате 0,13...0,26 кПа. Полученное дезодорированное масло необходимо охла-

дить и хранить в атмосфере инертного газа.

Перспективным направлением рафинации масел и жиров является близкая к дезодорации по физической сущности процесса бесщелочная рафинация, которая исключает операцию нейтрализации масла. Однако процессы гидратации и отбеливания масла обязательны. Процесс осуществляется в непрерывном дезодорационном аппарате, который дополнительно оборудован устройством для улавливания жирных кислот, отгоняемых вместе с одорующими веществами.

Растиельные масла должны отвечать требованиям ГОСТов. Так, подсолнечное масло должно соответствовать требованиям ГОСТ 1129—93. В соответствии с этим ГОСТом подсолнечное масло в зависимости от способа обработки подразделяют на следующие виды: рафинированное дезодорированное марок Д и П и рафинированное недезодорированное; гидратированное — высшего, I и II сортов и нерафинированное — высшего, I и II сортов. В торговую сеть (в расфасованном виде) и на предприятия общественного питания необходимо направлять только рафинированное дезодорированное масло.

Рафинированное дезодорированное масло должно иметь вкус обезличенного масла и не иметь запаха, остальные виды подсолнечного масла должны иметь вкус и запах, свойственные этому маслу, без посторонних запаха, привкуса и горечи. Присутствие



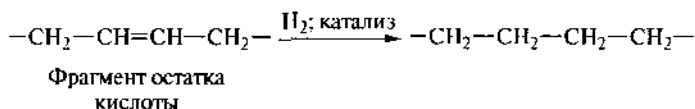
фосфорсодержащих веществ и мыл в рафинированном масле не допускается.

Перекисные числа для всех видов масел должны быть не выше 50 ммоль 1/20/кг для свежесыработанных масел и не выше 10 ммоль 1/20/кг для масел, подвергнутых хранению.

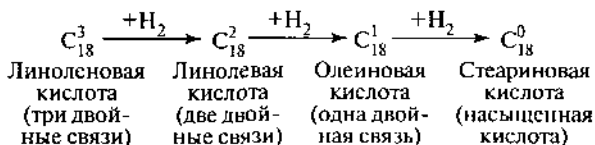
## 25.6. ПОЛУЧЕНИЕ ГИДРИРОВАННЫХ ЖИРОВ

Для производства таких продуктов, как маргарин, кондитерские и кулинарные жиры, спреды, мыла, стеарин, технологические смазки различного назначения, необходимы пластичные, высокоплавкие и твердые (при комнатной температуре) жиры. Они могут быть получены из жидких растительных масел путем гидрогенизации. Задача *гидрогенизации* масел и жиров — целенаправленное изменение жирно-кислотного, а следовательно, и ацилглицеринового состава исходного жира в результате присоединения водорода в присутствии катализатора к ненасыщенным остаткам жирных кислот, входящим в состав ацилглицеринов подсолнечного, хлопкового, соевого, рапсового и других жидких масел.

Основная химическая реакция, протекающая при гидрогенизации, — присоединение водорода к двойным связям непредельных жирных кислот:

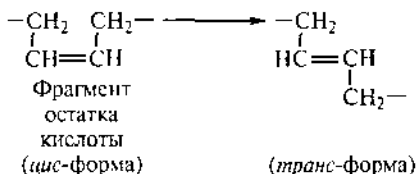


Гидрирование остатков полиненасыщенных жирных кислот, входящих в триацилглицерины, происходит ступенчато, т. е. более ненасыщенные кислоты последовательно превращаются в менее ненасыщенные:



Селективность (избирательность) гидрирования объясняется большей скоростью гидрирования более ненасыщенных кислот, например линолевой, по сравнению с менее ненасыщенной олеиновой. Одновременно с основной химической реакцией изменяется пространственная конфигурация остатков жирных кислот,

входящих в состав ацилглицеринов (*цис-транс*-изомеризация):



Изменение пространственной конфигурации, появление *транс*-изомеризованных кислот (в отдельных случаях до 40 %) связано с особенностями механизма гидрирования линолевой кислоты — основного структурного компонента большинства природных растительных масел. Присутствие в пищевых жирах *транс*-изомеров жирных кислот нежелательно.

Гидрирование жиров проводят при участии катализаторов, важнейшими из которых являются никелевый катализатор на кизельгуре, выпускаемый промышленностью в виде таблеток, измельчаемых перед использованием, или в виде порошка, и никель-медный катализатор, выпускаемый под названиями ВНИИЖ-1 и ВНИИЖ-2. Для получения пищевых гидрированных жиров — саломасов применяют никелевый катализатор на кизельгуре. Никель-медные катализаторы используют в основном для получения саломасов технического назначения.

В настоящее время большинство гидрогенизационных заводов работают на готовых катализаторах. После использования отработанный катализатор регенерации не подвергают, а направляют на специализированные предприятия. Это позволяет исключить из схемы гидрогенизационного завода операции, связанные с производством катализаторов.

Более совершенны стационарные катализаторы, позволяющие исключить операции приготовления суспензии катализатора в масле и фильтрования саломаса для отделения катализатора.

Технологическая схема гидрогенизации масел и жиров приведена на рис. 25.29.

Наиболее распространенный метод получения водорода для гидрирования — электролитический, который позволяет получить наиболее чистый водород. Электролизу подвергают слабые водные растворы щелочей и кислот в электролизерах. Хранят водород в газгольдерах. На гидрирование поступает тщательно отрафинированное масло, так как примеси способны снизить активность катализаторов.

В промышленности в основном используют непрерывный процесс гидрирования.

Для непрерывного гидрирования масел на суспензированных катализаторах применяют последовательно работающие реакторы



Рис. 25.29. Принципиальная технологическая схема получения гидрированных жиров

с турбинными мешалками (рис. 25.30). Реактор — цилиндрический аппарат 1 из кислотоупорной стали со сферическим дном и крышечкой, внутри которого находится турбинная мешалка 4, работающая с частотой вращения  $59 \text{ мин}^{-1}$ , барботер 5 для подачи водорода, расположенный ниже мешалки, и шесть змеевиков 2 для подогрева и охлаждения масла. Обычно в схеме установлено три последовательно работающих реактора. Частично прогидрированное масло по переливным патрубкам 3 из первого реактора поступает во второй, а затем в третий. Температура масла при гидрировании  $210...230 \text{ }^\circ\text{C}$  (для пищевого саломаса) и  $240...250 \text{ }^\circ\text{C}$  (для технического саломаса). Количество катализатора составляет от 0,5 до 2 кг (в пересчете на никель) на 1 т масла. Давление водорода в реакторе 0,5 МПа.

Для гидрирования масла со стационарным катализатором применяют колонный реактор (рис. 25.31), который представляет со-

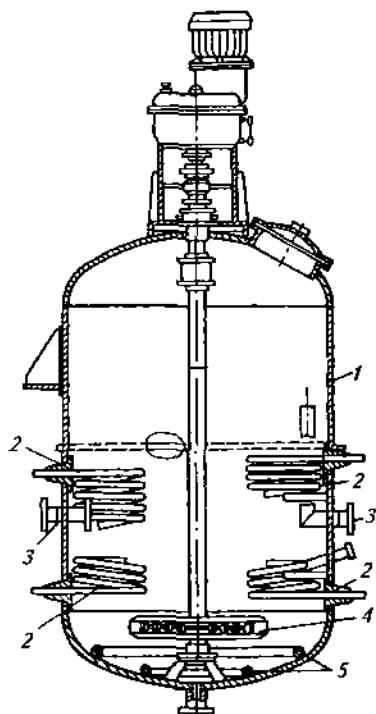


Рис. 25.30. Реактор с турбинной мешалкой

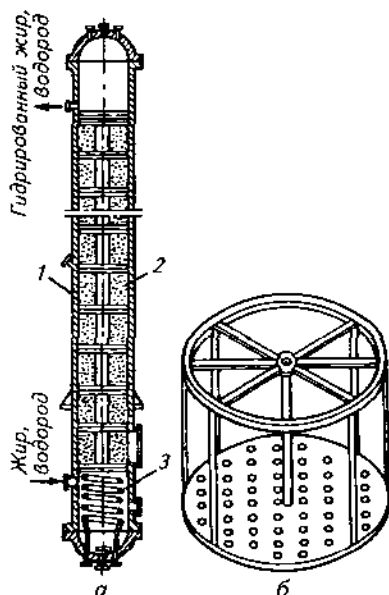


Рис. 25.31. Колонный реактор для гидрирования на стационарном катализаторе:

*а* — реактор; *б* — корзина для катализатора

бой вертикальный цилиндр 1 высотой 10 м, внутри которого установлены корзины для катализатора 2, занимающие высоту около 7 м. Над катализатором находится газовое пространство (1...1,5 м). В нижней части расположены змеевик 3 для подачи греющего пара и устройство для подвода водорода. Обычно колонные реакторы собирают в батареи из двух-трех аппаратов, особенно в том случае, если они работают не на стационарном, а на суспензированном катализаторе.

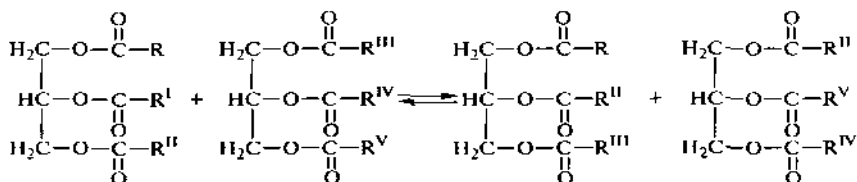
Гидрирование на стационарном катализаторе применяют главным образом при получении технических саломасов. По мере использования (через 1...3 мес работы) стационарный катализатор теряет гидрирующую активность, в результате чего его необходимо регенерировать непосредственно в реакторе или заменить на новый.

В зависимости от качественных характеристик пищевой нерафинированный саломас для маргариновой продукции подразделяют на несколько марок.

Согласно ТУ саломасы технического назначения подразделяют на 5 марок: марка 1 — для туалетного мыла, марка 2 — для хозяйственного мыла, марка 3 — для косметического стеарина, марки 4 и 5 — для стеарина.

## 25.7. ПЕРЕЭТЕРИФИКАЦИЯ МАСЕЛ И ЖИРОВ

*Переэтерификация* — один из основных методов модификации молекулярного (триацилглицеринового) состава жирового сырья. При переэтерификации происходит перераспределение ацильных групп в триацилглицеринах жира или масла.



Изменения взаимного положения ацильных групп могут происходить в результате перемещения ацилов внутри триацилглицерина (внутримолекулярная переэтерификация) или при обмене ацильных групп между триацилглицеринами (межмолекулярная переэтерификация). При переэтерификации состав жирных кислот жира не меняется, происходит их статистическое перераспределение в смеси триацилглицеринов, что приводит к изменению физико-химических свойств жировых смесей в результате изменения молекулярного состава. Переэтерификация высокоплавких животных и растительных жиров с жидкими растительными маслами позволяет получить пищевые пластичные жиры с высоким содержанием линолевой кислоты.

Процесс переэтерификации включает в себя следующие операции (рис. 25.32): дозирование, смешивание и подогрев исходной смеси масел и жиров, щелочную нейтрализацию полученной смеси, глубокую сушку рафинированной смеси, смешивание с катализатором и непосредственно процесс переэтерификации. Процесс переэтерификации протекает в течение 0,5...1 ч при температуре 80...90 °С. Расход катализатора 0,9...1,5 кг на 1 т жира. В качестве катализаторов используют метилат и этилат натрия. После завершения переэтерификации катализатор дезактивируют. Полученный готовый продукт промывают и сушат.

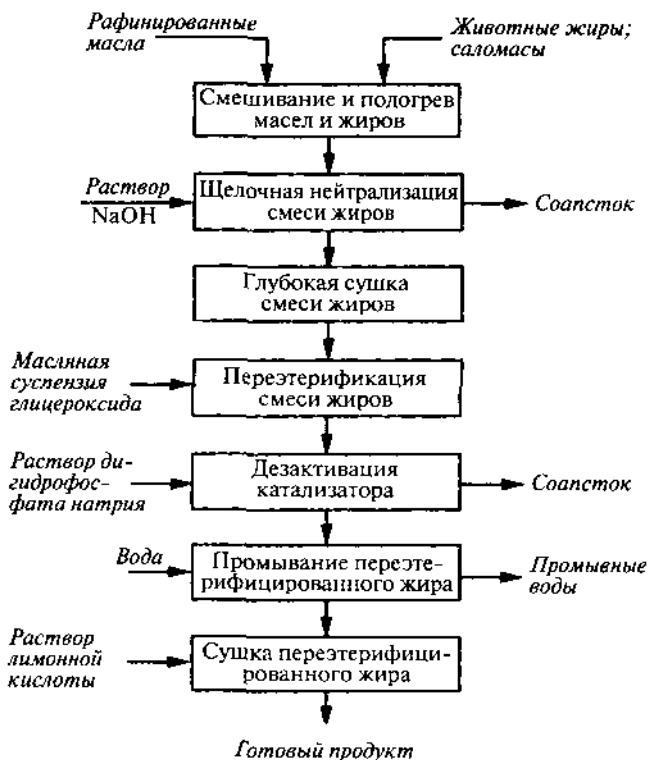


Рис. 25.32. Принципиальная технологическая схема перезэтерификации масел и жиров

Готовые перезэтерифицированные жиры, предназначенные для получения маргариновой продукции, должны иметь следующие показатели: температуру плавления 25...35 °С; твердость при 15 °С 30...130 г/м; содержание твердых триацилглицеринов 6...20 % при 20 °С. Перезэтерифицированные жиры специального назначения применяют в хлебопечении, при производстве аналогов молочного и кондитерского жиров и т. д.

## 25.8. ПОЛУЧЕНИЕ МАРГАРИНА

Маргарин представляет собой физико-химическую систему, в которой один из основных компонентов — вода (дисперсная фаза) распределен в другом — масле (дисперсионной среде) в виде мель-

чайших капелек, образуя эмульсию типа «вода в масле». В состав маргарина входят высококачественные пищевые жиры, молоко, соль, сахар, эмульгаторы, красители, ароматизаторы, витамины и другие компоненты. В жировую основу маргарина входят рафинированные дезодорированные растительные масла, животные жиры, пищевые саломасы, а также перезтерифицированные жиры. Для придания маргарину вкуса и аромата сливочного масла в него вводят молоко в натуральном или сквашенном виде. С этой же целью вводят ароматизаторы, а для получения стойкой эмульсии «вода в масле» — эмульгаторы.

Пищевые красители придают маргарину цвет сливочного масла, соль и сахар — полноту вкуса. Кроме того, присутствие соли повышает стойкость маргарина при хранении.

Принципиальная технологическая схема получения маргарина показана на рис. 25.33.



Рис. 25.33. Принципиальная технологическая схема получения маргарина

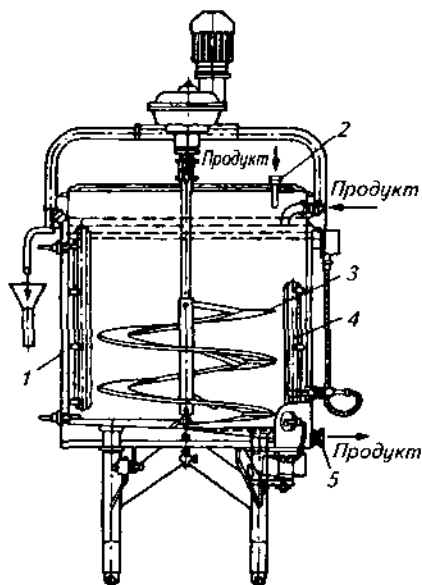


Рис. 25.34. Вертикальный цилиндрический смеситель

В основу получения маргарина входят процессы переохлаждения эмульсии «вода в масле» с одновременной механической обработкой. При приготовлении маргарина непрерывным способом компоненты рецептуры дозируют в основном по массе, хотя существуют способы дозирования компонентов объемным способом с помощью насосов-дозаторов.

Компоненты смешивают в вертикальном цилиндрическом смесителе (рис. 25.34), где происходит также предварительное эмульгирование. Внутри смесителя установлена винтовая мешалка 3, которая работает с частотой вращения  $59,5 \text{ мин}^{-1}$ . К корпусу смесителя прикреплены отбойники 4, которые не позволяют смеси закручиваться по ходу вращения мешалки. Смеситель снабжен водяной рубашкой 1. Продукт поступает через штуцер 2 и выходит через спускной патрубок 5.

На предприятии устанавливают два попеременно работающих аппарата. Грубая эмульсия из смесителя направляется в эмульсатор центробежного типа, основными рабочими органами которого являются два вращающихся и два неподвижных диска, в пространство между ними и поступает эмульсия. Диски вращаются со скоростью  $1450 \text{ мин}^{-1}$ , обеспечивая интенсивное диспергирование эмульсии до размера частиц диаметром  $6 \dots 15 \text{ мкм}$ .

После эмульсатора маргаиновая эмульсия, пройдя через уравнительный бак, насосом высокого давления перекачивается в переохладитель (рис. 25.35), который является одним из основных аппаратов, обеспечивающих тонкое эмульгирование, охлаждение и механическую обработку эмульсии для получения маргаиновой продукции. Переохладитель состоит из нескольких одинаковых цилиндров-теплообменников 1, работающих последовательно.

Блок цилиндров трехсекционного переохладителя установлен в верхней части аппарата, каждый из цилиндров представляет собой теплообменник 7 типа «труба в трубе» с теплоизолирующей 6. Первая внутренняя труба является рабочей камерой 5, в которой расположен полый вал 4, куда подается горячая вода для предотвращения налипания маргаиновой эмульсии. На валу закреплены двенад-



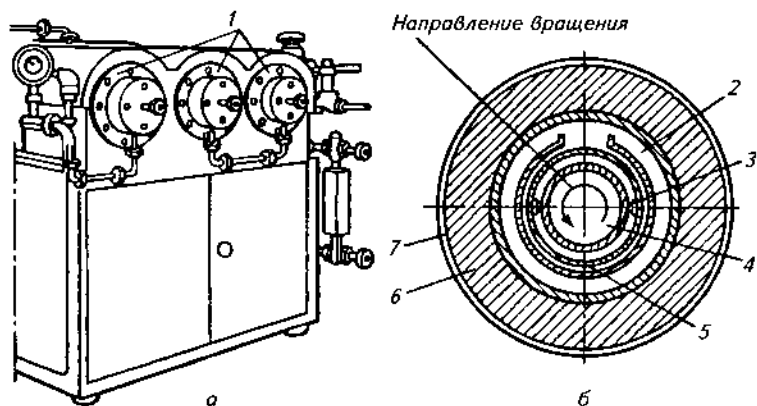


Рис. 25.35. Переохладитель:

*а* — общий вид, *б* — схема цилиндра переохладителя в разрезе

цать ножей 3, вал вращается с частотой  $500 \text{ мин}^{-1}$ . Пространство между второй и первой трубами занимает испарительная камера 2 для охлаждения агента — аммиака, который подается по системе трубопроводов. Маргариновая эмульсия, охлаждаясь, кристаллизуется на поверхности внутренней трубы и снимается затем ножами. Температура эмульсии на выходе из третьего цилиндра  $12...13^\circ\text{C}$ .

Затем эмульсия поступает в кристаллизатор (рис. 25.36), где приобретает необходимую кристаллическую структуру, твердость,

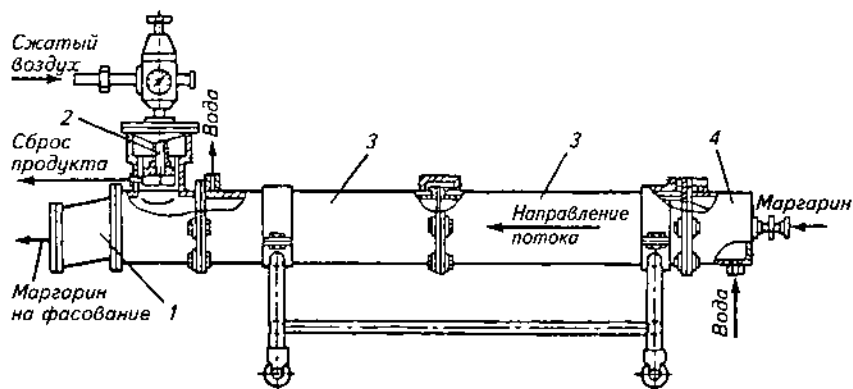


Рис. 25.36. Кристаллизатор

однородность и пластичность, необходимые для фасования маргарина. Основным узлами кристаллизатора являются фильтр-гомогенизатор и три секции — коническая 4 и две цилиндрические 3, в которых маргарин медленно движется к конической насадке 1 и затем в фасовочный автомат. Компенсирующее устройство 2 обеспечивает прерывистую подачу маргарина на фасование. Температура маргарина при этом повышается до 16...20 °С за счет теплоты кристаллизации.

При охлаждении маргаиновой эмульсии происходят сложные процессы кристаллизации и рекристаллизации триацилглицеринов — жировой основы маргарина, определяя важнейшие качественные показатели готовой продукции — консистенцию, пластичность и температуру плавления.

Качество готового маргарина должно соответствовать ГОСТ 240—91 «Маргарин. Технические условия». По физико-химическим показателям маргарин должен содержать не менее 82 % жира. В настоящее время масложировая промышленность выпускает также маргарин с низким содержанием жира (50...70 %). Содержание влаги и летучих веществ в различных маргаринах составляет 16...17 %, температура плавления жира, выделенного из маргарина, — от 27 до 36 °С в зависимости от назначения маргарина.

Кроме маргарина промышленность выпускает кондитерские и кулинарные жиры, жиры для пищевых концентратов, хлебобулочных изделий, а также майонезы.

Кулинарные и кондитерские жиры, жиры для пищевых концентратов и хлебобулочных изделий в отличие от маргарина практически не содержат воды.

Майонез представляет собой высокодисперсную эмульсию дезодорированного растительного масла, по внешнему виду и консистенции напоминающую сметану.

Физико-химические показатели кулинарных и кондитерских жиров должны соответствовать требованиям ТУ.

#### *Контрольные вопросы*

1. Какие основные виды сырья применяют для производства масел и жиров?
2. Каковы особенности химического состава ацилглицеринов?
3. Какова пищевая ценность масел и жиров?
4. Какие основные приемы подготовки масляного сырья к извлечению масла вы знаете?
5. Какие существуют методы извлечения масла?
6. Какие методы рафинации масел вы знаете?
7. Как протекает процесс гидрогенизации масел и жиров?
8. Каковы особенности и основные этапы технологии получения маргаино-вой продукции?

## Глава 26

# ТЕХНОЛОГИЯ СОЛОДА

Солодом называют зерно злаков, пророщенное в искусственно созданных условиях при определенной температуре и влажности.

Цель процесса солодоращения — максимальное (или заданное) накопление в зерне активных ферментов, главным образом гидролитического действия.

В спиртовом производстве используют солод из ячменя, ржи, пшеницы, овса и проса, который применяют для осахаривания крахмала — основного сырья для производства этанола.

При производстве пива используют ячменный солод, который одновременно является осахаривающим материалом и основным сырьем.

В производстве хлебного кваса применяют солод из ржи.

Принципиальная технологическая схема производства солода различного назначения представлена на рис. 26.1.

### 26.1. ОЧИСТКА И СОРТИРОВАНИЕ ЗЕРНА

Наличие примесей в зерне, а также поврежденных зерен, поверхность которых является благоприятной средой для развития микроорганизмов, способствует снижению качества солода. Поэтому зерно, предназначенное для приготовления солода, дважды тщательно очищают: первый раз при приемке зерна, вторично — при поступлении зерна в производство.

Первичную очистку зерна проводят на воздушно-ситовом сепараторе (рис. 26.2), представляющем собой камеру 1, в которой размещены три сита с круглыми отверстиями. На верхнем (приемном) сите 5 (диаметр отверстий 10...20 мм) задерживаются наиболее крупные примеси: колосья, камешки, комья земли, на втором сите 4 (диаметр отверстий 6...10 мм) собираются остальные примеси, размер которых несколько больше размера зерна. Наибольшее количество зерен собирается на третьем сите 3 с диаметром отверстий 1,5...2 мм, а примеси, меньшие по толщине, проходят сквозь него. При входе и на выходе из сепаратора зерно попадает в струю воздуха, создаваемую вентиляторами. По мере накопления легких примесей (пыль, солома, шелуха) под действием силы тяжести открываются клапаны осадительной камеры 2 и примеси удаляются. Очищенный ячмень направляют на хранение.

Перед поступлением в производство ячмень подвергают вторичной очистке на магнитном и воздушно-ситовом сепараторах, триере. В воздушно-ситовом сепараторе ячмень очищается от крупных, мелких и легких примесей, в магнитном сепараторе удаляются металлические частицы, а на триере — примеси, отличающиеся от зерна по длине. Окончательно очищенное зерно подвергают сортированию на фракции по величине зерна, так как солод более высо-

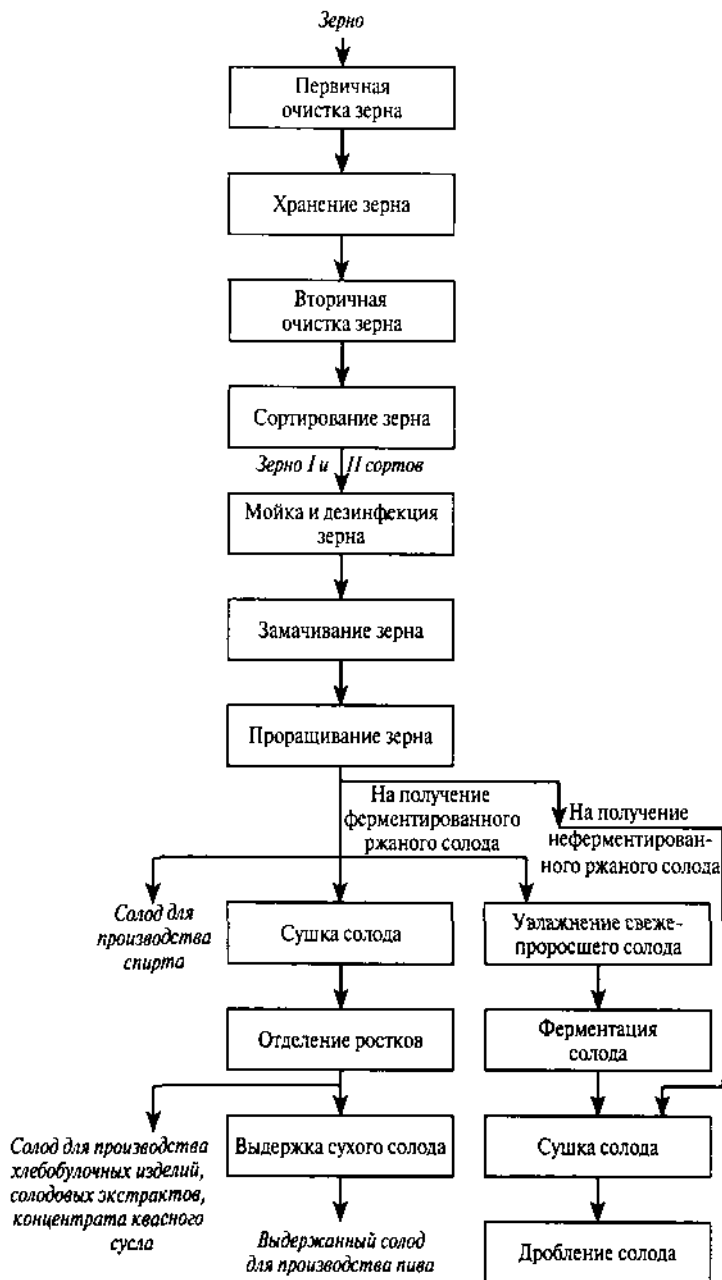


Рис. 26.1. Принципиальная технологическая схема производства различных видов солодов

кого качества получается из одинаковых по размерам зерен. Это обусловлено тем, что зерна одинаковой величины равномерно замачиваются и прорастают, мелкие зерна замачиваются быстрее, крупные — медленнее.

Общая схема движения зерна при приемке и очистке приведена на рис. 26.3. Зерно из приемного бункера 4 норийей 5 подается на магнитный сепаратор 6, проходит через автоматические весы 7 и подается сначала в устройство для удаления остей 8, а затем в воздушно-ситовой сепаратор 9, взвешивается на автоматических весах 10 и шнеками 12 направляется в силосы 13. Зерновые отходы поступают в сборник 11. При поступлении зерна влажностью более 15,5 % его после сепараторов 6 и 9 направляют в бункер влажного зерна 1, зерносушилку 2, а затем в бункер сухого зерна 3.

При повторной очистке и сортировании зерно из силосов 13 шнеком 14 подается на магнитный сепаратор 15, воздушно-ситовой сепаратор вторичной очистки 16, триер 17, сортирующую машину 18, бункера 19—21 для зерна I, II сортов и зерновых отходов.

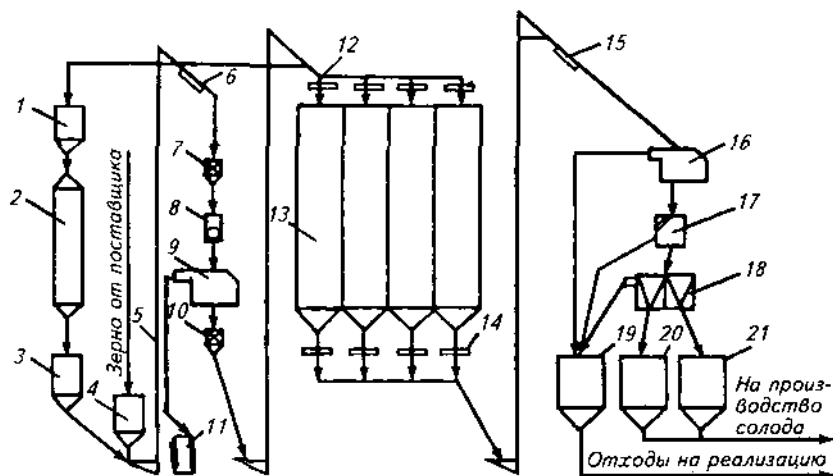
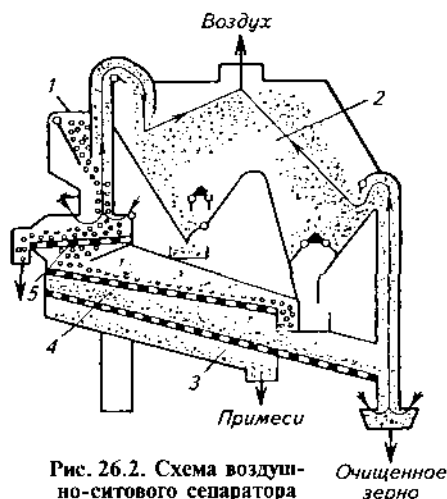


Рис. 26.3. Схема очистки, сортирования и хранения зерна

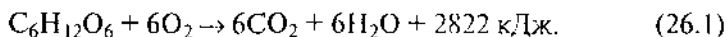
## 26.2. ЗАМАЧИВАНИЕ ЗЕРНА

Воздушно-сухое зерно влажностью 13...15 % находится в состоянии относительного покоя и не прорастает. Необходимая для прорастания влажность зерна (40...47 %) достигается замачиванием его в воде или орошением водой. Поглощаемую зерном при замачивании воду называют *вегетационной*, т. е. необходимой для проявления жизнедеятельности (прорастания), в отличие от *конституционной* влаги воздушно-сухого зерна. Кроме основной цели — повышения влажности зерна при замачивании преследуют и второстепенные цели: отделение остатков примесей и дезинфекцию зерна.

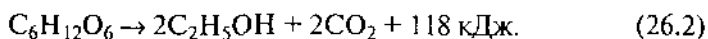
В зерне, погруженном в воду, создается разность концентраций воды внутри и снаружи зерна, что обуславливает проникновение воды внутрь зерна через плодую и семенную оболочки. При замачивании пленчатых культур (например, ячмень, овес) наличие пленки (цветочная пленка) препятствует проникновению воды. В таком зерне вода диффундирует внутрь через зародыш, не покрытый цветочной оболочкой. Впоследствии цветочная оболочка становится проницаемой для воды. Вследствие проникновения воды в зерно и набухания высокомолекулярных соединений зерна (см. главу 9) объем зерна при замачивании увеличивается примерно на 45 %. Вода распределяется в зерне неравномерно. Наибольшее количество содержится в зародыше и поверхностном слое, значительно меньше в середине зерна. В начале замачивания зерно поглощает воду с наибольшей скоростью, а затем скорость снижается.

Замачивание приводит к значительным изменениям в зародыше. Зародыш сначала поглощает растворимые и усвояемые вещества из замочной воды, в которую переходят из зерна, главным образом из оболочки, сахара, азотистые, минеральные и другие вещества. В результате в щитке активизируются ферменты, которые диффундируют в эндосперм, катализируя гидролиз резервных веществ (крахмала, белков), и превращают их в растворимые вещества (пептиды, аминокислоты, сахара). Образовавшиеся водорастворимые вещества диффундируют в зародыш и расходятся там на дыхание и синтез новых высокомолекулярных соединений в тканях корешков и зародышевого листка. Начинается прорастание зерна. Таким образом, вегетационная вода обеспечивает растворение питательных веществ и переход ферментов в активное состояние.

Рост зародыша сопровождается усилением интенсивности дыхания. При достаточном поступлении воздуха в процессе замачивания происходит аэробное дыхание:



При недостатке воздуха наступит анаэробное дыхание зерна:



Анаэробное дыхание с неполным окислением углеводов приводит к накоплению карбоновых кислот и альдегидов.

Вещества, образующиеся при анаэробном дыхании, тормозят развитие зародышевого листка и корешков, угнетают жизненные процессы в зерне. Поэтому замачивание ведут с искусственной аэрацией зерна в замочном чане, что обеспечивает аэробное дыхание зерна и удаление  $\text{CO}_2$ .

На скорость замачивания влияют температура и солевой состав воды, культура зерна, величина зерна, климатические условия и способы выращивания.

Повышение температуры воды ускоряет процесс замачивания, так как возрастает скорость ее диффузии. Кроме этого увеличивается набухаемость коллоидов зерна — белков, крахмала, целлюлозы и гемицеллюлозы.

Солевой состав воды влияет на поглощение воды зерном следующим образом: быстрее всего поглощается щелочная вода, с одинаковой скоростью поглощается мягкая и средней жесткости вода, в жесткой воде ( $\geq 14...15$  мг · экв/дм<sup>3</sup>) замачивание протекает медленно.

Культура зерна также оказывает влияние на скорость замачивания. Беспленчатые культуры (рожь, пшеница) поглощают влагу при замачивании в 1,5...2 раза быстрее, чем пленчатые (ячмень, овес).

Крупные зерна одной и той же культуры поглощают воду медленнее, чем мелкие.

Скорость замачивания зерна, выращенного в сухом жарком климате, меньше, чем зерна, выращенного в умеренном теплом и влажном климате.

Необходимая влажность зерна достигается быстрее при замачивании в непрерывном потоке воды и воздуха, чем при замачивании воздушно-водяным способом, т. е. попеременно в воде и на воздухе.

Замачивание зерна предусматривает предварительную мойку и дезинфекцию зерна, так как после очистки и сортирования оно содержит пыль, легкие примеси и микроорганизмы. На рис. 26.4 представлена схема замачивания, предусматривающая мойку, дезинфекцию и замачивание зерна, а также высушивание сплава — неполноценных зерен и шелухи. Зерно из складских помещений норией 1 через автоматические весы 2 направляется в бункер 3, а затем подвергается мойке и дезинфекции в специальном аппарате 4. Сплав, образующийся при мойке, собирается в бункере 6, проходит через водоотделитель 7, высушивается в сушилке 8, накапливается в бункере 9 и направляется на корм скоту. Применяемые при мойке зерна моющие и дезинфицирующие растворы готовят в емкости 12, а затем зерна насосом 11 подаются в аппарат 4 для мойки и дезинфекции. Подготовленное зерно насосом 5 перекачивается в аппарат для замачивания 10, который представляет со-

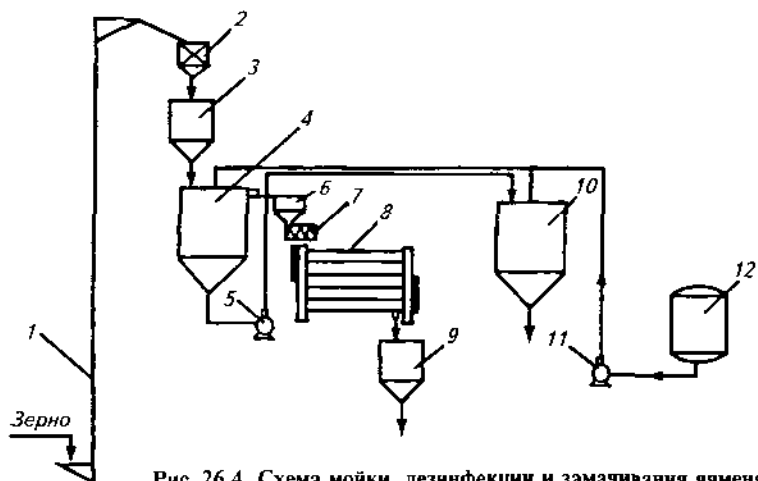


Рис. 26.4. Схема мойки, дезинфекции и замачивания ячменя

бой открытый стальной чан (рис. 26.5) цилиндрической формы с коническим дном. Внутри чана установлена вертикальная труба 3, через которую подается сжатый воздух для перемешивания зерна при мойке. На верху трубы закреплен колпак-отражатель или сегнерово колесо 4. На поверхности конического дна расположены кольцевые барботерные трубки 2, к которым с помощью труб 5 подведен сжатый воздух. На дне чана имеется решетка 1 для задержания зерна при сливе воды и отверстие для выгрузки зерна.

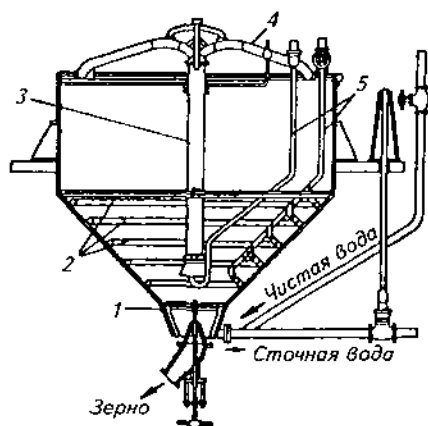


Рис. 26.5. Аппарат для замачивания зерна

При подаче сжатого воздуха в центральной трубе 3 образуется смесь воды, зерна и пузырьков воздуха, которая имеет меньшую плотность, чем смесь воды и зерна, окружающая трубу, что приводит к подъему смеси вверх и выходу ее через сегнерово колесо, которое, вращаясь равномерно, распределяет перекачиваемое зерно по периферии чана.

**Способы замачивания зерна.** Как уже указывалось, перед замачиванием зерно подвергают мойке и дезинфекции. В качестве моющих и дезинфицирующих средств применяют щелочные (негашеная известь, гидроксид натрия, или каусти-



ческая сода) и кислые (хлорная известь, пероксид водорода, перманганат калия) растворы.

Мойку и дезинфекцию зерна проводят в аппаратах для мойки или замачивания, предварительно заполняя 1/3 их объема водой, затем подают очищенное, отсортированное и взвешенное зерно и аппарат закупают водой так, чтобы ее уровень был выше зерна; смесь перемешивают воздухом или другими средствами и оставляют в покое на 1...1,5 ч, после чего снимают сплав, удаляют воду, набирают новую, вносят дезинфицирующий раствор, перемешивают, оставляют в покое на 2...3 ч, а затем спускают воду из аппарата.

Далее проводят замачивание зерна при температуре 10...17 °С.

Применяют следующие способы замачивания зерна: воздушно-водяной, в непрерывном потоке воды и воздуха, оросительное, воздушно-оросительное и пневматическое.

**Воздушно-водяной способ замачивания.** Зерно при этом способе замачивания находится то в воде, то на воздухе. После удаления сплава (всплывшие на поверхность шуплые и мелкие зерна и различные примеси) и мойки зерна его выдерживают поочередно в воде (4...6 ч) и на воздухе (2...3 ч) несколько раз. Каждый час в течение 3...5 мин через зерно, находящееся в воде или на воздухе, продувают воздух для вытеснения диоксида углерода. Во вторую замочную воду температурой 10...15 °С для дезинфекции зерна добавляют антисептик. В спиртовом производстве ячмень замачивают до влажности 38...40 % в течение 20 ч, в пивоварении — до влажности 43...47 % в течение 48...72 ч.

При воздушно-водяном способе замачивания растворенный в воде кислород по истечении примерно 15...20 мин замачивания полностью потребляется зерном, в итоге может наступить анаэробное дыхание. Периодическое продувание воздуха только частично может решить проблему. Поэтому наибольшее распространение получили способы замачивания, исключая анаэробное дыхание зерна.

**Замачивание в непрерывном потоке воды и воздуха.** После снятия сплава и мойки зерна в аппарат непрерывно снизу через барботер подается вода, предварительно насыщенная воздухом в таком количестве, чтобы на поверхности воды над зерном были видны непрерывно выделяющиеся пузырьки воздуха. При этом способе не требуется дезинфекция зерна, сокращается длительность замачивания до 36...72 ч и проращивания — до 6 сут вместо 7...8 сут.

**Оросительное замачивание.** После мойки и дезинфекции зерно выдерживают под водой в течение 6...8 ч, затем воду сливают и направляют в сегнерово колесо. Вода, просачиваясь через зерно, увлажняет его, доставляет свежий воздух и удаляет диоксид углерода. Таким образом осуществляется непрерывная аэрация зерна, необходимая для нормального дыхания и прорастания.

**Воздушно-оросительное замачивание.** Этот способ предусматривает периодическое чередование орошения зерна водой и азрирование, тем самым обеспечивая постоянные аэробные условия для дыхания зерна. После снятия сплава, мойки и дезинфекции зерно оставляют в воде на 6 ч. Затем воду сливают, зерно орошают водой с помощью сегнера колеса и периодически сверху вниз вентилятором пропускают воздух через зерно. Орошение с периодическим азрированием проводят в течение 18...20 ч, а затем зерно оставляют под водой на 2...4 ч. После этого вновь проводят орошение с азрированием в течение 10...12 ч и вновь зерно выдерживают под водой 2...4 ч. Такой режим повторяют до получения необходимой влажности зерна.

Зерно можно замачивать воздушно-оросительным способом также в ящичных солодовнях с последующим проращиванием. Для этого вымытое и продезинфицированное зерно выгружают в ящик, выравнивают его солодворошителем, а затем ворошат каждые 4...5 ч, одновременно орошая зерно водой. После каждого орошения продувают зерно кондиционированным воздухом. Такое замачивание ускоряет процесс на 1,5...2 сут и позволяет сократить расход воды до 6...8 м<sup>3</sup> на 1 т зерна.

**Пневматическое замачивание** (с продолжительными воздушными паузами). Этот способ основан на трехкратном замачивании зерна с продолжительными воздушными паузами.

При первом замачивании, которое длится около 6 ч, воду поглощают зародыш и шиток, что способствует значительному росту активности ферментов, особенно амилаз, и появлению корешков в период азрации, что, в свою очередь, приводит к резкому возрастанию скорости поглощения воды зерном.

При втором замачивании влажность повышается до 38 % за счет накопления влаги в алейроновом слое и эндосперме.

При третьем замачивании влажность зерна достигает 42...43 %, что способствует активному синтезу ферментов.

Длительные воздушные паузы (воздушное или пневматическое замачивание) обуславливают равномерное распределение влаги в зерне и хорошее проращивание.

Такой способ позволяет проводить замачивание зерна за 36...54 ч.

**Перезамачивание.** Этот способ является разновидностью пневматического и предусматривает замачивание зерна на первых этапах до влажности 38...44 %, затем проращивание в течение суток и повторное замачивание (перезамачивание) в течение 2...3 сут до влажности 48 %.

Считается, что способ перезамачивания позволяет снизить потери сухих веществ при проращивании, сократить продолжительность проращивания от 1 до 5 сут.

### 26.3. ПРОРАЩИВАНИЕ ЗЕРНА

По достижении при замачивании необходимой степени увлажнения зерна его подвергают солодоращению, т. е. искусственному проращиванию в определенных условиях. Ферменты зерна, активизируясь, участвуют в растворении мучнистого тела зерна.

При проращивании в зерне происходят морфологические, цитологические и биохимические изменения.

**Морфологические и цитологические изменения зерна при проращивании.** При проращивании в зерне начинает проклевываться корешок, длина которого постепенно увеличивается. Одновременно растет и зародышевый листок, невидимый в первые дни проращивания, так как находится под мякиной оболочкой. Рожь и пшеница не имеют мякинной оболочки, и у них зародышевый листок пробивается наружу сразу у края щитка. Обычно длина корешков в 1,5...2 раза больше длины зерна, а длина зародышевого листка составляет 3/4 длины зерна.

В зависимости от условий проращивания (влажность, температура, содержание кислорода, частота и продолжительность ворошения и т. д.) зародышевые корешки имеют различный внешний вид. При неблагоприятных условиях корешки тонкие и вытянутые, при благоприятных — крепкие и загнутые. Такие изменения зерна называются *морфологическими*. Наряду с ними происходят и *цитологические* изменения — нарушение клеточной структуры или растворение эндосперма. Стенки клеток эндосперма, состоящие в основном из полисахаридов II порядка и белков, подвергаются гидролизу под действием образующихся во время прорастания ферментов (цитолитических, протеолитических, пектолитических), что приводит к разрушению стенок клеток, т. е. происходит их растворение или разрыхление. В результате эндосперм становится рассычато-мягким и легко растирается между пальцами.

**Биохимические изменения зерна при проращивании.** Значительная часть ферментов находится в зерне злаков в неактивном состоянии, а в процессе проращивания они переходят в свободное, активное состояние, а также синтезируются новые.

Поэтому в прорастающем зерне происходит накопление ферментов и возрастание их активности. Наибольшее значение имеют ферменты гидролитического действия:  $\alpha$ - и  $\beta$ -амилазы, расщепляющие крахмал;  $\alpha$ -глюкозидаза, расщепляющая мальтозу; цитаза, расщепляющая гемицеллюлозу и целлюлозу; предельная декстриназа, расщепляющая высокомолекулярные декстрины; пептидазы, расщепляющие белки до полипептидов, пептидов (эндопептидазы) и аминокислот (экзопептидазы); липазы, расщепляющие жиры, и др. Под действием ферментов в прорастающем зерне происходят существенные изменения. Так, запасные вещества эндосперма (крахмал, белок, гемицеллюлоза и др.) подвергаются гидро-

лизу, и часть образующихся низкомолекулярных (растворимых) соединений диффундирует через циток в зародыш и расходуется на синтез новых веществ, а часть — на дыхание зерна.

Значительное повышение активности ферментов в прорастающем зерне обуславливает изменение химического состава зерна. Наблюдается увеличение содержания моно- и олигосахаридов, аминокислот, полифенольных соединений, органических кислот и уменьшение содержания высокомолекулярных соединений, азотистых веществ, липидов, фосфатов и др., подвергающихся расщеплению, расходованию на дыхание, использованию зародышем и связанное с переходом в замочную воду.

Процесс прорастания зерна сопровождается интенсивным дыханием [см. формулу (26.1)]. В результате выделения теплоты повышается температура прорастающего зерна и тем самым интенсифицируется дыхание и образование ферментов, что влечет за собой рост потерь углеводов. Процесс дыхания стимулируется притоком воздуха, однако выделяющийся при дыхании диоксид углерода замедляет и может полностью приостановить его. В зависимости от степени аэрации кроме диоксида углерода всегда образуется некоторое количество продуктов неполного окисления сахаров и продуктов их взаимодействия — альдегидов, этанола, эфиров, органических кислот (щавелевой, лимонной, яблочной, молочной, янтарной, муравьиной, уксусной). Эти вещества придают ячменному солоду специфический приятный запах.

На процесс проращивания зерна влияет ряд факторов: влажность зерна, температура, степень аэрации и продолжительность.

По современной технологии проращивание зерна для светлого и темного солодов проводят при высокой влажности (45...48 %), поддерживаемой в течение 2...4 сут путем орошения зерна водой. Это улучшает степень растворения солода, увеличивает активность  $\alpha$ - и  $\beta$ -амилаз.

Предпочтительнее проращивать зерно при температуре 13...18 °С, так как именно в этом диапазоне температур обеспечиваются высокая экстрактивность, амилолитическая и протеолитическая активность ферментов, более глубокое расщепление белков, снижение потерь сухих веществ.

При температуре ниже 6 °С и выше 30 °С жизнедеятельность зерна прекращается. С целью повышения глубины распада белков температуру проращивания повышают до 20...22 °С. Поэтому для получения светлого солода проращивание ведут при низкой температуре — 13...18 °С, а для темного солода в первые сутки проращивания температуру поддерживают на уровне 15...17 °С, а в последующие сутки повышают до 22...25 °С.

В процессе проращивания рост зародыша, образование и активизация ферментов зависят от соотношения кислорода и диоксида углерода в зерновой массе. Поэтому в начале проращивания для создания аэробных условий зерно интенсивно аэрируют кон-

диционированным воздухом, а на 4...5-е сутки ограничивают аэрирование, что приводит к сокращению потерь сухих веществ на дыхание, торможению и прекращению роста корешков и ростка, в то же время накопившиеся к этому моменту ферменты продолжают действовать.

Продолжительность проращивания зависит от сорта и почвенно-климатических условий выращивания зерна, а также от типа солода и способа его рашения.

Светлый солод получают в течение 6...7 сут проращивания при обязательном регулировании влажности, температуры и степени аэрации, а темный солод — за 9 сут.

Для уменьшения продолжительности проращивания и потерь сухих веществ в производстве солода применяют активаторы и ингибиторы роста зерна. С целью стимулирования прорастания зерна используют активаторы, наибольшее значение из которых имеет гиббереллиновая кислота (ГК), а также молочная, феруловая и индолилуксусная кислоты, диаммонийфосфат (ДАФ) и др. При использовании активаторов на стадии замачивания и проращивания возможно сокращение продолжительности солодоращения на 1 сут и увеличение экстрактивности солода на 1,0...1,3 %.

В связи с тем что действие активаторов способствует более быстрому накоплению ферментов, что, в свою очередь, обуславливает чрезмерное расщепление составных веществ зерна, которое приводит к большим потерям сухих веществ при проращивании, часто наряду с активаторами используют ингибиторы (вещества, ограничивающие рост корешков и действие ферментов). Ингибиторы используют чаще всего вместе с активаторами, что позволяет путем варьирования расхода веществ обеих групп управлять солодоращением.

В качестве ингибиторов применяют бромид и бромат калия, хлориды кальция и натрия и др.

**Способы проращивания.** В настоящее время для проращивания зерна используют токовый, пневматический и статический способы.

**Токовый способ** осуществляется в токовых солодовнях, помещениях с гладким асфальтовым или бетонным полом. Замоченное зерно, уложенное тонким слоем (25...30 см) на продезинфицированный пол, проращивают при 10...12 °С в течение 7...8 сут для получения светлого солода и 9 сут для темного, периодически перелопачивая (ворошение) для подвода воздуха и поддержания требуемой температуры. Способ трудоемок, малопроизводителен и не дает возможности регулировать температуру.

**Пневматическое солодоращение** осуществляется в пневматических солодовнях ящичного или барабанного типа. Способ предусматривает продувание кондиционированного воздуха через прорастающее зерно, что обеспечивает аэрирование, удаление диоксида углерода и регулирование температуры.

Ящичная солодовня состоит из нескольких открытых ящиков прямоугольной формы с внутренним (сетчатым) дном, на котором ведется проращивание, и наружным (цементированным) с небольшим уклоном для стока воды. Над ящиком движется шнековый ворошитель. Кондиционированный воздух подается вентилятором в пространство между наружным и внутренним днищами. Количество ящиков должно соответствовать количеству суток проращивания. При проращивании подготовленное зерно распределяют в ящиках слоем высотой 0,8...1,2 м, продувают воздухом с соответствующей относительной влажностью ( $\phi \geq 90\%$ ) и температурой. Температура солода в ящике должна поддерживаться на уровне 12...16 °С. Для улучшения проращивания 2 раза в сутки зерно ворошат, перемещая из одного конца ящика в другой.

Разновидностью ящичной солодовни является солодовня с передвижной грядкой, представляющая собой длинный ящик (рис. 26.6), в котором подситовое пространство разделено перегородками на 8...16 отделений, в каждое из которых поступает кондиционированный воздух.

Замоченное зерно из чана 1 выгружают на ситчатое дно двух первых отделений. Через каждые 12 ч ворошитель 3 (подвижная каретка с ковшовым конвейером) движется вдоль ящика, зачерпывает солод и пересыпает его на ситчатое дно следующего свободного отсека 2. Через 7...8 сут зерно, прошедшее вдоль всего ящика, превращается в свежепросошенный солод, выгружается ворошителем в шнековую камеру 4 и удаляется. К преимуществам такой солодовни по сравнению с ящичной относится более простое устройство ворошителя и низкие капитальные затраты на строительство. Однако в такой солодовне трудно регулировать процесс солодоращения в отдельных секциях из-за общей камеры кондиционирования, кроме того, ковшовый ворошитель травмирует солод и возможно смешивание зерна различной степени прорастания.

Солодовни барабанного типа бывают закрытого и открытого типа. Наибольшее распространение получили закрытые барабаны двух видов: с плоским ситом и с ситчатыми трубами.

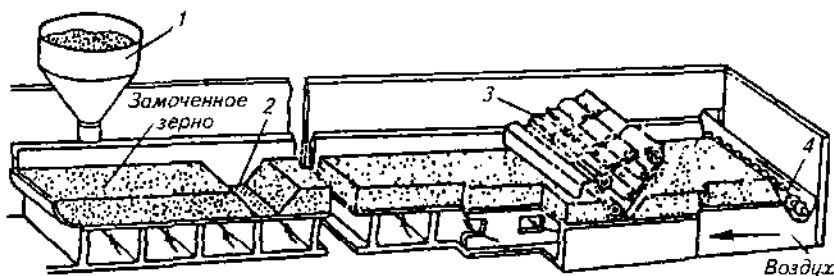


Рис. 26.6. Пневматическая солодовня с передвижной грядкой

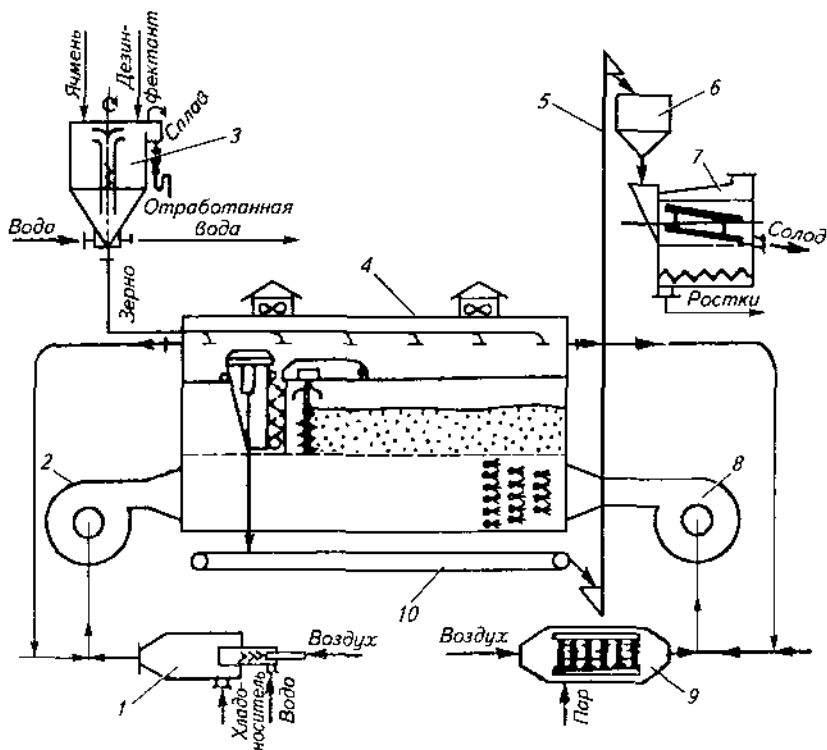


Рис. 26.7. Аппаратурно-технологическая схема производства солода в статической солодовне

Барaban с плоским ситом представляет собой цилиндр, внутри которого находится горизонтальная плоская решетка, а барабан с ситчатыми трубами — стальной цилиндр, в центре которого и по периферии расположены ситчатые трубы. Пространство между ними заполняют замоченным зерном. Прорастиваемое зерно перемешивают вращением барабана (один оборот за 45...60 мин). Кондиционированный воздух, подаваемый через периферийные ситчатые трубы, проходит через слой зерна, поступает в центральную ситчатую трубу и удаляется. Продувание воздухом производят периодически. Зерно загружают, а готовый солод выгружают через люки, расположенные на боковой поверхности барабана.

При статическом солодоращении замачивание, прорастивание зерна и сушка солода осуществляются в одном аппарате (рис. 26.7).

Сначала зерно направляют на мойку и дезинфекцию в моечный аппарат 3, снимают сплав, непрерывно подавая воду снизу вверх. Затем вводят дезинфицирующий раствор и выдерживают в нем зер-

но для обеззараживания. Потом раствор сливают, зерно промывают водой и выдерживают в течение 6...8 ч в свежей воде, а затем водно-зерновую смесь насосом перекачивают в солодорастильный аппарат 4. Шнековый ворошитель равномерно распределяет его по ситам. Периодически зерно орошают водой и продувают кондиционированным воздухом с помощью кондиционера и оросительного устройства 1. Продолжительность замачивания около 42 ч. Затем зерно проращивают, периодически подавая кондиционированный воздух влажностью 85...98 % и температурой 14...18 °С вентилятором 2 и поддерживая температуру зерна на уровне 14...18 °С.

Сушку солода проводят в пять стадий с постоянным повышением температуры сушильного агента. Горячий воздух из теплогенератора 9 вентилятором 8 подается снизу вверх в подситовое пространство растильного аппарата. Режим сушки зависит от качества свежепроросшего солода. Продолжительность сушки светлого солода составляет 24...36 ч. По окончании сушки солод охлаждают до 40...50 °С, продувая воздух через слой горячего солода. Охлажденный солод выгружают на транспортер 10, норией 5 подают сначала в бункер 6, а затем в машину 7 для отбивания ростков.

Статическое солодоращение позволяет уменьшить транспортные операции, сократить технологический цикл и металлоемкость оборудования, снизить потери солода и удельный расход воды. Однако при этом сложно регулировать технологический процесс.

## 26.4. СУШКА СОЛОДА

В производстве пива зеленый солод не применяют, так как в нем отсутствуют необходимые вкусовые, ароматические и красящие вещества. Кроме того, ростки придают пиву неприятный горький вкус. Полное удаление ростков возможно только после сушки, когда они приобретают хрупкость. При сушке в солоде образуются вкусовые, ароматические и красящие вещества, придающие пиву характерный вкус и аромат. Необходимость сушки солода вызвана также высокой влажностью солода, из-за чего при хранении он быстро разлагается и портится, а высушенный может храниться длительное время.

Сушка солода представляет собой сочетание ряда сложных процессов тепло- и массообмена, физиологических, биохимических и химических превращений.

**Фазы сушки.** Процесс сушки солода принято условно разделять на три фазы: физиологическую, ферментативную и химическую.

В физиологической фазе сушки температура солода повышается до 45 °С, а влажность снижается до 30 %. В этот период продолжается жизнедеятельность зерна: увеличиваются размеры зародышевого листка и корешков; идет дыхание зерна; про-



должаются накопление ферментов и гидролитический распад высокомолекулярных соединений до низкомолекулярных.

В ферментативной фазе сушки температура солода повышается с 45 до 70 °С, а влажность снижается до 10 %. В этот период затухает жизнедеятельность зерна, прекращаются рост и дыхание. Ферментативные процессы усиливаются при прохождении через зоны оптимальных температур для соответствующих ферментов, что способствует дальнейшему накоплению продуктов распада углеводов и белков, которые являются исходными веществами для меланоидинообразования.

В химической фазе температура солода повышается до 80 °С для светлого солода и до 100...105 °С для темного. Влажность снижается до 2...4 %. В этот период ферментативные процессы прекращаются, ферменты частично инактивируются, происходит образование меланоидинов — продуктов взаимодействия сахаров с аминокислотами. Меланоидины обладают характерным вкусом, ароматом, цветом и являются хорошими пенообразователями.

Солод сушат в сушилках горизонтального или вертикального типа.

В горизонтальных сушилках солод размещают на горизонтально установленных решетках. В зависимости от числа решеток бывают одноярусные, двухъярусные и трехъярусные сушилки. Наибольшее распространение получили горизонтальные двухъярусные сушилки, представляющие собой как бы многоэтажное здание, в котором на нижнем этаже располагается топка. Образующиеся топочные газы поступают на второй этаж, где, проходя по трубам, нагревают воздух, а тот, в свою очередь, поднимается выше, в камеру смешивания и там смешивается с холодным воздухом, достигая температуры, необходимой для сушки. Сушильный воздух проходит через две горизонтальные решетки с солодом, расположенные одна над другой, высушивает солод и удаляется через вытяжную трубу в атмосферу. Солод на верхней решетке высушивается до влажности 10...12 %, а после пересыпания на нижнюю — до 3 %. В зависимости от разновидности двухъярусных сушилок сушильный воздух может готовиться и другими способами, но сущность работы сушилки от этого не меняется.

Принцип работы вертикальной сушилки непрерывного действия состоит в следующем. Солод поступает сверху в вертикальные шахты, по которым он движется вниз, и обдувается воздухом, нагретым в калорифере или газогенераторе. В сушилке предусмотрены по две камеры подвяливания солода и по две загрузочных, сушильных и разгрузочных шахты.

К сушилкам непрерывного действия относятся сушилки карусельного типа, в которых солод сушится во вращающемся бункере с перфорированным днищем-платформой, через которую снизу

вверх подается воздух, нагретый в калорифере. Загрузка свеженрощенного солода и выгрузка сухого солода ведется непрерывно. Процесс сушки осуществляется в противоточном режиме. Такие сушилки имеют ряд достоинств: большая удельная производительность, низкий расход энергии, хорошее качество солода, простота автоматизации и др.

**Режимы сушки солода.** Светлый солод должен обладать хорошей осаживающей способностью, небольшой цветностью и ярко выраженным солодовым ароматом. Для формирования этих свойств сушку солода ведут сначала при относительно низких температурах, а затем температуру повышают. Темный солод должен содержать значительно больше вкусовых, ароматических и красящих веществ, чем светлый. Поэтому при сушке темного солода в ферментативной фазе требуется создать условия для значительного накопления продуктов распада белков (аминокислот) и крахмала (сахаров), а химическую фазу — для энергичного образования меланоидинов — следует проводить при более высокой температуре. При сушке темного солода влагу удаляют медленно, продолжительность сушки и температуру увеличивают. Для светлого солода конечная температура при сушке составляет 78...80 °С, для темного — 100...102 °С.

Как правило, сушку темного солода проводят в три стадии: томление, сушка и поджаривание (отсушка). На первой стадии (томление) влажность солода снижают медленно для обеспечения деятельности гидролитических ферментов и более глубокого расщепления белков и крахмала. На этой стадии влажность солода снижают до 20...25 % в течение 9...10 ч.

Вторая стадия (сушка) продолжается 6...8 ч до влажности солода 6 %, температура солода к концу второй стадии равна 70 °С. Сушку ведут в течение 4...4,5 ч до влажности 2...3 % при повышении температуры солода до 100...102 °С.

Для каждого типа и вида сушилок режим сушки предусматривается технологическими инструкциями.

Сразу же после сушки солод направляют в росткоотбивную машину для отделения ростков, так как они не только придают продукту, например пиву, неприятный горький вкус, но и чрезвычайно гигроскопичны и при их наличии влажность солода быстро возрастает. Отделение ростков проводят, пока они хрупкие и легко обламываются. Затем солод охлаждают, взвешивают и передают на хранение. Свежевысушенный солод в приготовлении пива не используется, так как он не дает требуемого качества помолы и не обладает способностью к полному осаживанию. Поэтому его выдерживают в хранилищах (силосах) не менее 30 сут. При хранении влажность солода увеличивается до 5...6 %. Кроме того, повышается активность амилолитических ферментов вследствие перехода ферментов из связанного в свободное состояние и происходит ряд других процессов, приводящих к повышению качества солода.

## 26.5. ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ СОЛОДА ДЛЯ СПИРТОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

На спиртовых заводах солод применяют для осахаривания крахмала и иногда для дополнительного питания дрожжей.

Солод, используемый в спиртовом производстве, должен полностью осахаривать крахмал и в связи с этим содержать активные  $\alpha$ - и  $\beta$ -амилазы, а также декстриназу. Эти ферменты накапливаются при проращивании зерна различных злаков в неодинаковых соотношениях. Так, группа злаков, включающая ячмень, рожь и пшеницу, дает при проращивании солод с высоким содержанием  $\alpha$ - и  $\beta$ -амилазы, но с низким содержанием декстриназы. Солод из семян второй группы (просо, чумиза) характеризуется низким содержанием  $\beta$ -амилазы, средним —  $\alpha$ -амилазы и высоким — декстриназы. Солод из семян третьей группы (овес) по содержанию ферментов занимает промежуточное положение между первой и второй группами. На спиртовых заводах для более полного осахаривания крахмала применяют смесь солодов из двух или трех групп зерна. Такая смесь содержит достаточное количество необходимых ферментов:  $\alpha$ -амилазы,  $\beta$ -амилазы и декстриназы. Содержание просяного и овсяного солодов в смеси должно составлять не менее 30 %. Ячменный солод можно заменять частично или полностью ржаным или пшеничным, а просяной — солодом из чумизы.

Очищенное и отсортированное зерно замачивают чаще всего воздушно-водяным способом при температуре водно-зерновой смеси 13...15 °С. При первом замачивании снимают сплав (при замачивании овса сплав не снимают). Ячмень, овес и пшеницу замачивают 2...3 раза, рожь — 1...2 раза. При каждом замачивании зерно находится под водой в течение 3...4 ч и без воды — 2...3 ч. При достижении зерном влажности 38...40 % его направляют на проращивание в токовые или пневматические солодовни. В процессе проращивания регулируют температуру так, чтобы в первые двое суток она составляла 19...20 °С, а затем к концу проращивания постепенно снижалась до 13...14 °С. Длительность проращивания ячменя, овса и пшеницы 10...12 сут, ржи — 7...8 сут. Перед ворошением, проводимым не менее одного раза в смену, зерно орошают водой. Конечная влажность ячменного и овсяного солода 44...45 %, ржаного и пшеничного — 40...41 %.

Получение просяного солода имеет свои отличия, так как просо — теплолюбивая культура. Поэтому замачивание проводят при температуре 25...30 °С до достижения влажности 35...38 % при чередовании 6 ч в воде и 4...6 ч выдержки без воды. Общая продолжительность замачивания проса 23...24 ч.

Просо проращивают в течение 5...6 сут, постепенно повышая температуру с 25 до 30...35 °С в первые 12 ч, а затем поддерживая ее на уровне 26...30 °С в течение двух суток и в последующие сутки

на уровне 23...26 °С. Перед ворошением зерно орошают водой. Конечная влажность проросшего солода 40...42 %.

Солод, используемый в спиртовом производстве, не требует сушки, поэтому свежепросошенный (зеленый) солод измельчают на дробилках и смешивают с водой в соотношении 4...5 дм<sup>3</sup> воды на 1 кг солода. Такая смесь, называемая *солодовым молоком*, дополнительно дезинфицируется 40%-м раствором формалина. Качество свежепросощенного солода оценивают по амилолитической (АС), общей осахаривающей (ОСП) и декстринолитической (ДС) активности.

## 26.6. ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ВИДОВ СОЛОДА ДЛЯ ПИВОВАРЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

В пивоваренном производстве в ряде случаев используют специальные виды солода: карамельный, жженный, диафарин и пшеничный.

**Карамельный солод.** Придает пиву ярко выраженный солодовый вкус и аромат. Вырабатывают светлый, средний и темный карамельный солод. Для получения карамельного солода свежепропущенный солод увлажняют до 42...46 % и осахаривают в течение 40...50 мин при температуре 70...75 °С в обжарочном барабане. При этом в солоде накапливается значительное количество сахаров и аминокислот, необходимых для образования меланоидинов. Далее температуру быстро повышают до 120...170 °С, в результате чего происходят меланоидинообразование и дегидратация сахаров. В зависимости от температуры и продолжительности нагревания вырабатывают солод желаемого цвета, вкуса и аромата. Светлый карамельный солод получают при температуре 120 °С за 3 ч; средний — при 130...150 °С за 2,5 ч; темный — при 150...170 °С за 3,5...4 ч.

**Жженный солод.** Применяют для производства темных сортов пива (Портер и др.) для придания характерного цвета и вкуса. Для получения жженого солода сухой светлый солод увлажняют до 12...14 % и осахаривают в обжарочном барабане в течение 30 мин при температуре до 160...170 °С, а затем при температуре до 220 °С в течение 1,5 ч.

**Диафарин.** Солод с высокой ферментативной активностью используют в пивоварении при переработке несоложеного сырья в качестве дополнительного источника амилолитических ферментов. Такой солод получают, замачивая ячмень в воде температурой 10...12 °С в течение 60...72 ч до влажности 43,5...47 %. Проращивание ведут при температуре не выше 15...16 °С в течение 8...9 сут.

Для сохранения активности ферментов диафарин сушат в мягких условиях при интенсивной подаче воздуха температурой 50 °С в течение 5 ч до влажности 4...5 %.

## 26.7. ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ РЖАНОГО (ФЕРМЕНТИРОВАННОГО И НЕФЕРМЕНТИРОВАННОГО) СОЛОДА

Ржаной сухой солод используют в производстве хлебного кваса и концентрата квасного сула. Вырабатывают два вида ржаного солода: ферментированный, используемый в качестве основного сырья для производства кваса, и неферментированный, применяемый в качестве источника ферментов.

Приготовление ржаного ферментированного солода состоит из следующих стадий: очистки и сортирования, мойки и дезинфекции, замачивания и проращивания зерна, ферментации и сушки солода (см. рис. 26.1).

После очистки, сортирования, мойки и дезинфекции рожь замачивают воздушно-водяным способом в непрерывном потоке воды и воздуха или воздушно-оросительным при температуре 13...17 °С до влажности 45...50 % в течение 24...36 ч. Для ускорения процесса замачивания и проращивания применяют активаторы роста — гиббереллин, хлорид кальция и др., которые вносят в последнюю замочную воду. При этом необходимая влажность зерна (~48 %) достигается по истечении 22...24 ч.

При проращивании в зерне ржи протекают те же изменения (морфологические, цитолитические, биохимические и др.), что и при проращивании ячменя. Накапливающиеся при проращивании ржи ферменты проявляют свое действие в основном в последнем периоде проращивания и на стадии ферментации. К концу проращивания активность амилаз ржи возрастает в 4...5 раз, протеолитическая активность — в 2...4 раза. Проращивание ржи осуществляют в пневматической или токовой солодовне. Режим проращивания следующий: при температуре 13...19 °С — 3 сут, а при 20 °С — не более 2 сут. В период проращивания солод увлажняют и подвергают ворошению.

Окончание проращивания определяют по длине проростка (1/2...3/4 длины зерна) и длине корешков, которая в 1,5...2 раза должна превышать длину зерна.

Наиболее эффективно проращивать рожь в барабанных солодовнях, в которых можно регулировать температуру проращивания и свести к минимуму механические повреждения ростков и корешков.

Основной технологической операцией получения ржаного ферментированного солода является ферментация, при которой создаются условия, оптимальные для действия ферментов солода и вызывающие гибель зародыша. В результате при ферментации идут процессы гидролитического распада высокомолекулярных соединений солода при участии ферментов солода и значительно увеличивается содержание сахаров (в 4...5 раз) и аминокислот (в 2...4,5 раза). Накопление этих соединений способствует интенсив-

ному протсканию меланоидинообразования и развитию красно-бурого цвета солода и характерного вкуса и аромата. При ферментации ржаного солода поддерживают необходимые температуру (55...68 °С) и влажность (50...55 %). В зависимости от способа проведения ферментации (в барабане, ящике или на току) продолжительность процесса составляет 4...5 сут.

Сушка ржаного солода сопровождается не только снижением влажности, но и дальнейшим протеканием меланоидинообразования и инактивацией ферментов. Солод сушат в двух- или трехъярусных сушилках до влажности 8 % в течение 24 ч, наивысшая температура сушки 100 °С. Готовый сухой солод выпускают в тонкоизмельченном виде и в целых зернах.

Ржаной неферментированный солод применяют в качестве источника ферментов, поэтому для его получения рожь замачивают, проращивают и сушат.

После очистки и сортировки рожь замачивают воздушно-водяным способом и увлажняют до 45...48 % за 32...36 ч. Проращивание ведут в пневматических солодовнях или на току при 13...16 °С в течение 3,5...4 сут.

Для сохранения высокой ферментативной активности солод сушат при температуре 60...62 °С в течение 24 ч.

У неферментированного ржаного солода после сушки удаляют ростки. После чего солод подвергают размолу.

#### *Контрольные вопросы*

1. Что такое солод?
2. Какие факторы влияют на процесс замачивания зерна?
3. Какие существуют способы замачивания?
4. Какие изменения происходят при проращивании зерна?
5. Какова цель сушки пивоваренного солода?
6. Чем отличается светлый солод от темного?
7. В чем отличия солода для спиртовой промышленности?
8. Где и с какой целью применяется ржаной ферментированный и неферментированный солод?
9. Какие виды специальных солодов вы знаете?

## **Глава 27**

### **ТЕХНОЛОГИЯ ЭТАНОЛА**

Этанол (этиловый спирт, винный спирт) — это бесцветная легкоподвижная жидкость с характерным запахом и жгучим вкусом. Смешивается с водой в любых соотношениях, имеет нейтральную или слабокислую (обусловленную присутствием органических кислот) реакцию. Температура кипения спирта при нормальных условиях 78,3 °С, температура замерзания — минус 117 °С, относительная плотность  $d_4^{20} = 0,78927$ . Спирт очень гигроскопичен, летуч, токсичен для живых организмов.

Этанол в зависимости от сырья, из которого его получают, может быть гидролизный, синтетический, сульфитный и пищевой. Последний вырабатывают из пищевого сырья (зерна, картофеля, мелассы) и используют в пищевой промышленности и медицине. Около 60 % пищевого этанола используется в ликероводочной промышленности в качестве основного сырья и для приготовления спиртованных соков, морсов и синтетических эссенций. В ви-

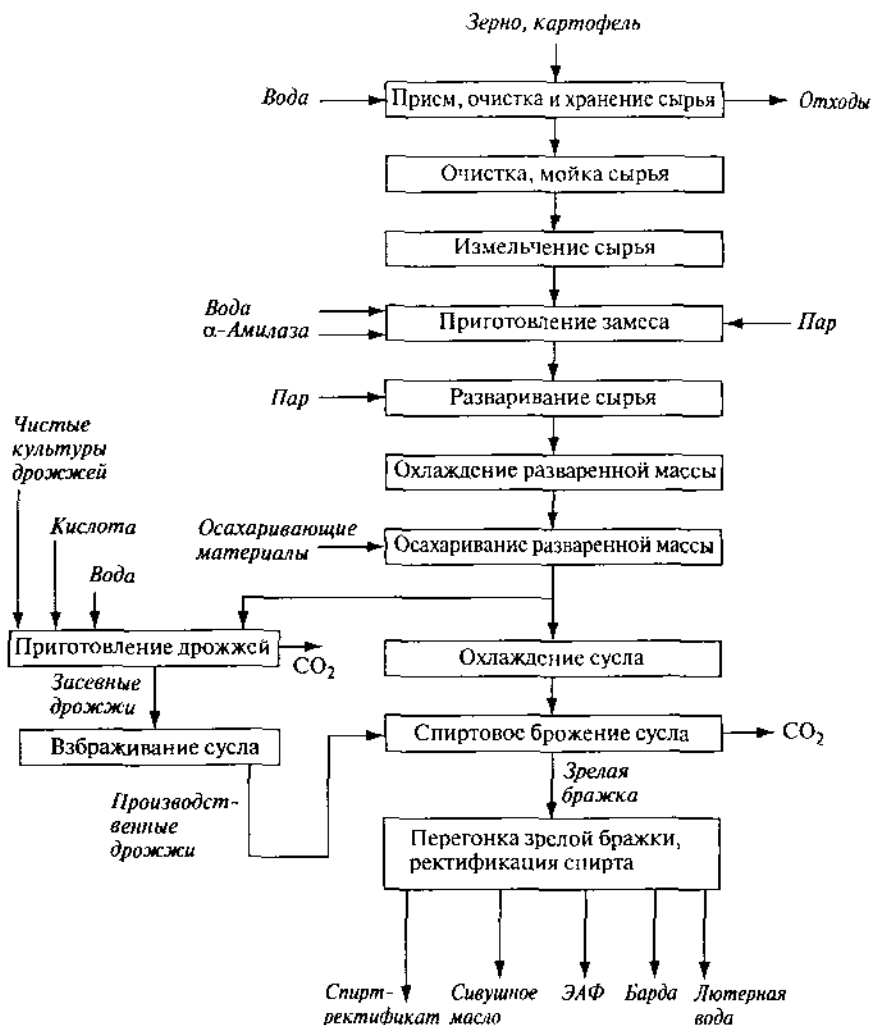


Рис. 27.1. Принципиальная технологическая схема получения этанола

нодельческой промышленности спирт применяют в количестве 30...35 % для прекращения брожения вина на определенной стадии, а также для повышения крепости и стойкости отдельных вин. В небольших количествах спирт используют в консервной, витаминной, микробиологической промышленности и в медицине для приготовления препаратов, лекарств и в качестве дезинфицирующего средства.

В спиртовом производстве из крахмалсодержащего сырья и мелассы вырабатывают спирт-сырец с содержанием этанола не менее 88 об.% и спирт-ректификат 1-го сорта (96 об.%), высшей очистки (96,2 об.%), Базис (96,0 об.%), Экстра (96,5 об.%), Люкс (90,3 об.%) и Альфа (96,3 об.%). Спирт Люкс и Экстра производят только из зерна и картофеля (содержание картофеля в смеси не должно превышать 35 % для спирта Люкс и 60 % для спирта Экстра). Спирт Альфа получают из пшеницы, ржи или из смеси пшеницы и ржи.

Производство спирта из крахмалсодержащего сырья состоит из следующих основных технологических стадий (рис. 27.1): подготовки сырья к переработке; разваривания зерна и картофеля; осахаривания разваренной массы; культивирования дрожжей; сбраживания осахаренного сусла; выделения спирта из бражки и его очистки.

## 27.1. ПОДГОТОВКА СЫРЬЯ

Зерно и картофель — крахмалсодержащее сырье спиртового производства. В спирт перерабатывают любое сырье, в том числе и дефектное, непригодное для продовольственных и кормовых целей. Важной характеристикой сырья спиртового производства является его высокая крахмалистость (суммарное содержание в перерабатываемом сырье крахмала и сахаров).

Из всех видов растительного сырья картофель в наибольшей степени соответствует требованиям спиртового производства. С единицы посевной площади из картофеля получают в 3...4 раза больше крахмала, чем из зерновых культур. Крахмал картофеля быстрее разваривается, образуя подвижное сусло, содержащее в достаточном количестве для питания дрожжей азотистые и фосфорные соединения. К недостаткам картофеля можно отнести плохую сохраняемость из-за высокого содержания влаги в клубнях и большие транспортные расходы при перевозке на дальние расстояния. На спиртовых заводах перерабатывают технические сорта картофеля, высокоурожайные, стойкие к заболеваниям и устойчивые при хранении.

Картофель хранят в буртах и доставляют в производство с помощью гидравлического транспортера, представляющего собой открытый железобетонный желоб, имеющий небольшой уклон в сторону производственного корпуса завода. Расход воды на транспортирование 400...700 % к массе картофеля. При движении кар-



тофеля происходит отделение примесей в соломо- и камнеловушках и отмывание части земли с поверхности клубней.

Примеси, в значительных количествах присутствующие в картофеле, могут вызвать быстрый износ или поломку оборудования, нарушить нормальный ход технологического процесса, поэтому для их отделения технологическим регламентом предусмотрена мойка.

На современных спиртовых заводах устанавливают линии мойки картофеля, укомплектованные различными машинами и устройствами для удаления посторонних примесей. Чистый картофель взвешивают на ковшовых автоматических весах.

Зерновые культуры используют в спиртовом производстве для получения солода и непосредственно для переработки в спирт. Для приготовления солода используют кондиционное высококачественное зерно ячменя, ржи, овса и проса, по качеству удовлетворяющее целому ряду требований (влажность, засоренность, всхожесть, энергия прорастания и др.). Для получения спирта перерабатывают пшеницу, ячмень, рожь, кукурузу, просо, овес и прочие зерновые культуры.

Все виды зерна, поступающего в производство, очищают от пыли, земли, камней и металлопримесей. Для отделения примесей, отличающихся от зерна размерами и аэродинамическими свойствами, применяют воздушно-ситовое сепарирование. Металлопримеси удаляют с помощью магнитных или электромагнитных сепараторов. Примеси, отличающиеся от основной культуры длиной зерна, выделяют на триерах (куколеотборниках или овсюгоотборниках).

При периодическом способе разваривания зерна и картофеля их обрабатывают в целом виде, при непрерывных схемах разваривания сырье предварительно измельчают. Перерабатывая измельченное сырье, можно смягчить режим варки, снизить потери сбраживаемых веществ и увеличить выход спирта.

Картофель измельчают в кашку на молотковых дробилках или картофелетерках. При этом большая часть клеток вскрывается и освождается около 70 % крахмала. Для лучшей текучести кашки к ней добавляют 15...20 % воды. Кашку подваривают до температуры не выше 40 °С, так как из-за клейстеризации свободного крахмала возрастает вязкость и кашка утрачивает текучесть. Использование бактериальной  $\alpha$ -амилазы на стадии подваривания позволяет повысить температуру до 80 °С без увеличения вязкости кашки, полностью использовать вторичный пар и лучше подготовить сырье к развариванию.

Зерновое сырье отличается от картофеля прочностью и влажностью, поэтому его готовят к развариванию иначе.

Зерно измельчают на молотковых дробилках или вальцовых станках. Проход помола через сито с диаметром отверстий 1 мм должен составлять 60...90 %. К измельченному зерну добавляют

280..300 % воды, чтобы обеспечить концентрацию сухих веществ в сусле 16..18 %. Смешивание крупки с водой следует проводить так, чтобы замес был однородным без комков, которые плохо развариваются и снижают выход спирта. На стадии подваривания температура замеса не должна превышать 50 °С, чтобы обеспечить частичное набухание и клейстеризацию с целью смягчения последующего режима разваривания. Полное набухание и клейстеризация могут приводить к ухудшению транспортабельности замеса.

При механико-ферментативном способе подготовки зерна с применением бактериальной  $\alpha$ -амилазы для разжижения набухание, клейстеризацию и растворение крахмала проводят по возможности более полно при постепенном или ступенчатом нагревании зерна от 60 до 85...100 °С в течение 3 ч при непрерывном перемешивании.

## 27.2. РАЗВАРИВАНИЕ КРАХМАЛСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ

Сырье разваривают для разрушения клеточных стенок сырья, освобождения крахмала и перевода его в растворимое состояние, в котором он быстрее и легче осаживается ферментами. Зерно и картофель разваривают паром при избыточном давлении. При тепловой обработке сырья происходит сложный комплекс структурно-механических, химических и физико-химических изменений. В производстве спирта из крахмалистого сырья наиболее важны такие процессы, как набухание, клейстеризация и растворение крахмала. Механически разрушенные крахмальные гранулы атакуются амилазами в несколько раз легче, а клейстеризованный и особенно растворенный крахмал — в десятки и даже сотни раз легче, чем нативный крахмал. При нагревании в воде крахмал набухает и превращается в гель. Крахмальная гранула поглощает воды в 25...30 раз больше своего объема. В определенном температурном интервале (температура клейстеризации) под действием осмотических сил крахмальные гранулы значительно увеличиваются в объеме, ослабевают и разрываются связи между отдельными структурными элементами, нарушается целостность гранул. Вязкость раствора резко возрастает — происходит клейстеризация. При дальнейшем повышении температуры до 90 °С вязкость достигает максимума, а при более высоких температурах (120...130 °С) — резко снижается из-за разрушения трехмерной структуры сетки клейстера.

Процесс разваривания сопровождается увеличением содержания сахаров и декстринов за счет частичного гидролиза крахмала собственными ферментами сырья или под действием естественной кислотности.

Высокая температура на стадии разваривания может привести к снижению количества сбраживаемых сахаров за счет реакции

меланоидинообразования (взаимодействия сахаров с аминокислотами) и термического разложения сахаров (карамелизации) и др. Жесткие режимы разваривания сырья способствуют гидролизу пектиновых веществ с образованием метанола, который трудно отделить от спирта при ректификации.

Белки при разваривании сначала коагулируются и частично денатурируются, а затем при температуре 140...158 °С пенгизируются, при этом в раствор переходит 20...50 % азота, содержащегося в сырье. Жиры в процессе разваривания изменяются незначительно, так как температура 140...158 °С недостаточна для их расщепления. Содержание кислореагирующих соединений при разваривании увеличивается за счет высвобождения фосфорной кислоты из ее неорганических и органических соединений. Кроме того, органические кислоты образуются при распаде сахаров. Чрезмерное повышение кислотности при разваривании нежелательно, так как оно усиливает гидролитические реакции в разваренной массе, а также нежелательно значительное растворение неуглеводных веществ, в результате которого снижается доброкачественность сусла.

На спиртовых заводах РФ применяют различные схемы разваривания сырья. Наибольшее распространение получили непрерывные способы разваривания измельченного крахмалистого сырья по двум схемам. Аппаратурно-технологическая схема непрерывного разваривания зерна и картофеля на установке ВНИИПрБ приведена на рис. 27.2.

Зерно подается из бункера 1, измельчается в молотковых дробилках 2 и в смесителе 3 смешивается с водой температурой 40...50 °С в соотношении (1 : 2,5)...(1 : 3,5). Приготовленный замес

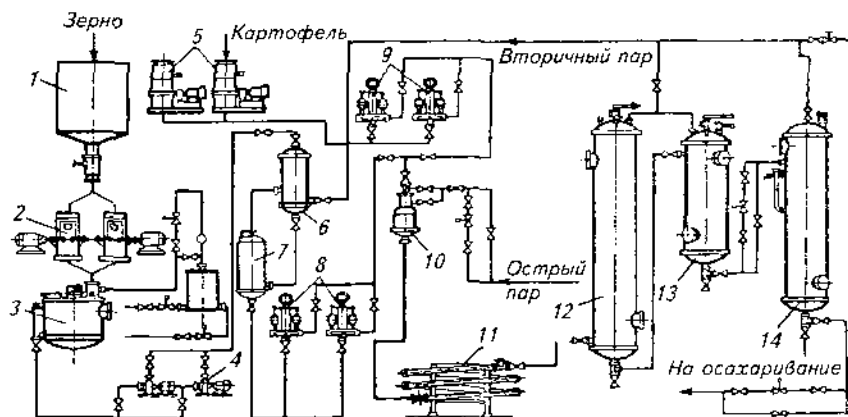


Рис. 27.2. Аппаратурно-технологическая схема непрерывного разваривания зерна и картофеля

в контактном устройстве 6 нагревается вторичным паром до 85...90 °С, выдерживается в буферной емкости 7, а затем вновь нагревается в контактном устройстве 10 острым паром до 138...150 °С.

В установке предусмотрены насос 4 для перекачивания замеса и плунжерные насосы 8 и 9 для перекачивания подогретого замеса.

Измельченная в молотковых дробилках 5 картофельная кашка сразу подается в греющее контактное устройство 10, где нагревается острым паром до 138...140 °С.

Подогретый до температуры разваривания замес направляется в трубчатый разварник 11, а затем в выдерживатели первой 12 и второй 13 ступеней, предназначенные для доваривания сырья. Масса из одного аппарата в другой перемещается по переточным трубам за счет разницы уровней в колоннах при одинаковом давлении. Продолжительность разваривания 45...60 мин. После разваривания масса поступает в паросепаратор 14, в котором поддерживается избыточное давление 0,05 МПа, что соответствует температуре 105 °С, и выдерживается в нем в течение 15...20 мин. Пар из сепаратора используется для подваривания замеса.

Непрерывное разваривание крахмалсодержащего сырья можно проводить методом скоростной варки на установке УКРНИИСПа. Сущность этого способа состоит в том, что замес и картофельную кашку подогревают острым паром до температуры 165...170 °С при избыточном давлении 0,8 МПа и направляют на разваривание в трубчатый разварник, состоящий из вертикально и горизонтально расположенных труб, оснащенных диафрагмами. Масса проходит по аппарату с большой скоростью и за счет диафрагм и поворотов под прямым углом измельчается и перемешивается. Продолжительность разваривания 2...4 мин.

Качество разваривания сырья оценивают по цвету сваренной массы. Цвет массы из зерна должен быть темно-желтым со светло-коричневым оттенком, из картофеля — светло-коричневым с зеленоватым оттенком.

### 27.3. ОСАХАРИВАНИЕ КРАХМАЛСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ

Обработка охлажденной разваренной массы солодовым молоком или ферментными препаратами с целью гидролиза полисахаридов, белков и других сложных веществ называется *осахариванием*. Наиболее важным процессом при осахаривании является ферментативный гидролиз крахмала до сбраживаемых сахаров, что и определило название этой стадии. Осахаривая разваренную массу, получают полупродукт — сусло.

В качестве осахаривающих материалов используют солодовое молоко, приготовленное из смеси трех солодов: ячменного, про-

сяного и овсяного. Иногда ячменный солод заменяют ржаным. Именно сочетание солодов позволяет быстрее и полнее осахаривать крахмал тремя ферментами:  $\alpha$ -амилазой,  $\beta$ -амилазой и декстриназой. Получение солода подробно рассмотрено в главе 26, а требования к солоду — в главе 17.

В настоящее время большинство спиртовых заводов использует ферментные препараты, полученные из микроскопических (плесневых) грибов и бактерий, в которых присутствуют  $\alpha$ -амилаза, декстриназа и глюкоамилаза. Их применение имеет ряд преимуществ по сравнению с солодом. Для приготовления солода используют высококачественное зерно, тогда как питательные среды для микроорганизмов готовят на малоценном сырье. При солодоращении теряется 16...18 % крахмала, и часть его остается неосахаренным и, следовательно, не сбраживается. Кроме того, в сусло с солодом попадают посторонние микроорганизмы, которые могут отрицательно повлиять на выход спирта. Применяя ферментные препараты, можно увеличить концентрацию фермента и таким образом сократить продолжительность осахаривания и последующего дображивания суслы в 2...3 раза.

Сусло, полученное при осахаривании солодом, содержит 71...76 % мальтозы и 24...29 % глюкозы от суммы сбраживаемых сахаров, а гидролизованное ферментными препаратами — соответственно 14...21 и 79...86 %.

При осахаривании разваренной массы происходит накопление аминокислот, пептонов и полипептидов, увеличивается в несколько раз содержание растворимого азота. Такие изменения в составе обусловлены действием протеиназ.

Некрахмалистые полисахариды (целлюлоза, гемицеллюлоза и др.) ферментами солода почти не гидролизуются, в большей степени они гидролизуются ферментами микробного происхождения. Но дополнительное образование сбраживаемых углеводов невелико.

Основными факторами, влияющими на скорость ферментативных реакций при осахаривании, являются температура, pH среды, концентрации сухих веществ в субстрате и ферментов. Каждый фермент имеет температурный оптимум, оптимальные величины pH и концентрации, поэтому при проведении осахаривания для оптимизации процесса придерживаются определенных значений этих параметров.

Оптимальная температура действия амилолитических ферментов 57...58 °С, поэтому разваренную массу охлаждают змеевиковым теплообменником или под вакуумом.

Осахаривание разваренной массы, как правило, осуществляют непрерывным способом. Процесс осахаривания состоит из следующих стадий: охлаждения разваренной массы, смешивания разваренной массы с солодовым молоком или ферментными препаратами, осахаривания крахмала, охлаждения суслы до начальной

температуры брожения сусла и перекачивания сусла в бродильное и дрожжевое отделения.

Способы непрерывного осахаривания с момента их возникновения значительно изменились, но все их варианты до сих пор применяются на различных спиртовых заводах.

Одним из наиболее распространенных способов является непрерывное однопоточное осахаривание с одноступенчатым вакуум-охлаждением, схема которого изображена на рис. 27.3. Разваренная масса из паросепаратора 1 по трубе 2 поступает в вакуум-испарительную камеру 8, где она охлаждается до температуры 62...63 °С. Вакуум создается при помощи конденсатора 12 и мокровоздушного насоса 13. Охлажденная масса по барометрической трубке 6 стекает в осахариватель 4. По трубе 5 часть осахаренной массы поступает в трубу 2 для снижения вязкости разваренной массы.

Охлажденная масса в одноступенчатом осахаривателе 4 смешивается с ферментными препаратами или солодовым молоком, подаваемыми дозатором 7 из расходной емкости 3, в результате чего

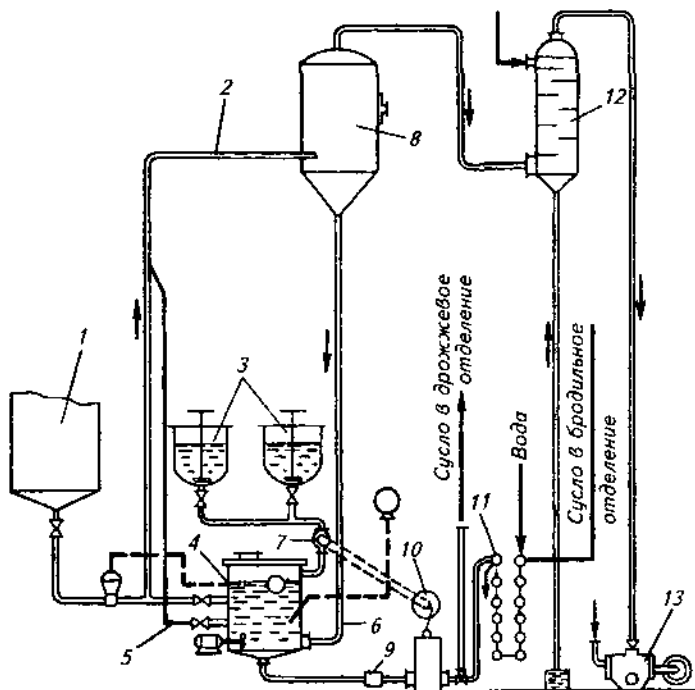


Рис. 27.3. Схема непрерывного осахаривания с одноступенчатым вакуум-охлаждением разваренной массы

температура снижается до 57...58 °С. Продолжительность осахаривания солодовым молоком не менее 10 мин, ферментными препаратами — 5 мин. Осахаренная масса (сусло) перекачивается насосом 10 в теплообменник 11. Для задержания песка перед насосом устанавливают ловушку 9. Охлаждение разваренной массы под вакуумом предотвращает тепловую инактивацию ферментов, обеспечивая более полное осахаривание и увеличивая выход спирта. При вакуум-охлаждении из сусла вместе с паром удаляются летучие примеси, такие, как метанол, летучие кислоты, фурфурол, что облегчает последующую очистку спирта.

Содержание растворимых веществ в осахаренном сусле должно составлять 16..18 %, в том числе 13...15 % сбраживаемых углеводов; кислотность сусла 0,2...0,3 град. Полноту осахаривания контролируют по иодной пробе. Если окраска сусла с иодом не меняется, то осахаривание прошло нормально. При осахаривании сусла ферментными препаратами микроскопических грибов окраска может оставаться сине-фиолетовой и исчезать при брожении в результате доосахаривания крахмала.

#### 27.4. КУЛЬТИВИРОВАНИЕ ДРОЖЕЙ

Преобразование сахаров сусла в этанол (этиловый спирт) осуществляется под действием дрожжей сахаромикетов — одноклеточных микроорганизмов, которые относятся к низшим грибам. Применяемые дрожжи должны иметь высокую бродильную активность (быстро и полностью сбраживать сахара), образовывать максимальное количество спирта и минимальное — побочных продуктов брожения (высших спиртов и глицерина), быть устойчивыми к продуктам своего обмена и другим возможным изменениям состава питательной среды. Наиболее полно этим требованиям удовлетворяют дрожжи рас XII, К-81. Они способны сбраживать моно-, дисахариды и часть конечных декстринов.

Жизнедеятельность дрожжей в значительной степени регулируется температурой, величиной pH и составом питательной среды. Оптимальная скорость размножения сахаромикетов наблюдается при температуре 30...32 °С, в то же время при снижении температуры выращивания возрастает бродильная активность дрожжей. Поэтому на начальных стадиях культивирования дрожжей поддерживают температуру 18...22 °С. Для создания стерильных условий выращивания засевных и производственных дрожжей, при которых посторонние микроорганизмы почти не развиваются, pH поддерживают на уровне 3,8...4,0, добавляя в среду серную или молочную кислоту.

При вводе в эксплуатацию нового предприятия или возобновлении работы предприятия после ремонта, а также при сильном инфицировании культивирование дрожжей начинают со стадии

чистых культур в стерильных условиях. Накопление биомассы засеваемых дрожжей осуществляют постепенно по схеме пробирка — колба (500 см<sup>3</sup>) — бутылка (5 дм<sup>3</sup>) — аппарат чистых культур (5 дал) — дрожжевой аппарат.

В нормальном производственном цикле засеваемые дрожжи отбирают в количестве 10 % от производственных.

Существуют периодический, полунепрерывный и непрерывный способы культивирования дрожжей.

**Периодический способ.** При периодическом способе культивирования дрожжей все операции (подготовка суслу, выращивание и вывод дрожжей) проводят в одном дрожжевом аппарате, который представляет собой герметически закрытый цилиндрикоконический аппарат, оснащенный двумя змеевиками (для пара и воды) и перемешивающим устройством. Вместимость одного аппарата составляет обычно примерно 8 % объема броидильного аппарата, а их число равно числу броидильных аппаратов.

Сусло из осаживателя отбирается в аппарат, где при необходимости обогащается азотным питанием, пастеризуется в течение 30 мин при температуре 75 °С, охлаждается до 30 °С и подкисляется серной кислотой до pH 3,8...4,0. Затем в аппарат вносят засеваемые дрожжи до 8 % объема дрожжевого аппарата, содержимое перемешивают и охлаждают до 22...23 °С. Дрожжи размножают в течение 18...20 ч при 27...30 °С. Концентрация сухих веществ суслу снижается от 17...18 до 5...6 %, а содержание спирта возрастает до 4,5...5,0 %. Кислотность зрелых дрожжей не должна превышать начальную. Основную массу готовых дрожжей переводят в броидильный аппарат, а часть отбирают и направляют в сборник засеваемых дрожжей; освободившийся аппарат моют, стерилизуют и подготавливают к следующему циклу.

**Полунепрерывный способ.** При полунепрерывном способе культивирования дрожжей подготовку суслу (пастеризация, подкисление, охлаждение) проводят в пастеризаторе, установленном отдельно, выше двух аппаратов для чистых культур. Подготовленное сусло подают в один из аппаратов, добавляют засеваемые дрожжи, перемешивают и выдерживают при тех же условиях, что и при периодическом способе. Когда концентрация суслу понизится от 14...15 до 4,0...4,5 %, половину содержимого первого аппарата для чистых культур перекачивают во второй, в оба доливают свежее сусло из пастеризатора и выдерживают для культивирования дрожжей. Зрелые дрожжи из одного аппарата спускают в броидильный аппарат, освободившийся аппарат для чистых культур моют, стерилизуют и начинают новый цикл. Процесс размножения дрожжей повторяют, поочередно освобождая и стерилизуя аппараты для чистых культур.

**Непрерывный способ.** Осуществляется в системе последовательно соединенных дрожжегенераторов I, II и III ступеней. Осахаренное сусло и засеваемые дрожжи поступают в аппарат I ступени,



последовательно перемешаются по дрожжегенераторам, выходят из последнего аппарата в виде готовой культуры производственных дрожжей и направляются в головной бродительный аппарат.

## 27.5. СБРАЖИВАНИЕ ОСАХАРЕННОЙ МАССЫ

Процесс сбраживания осахаренной массы начинается с момента поступления производственных дрожжей в охлажденное сусло. Дрожжи, вводимые в сусло, состоят из огромного числа отдельных клеток и имеют сильно развитую поверхность. Поэтому они довольно быстро адсорбируют ферменты, сахара и другие компоненты сусла.

Механизм процесса брожения можно представить следующим образом. Сахара и другие питательные вещества сусла адсорбируются на поверхности дрожжевой клетки, затем проникают внутрь и там претерпевают сложные превращения. Под действием ферментных систем дрожжевой клетки из сахара образуются основные продукты брожения — этанол и диоксид углерода; вторичные — глицерин, уксусный альдегид, пировиноградная кислота и др. Из других веществ, содержащихся в сусле, синтезируются побочные продукты, например метанол (метиловый спирт) и высшие спирты (сивушные масла). По мере образования основные, вторичные и побочные продукты брожения выводятся из дрожжевой клетки в окружающую среду, где они довольно быстро равномерно распределяются по всему объему бражки, благодаря чему исключается возможность создания их повышенной концентрации вокруг клеток.

Пузырьки диоксида углерода прочно соединяются с дрожжевой клеткой и вместе с ней поднимаются на поверхность бродящего сусла, где пузырьки лопаются, а дрожжевая клетка вновь опускается вниз. Таким образом, интенсифицируются обменные процессы в неподвижных по своей природе дрожжевых клетках и ускоряется брожение.

В процессе сбраживания сусла можно выделить три периода: взбраживание, главное брожение и дображивание. При взбраживании продолжается размножение дрожжей, протекающее на стадии культивирования, поэтому температуру поддерживают в пределах 26...27 °С. В процессе главного брожения происходит интенсивное сбраживание основного количества моно- и дисахаров при температуре 29...30 °С. В процессе дображивания происходит медленное сбраживание сахаров, образованных в результате доосахаривания декстринов и крахмала. Снижая температуру при дображивании до 27...28 °С, предотвращают нарастание кислотности бражки.

Бродящее сусло называют *бражкой*. Качество бражки оценивают по показателям видимой плотности (показание сахарометра в

фильtrate), содержанию истинных сухих веществ (показание сахарометра в фильтрате после отгонки спирта и доведения до первоначального объема дистиллированной водой), крепости (содержание спирта в объемных процентах) и др.

На спиртовых предприятиях России применяют непрерывно-проточный, проточно-рециркуляционный и циклический способы сбраживания сусле, осуществляемые в бродильных аппаратах, последовательно соединенных в батарею. Длительность процесса 56, 51 и 66 ч соответственно. На малых предприятиях можно применять периодический способ, когда все стадии брожения протекают в течение 72 ч в одном аппарате.

На рис. 27.4 показана аппаратно-технологическая схема непрерывно-проточного сбраживания зернокартофельного сусле с непрерывным культивированием производственных дрожжей. Установка состоит из дрожжегенераторов 1—3 I, II, III ступеней; двух головных бродильных аппаратов 4; трех бродильных аппаратов для дображивания 5, соединенных между собой переточными трубами и оснащенных запорной арматурой; насосов 6 и спиртоволушки 7.

Благодаря разделению процесса культивирования дрожжей на три ступени, непрерывному последовательному наполнению сусле и периодическому освобождению дрожжегенераторов их можно стерилизовать через 6...8 ч, тем самым обеспечивается чистота дрожжей.

Готовые производственные дрожжи вместе с сусле подают в

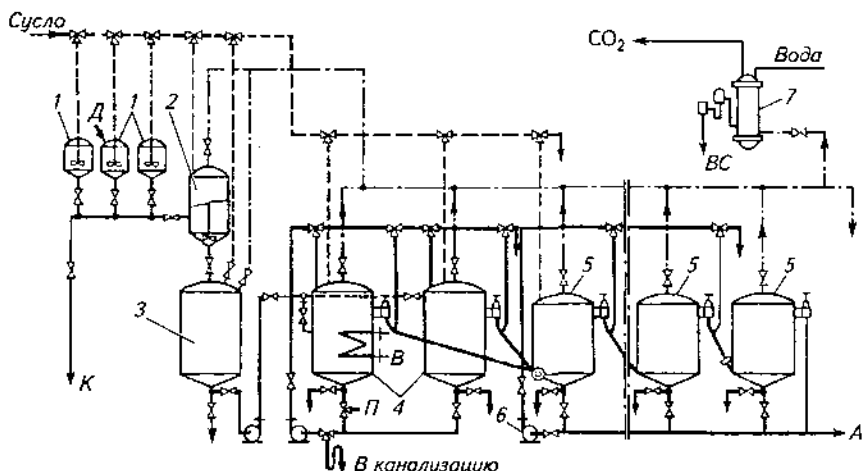


Рис. 27.4. Аппаратно-технологическая схема непрерывно-проточного сбраживания зернокартофельного сусле с непрерывным культивированием дрожжей

(А — зрелая бражка; В — вода; ВС — водно-спиртовой раствор; Д — дрожжи; П — греющий пар; К — конденсат)

первый головной бродильный аппарат. Когда он заполнится, начинают переток бражки во второй головной аппарат, затем в третий и т. д. Из последнего концевого аппарата зрелая бражка подается насосом на перегонку. Концентрация дрожжей в батарее поддерживается на уровне 90...120 млн кл/см<sup>3</sup> скоростью притока сусла.

Для предупреждения развития посторонних микроорганизмов в бродильном аппарате проводят профилактическую стерилизацию: через определенные промежутки времени (каждые 2...3 сут) последовательно отключают бродильные аппараты, перекачивают их содержимое в следующий аппарат, а освободившийся моют и стерилизуют паром, охлаждают и вновь включают в поток, заполняя бродящим суслом. В борьбе с инфицированием применяют лактомицин — сильный и специфический антисептик микробного происхождения.

Выделяющийся при брожении диоксид углерода, проходя через слой бражки, насыщается парами спирта и по газопроводу отводится из дрожжегенераторов и бродильных аппаратов в спиртоловушку, а спирт из газового потока адсорбируется холодной водой. Диоксид углерода из спиртоловушки направляется в специальный цех для получения сжиженного газа и сухого льда.

Зрелая зернокартофельная бражка должна соответствовать установленным нормам. Крепость должна находиться в пределах 8,0...9,5 об.%, содержание несброженных сахаров 0,25...0,45 % и нерастворенного крахмала менее 0,2 %. Нарастание кислотности в процессе брожения не должно превышать 0,2 град, а конечная титруемая кислотность зрелой бражки — 0,5...0,6 град.

## 27.6. ОСОБЕННОСТИ СБРАЖИВАНИЯ СУСЛА ИЗ МЕЛАССЫ

Меласса относится к отходам свеклосахарного производства. Это густая, вязкая, темно-коричневая жидкость, содержащая не менее 75 % сухих веществ, в том числе 46...52 % сахарозы, что позволяет ее использовать в качестве основного сырья при производстве этанола.

Различия в технологическом процессе при переработке крахмал- и сахарсодержащего сырья состоят в подготовке сырья и приготвлении сусла.

Процесс получения спирта из мелассы включает меньше технологических стадий, а именно: подготовку мелассы к сбраживанию; культивирование дрожжей; сбраживание мелассного сусла; извлечение спирта из бражки и его очистку.

Подготовка мелассы к сбраживанию заключается в гомогенизации (усреднении состава), подкислении, асептировании, добавлении питательных веществ для дрожжей и разбавлении водой.

Для усреднения состава применяют гомогенизаторы — цилиндрические резервуары, в которых перемешивание происходит при

перекачивании мелассы насосом из нижней части в различные места аппарата по высоте.

Для асептирования (подавления жизнедеятельности посторонних микроорганизмов) неразбавленную мелассу подкисляют серной или хлороводородной (соляной) кислотой и обрабатывают антимикробными препаратами, которые обладают высоким бактерицидным действием, но не оказывают влияние на дрожжи и качество спирта (хлорная известь, сульфанол, формалин). Дефектную, сильно инфицированную мелассу сначала стерилизуют паром в контактном устройстве, а затем охлаждают в пластинчатом теплообменнике и смешивают с нормальной мелассой.

Для обеспечения нормальной жизнедеятельности дрожжей при брожении к мелассе в качестве источников фосфора и азота добавляют растворы ортофосфорной кислоты, сульфата аммония или мочевины.

На мелассно-спиртовых заводах применяют одно- или двухпоточный способы сбраживания суслу.

**Однопоточный способ.** Применяется на заводах, которые наряду со спиртом вырабатывают хлебопекарные дрожжи.

Подготовленную мелассу разбавляют водой до концентрации сухих веществ 35...40 %, освобождают от взвешенных частиц на сепараторе-кларификаторе и окончательно разбавляют водой до содержания 22...24 % сухих веществ.

Мелассное сусло непрерывным потоком направляют в дрожжегенераторы, куда из аппарата чистых культур подают засевные дрожжи, выращенные на стерильном мелассном сусле. Мелассное сусло сбраживают различными расами дрожжей (В, Г-112), чаще — одновременно двумя. В дрожжегенераторах культивирование дрожжей ведут при температуре 28...30 °С, постоянных аэрации и притоке суслу. Производственные дрожжи непрерывно отводятся через наклонный коллектор в головной аппарат бродильной батареи, состоящей из 9...11 аппаратов. Бродящее сусло проходит через все бродильные аппараты, последовательно перемещаясь по переточным трубам. Из последнего аппарата зрелая бражка через механические фильтры насосом перекачивается в цех хлебопекарных дрожжей на сепарацию, а обездрожженная зрелая бражка направляется в ректификационное отделение.

**Двухпоточный способ.** Мелассное сусло готовят двух концентраций: дрожжевое (10...12 % сухих веществ), предназначенное для выращивания производственных дрожжей, и основное (32...35 % сухих веществ). При этом количество кислоты и питательных солей, рассчитанное на всю мелассу, вносят в дрожжевое сусло. Из-за необходимости готовить два суслу усложняется аппаратурное оформление этого способа, однако сама схема имеет технологические преимущества: дрожжи всегда находятся в стационарной фазе развития, снижаются затраты сахара на синтез дрожжей, повышается выход спирта.

Производственные дрожжи готовят в дрожжегенераторах на дрожжевом сусле. В головной аппарат бродильной батареи непрерывным потоком поступают основное сусло и производственные дрожжи в соотношении 1 : 1. Бражка по переточным трубам проходит бродильную батарею и из последнего аппарата подается на перегонку. Газы брожения (диоксид углерода и пары спирта) из дрожжегенераторов через пеноловушку и из бродильных аппаратов направляются в отдельные спиртоловушки. Освобожденный от спирта диоксид углерода, улавливаемый из бродильных аппаратов, поступает в специальный цех для получения сухого льда и сжиженного газа, а из дрожжегенераторов — в атмосферу.

Мелассная зрелая бражка должна содержать не более 0,2 % несброженных сахаров и 9,0...9,5 об.% этанола. Если из зрелой бражки не выделяют дрожжи, то в 1 дм<sup>3</sup> бражки их должно быть 18...22 г, если выделяют — 2,5...3,5 г/дм<sup>3</sup>.

## 27.7. ИЗВЛЕЧЕНИЕ СПИРТА ИЗ БРАЖКИ И ЕГО ОЧИСТКА

Полученная в результате брожения зрелая бражка имеет сложный состав, меняющийся в зависимости от вида сырья и режимов его переработки. Зрелая бражка в среднем содержит (%): воды — 82...90; сухих веществ — 4...10; этанола с сопутствующими летучими примесями — 5...9. Сухие вещества включают в себя взвешенные частицы дрожжей и дробины, а также декстрины, несброженные сахара, белки, кислоты, минеральные и другие вещества в растворенном виде. Летучие примеси, сопутствующие спирту, отличаются разнообразием (эфирьы, альдегиды и кислоты), но их количество обычно не превышает 0,5 % от содержания этанола.

Для извлечения этанола из бражки и его очистки применяют ректификацию. *Ректификация* — процесс разделения жидких летучих смесей на компоненты или фракции путем многократного двустороннего массо- и теплообмена между движущимися навстречу паровым и жидкостным потоками. Ректификация возможна в тех смесях, где компоненты обладают разной летучестью (упругостью пара). Летучесть компонентов оценивают *коэффициентом испарения*, т. е. отношением концентрации данного вещества в паровой фазе у к концентрации его в жидкой фазе х:

$$K = y/x.$$

При взаимодействии движущихся навстречу потоков в процессе ректификации происходит обогащение паровой фазы легколетучим компонентом за счет его диффузии из жидкости в пар. Жидкая фаза обогащается труднолетучим компонентом.

В водно-спиртовом растворе упругость паров спирта при любой температуре значительно выше упругости паров воды. При

кипячении зрелой бражки и конденсации выделяющихся паров получают спирт-сырец, содержащий наряду с этанолом около 0,5 % сопутствующих летучих примесей. Для оценки возможности полной очистки этанола от примесей сравнивают их коэффициенты испарения и рассчитывают *коэффициент ректификации*:

$$K_p = K_n / K_{2,c},$$

где  $K_n$  — коэффициент испарения примеси;  $K_{2,c}$  — коэффициент испарения этанола.

При коэффициенте ректификации  $K_p = 1$  состав дистиллята после перегонки не отличается от состава исходной смеси, значит, очистка неэффективна. Если коэффициент ректификации  $K_p > 1$ , то содержание примесей в дистилляте больше, чем в исходной смеси, и если коэффициент ректификации  $K_p < 1$ , то дистиллят содержит меньше примесей, чем отгоняемая смесь.

Все известные примеси по летучести делят на четыре вида: головные, хвостовые, промежуточные и концевые.

*Головные примеси* (уксусный и масляный альдегиды, уксусно-метиловый, уксусно-этиловый и диэтиловый эфиры) обладают большей летучестью, большим коэффициентом испарения, чем этанол, при любой концентрации его в растворе. Для них всегда  $K_p > 1$ .

*Хвостовые примеси* (вода, уксусная кислота, фурфурол) обладают меньшей летучестью, чем этанол ( $K_p < 1$ ). Они уходят в остаток.

*Промежуточные примеси* (3-метилбутанол-1, изобутанол, пропанол, изоамилацетат и другие эфиры) обладают двойными свойствами: при высоких концентрациях этанола они ведут себя как хвостовые примеси ( $K_p < 1$ ), при низких — как головные ( $K_p > 1$ ).

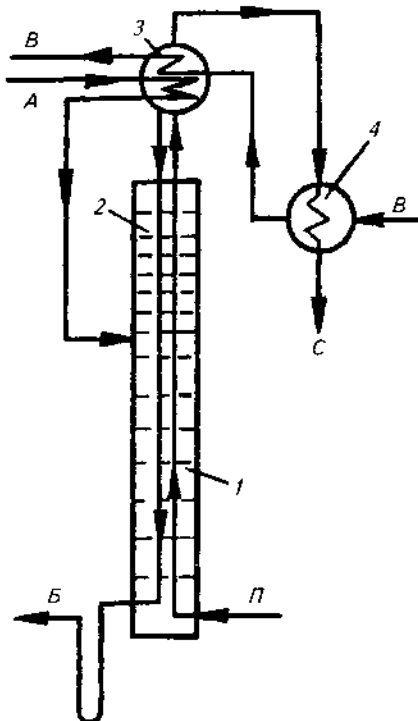
Летучесть *концевых примесей* (метанол), как и промежуточных, зависит от концентрации этанола, но в противоположность им при высоких концентрациях спирта они становятся головными ( $K_p > 1$ ), а при низких — хвостовыми ( $K_p < 1$ ).

Применяемые в спиртовом производстве установки для выделения и очистки спирта могут быть сырцовые (для получения спирта-сырца), ректификационные (для очистки спирта-сырца от примесей) и брагоректификационные (для получения ректифицированного спирта из бражки). По способу обогрева различают установки открытого (с подачей пара непосредственно в колонну) и закрытого типа (пар подают в теплообменник-испаритель).

Процесс ректификации проводят в противоточных аппаратах колонного типа. Для более эффективной работы в колоннах установлены специальные контактные устройства (тарелки или насадки). Для разделения многокомпонентных смесей применяют несколько последовательно работающих ректификационных ко-

Рис. 27.5. Схема одноколонной сырьевой установки

(А — зрелая бражка; Б — барда; В — вода; П — греющий пар; С — спирт-сырец)



лонн. Бинарную смесь можно разделить на чистые компоненты в одной полной ректификационной колонне. На практике исходные смеси делят, как правило, не на чистые компоненты, а на фракции компонентов, близких по летучести.

Для получения спирта-сырца в отечественной промышленности применяют одноколонные сырьевые установки, которые проще по устройству и эксплуатации, легче автоматизируются, меньше расходуют пара и воды. Схема такой установки приведена на рис. 27.5.

Основными элементами этой установки являются: полная ректификационная колонна, дефлегматор 3 и холодильник 4.

Процесс ректификации протекает так.

Бражка непрерывно подается из бродильного отделения, проходит через дефлегматор 3, нагревается до 65...75 °С и поступает в среднюю часть колонны. Снизу подают греющий пар. В нижней (отгонной или бражной) части 1 колонны этанол извлекается из бражки паром. По мере стекания вниз с тарелки на тарелку бражка освобождается от спирта и выходит из колонны. Такая бражка называется *бардой*.

В верхней (концентрационной или спиртовой) части 2 колонны в поднимающемся паровом потоке происходит концентрирование спирта. Пар поступает в дефлегматор, где большая его часть (2/3) конденсируется и стекает в виде флегмы на тарелки спиртовой части колонны. Таким образом, водно-спиртовые пары проходят через слой флегмы, находящейся на тарелках, и концентрируются. Несконденсировавшаяся часть (1/3) спиртового пара поступает в холодильник 4, где спирт-сырец конденсируется и охлаждается.

Полученный спирт-сырец должен иметь крепость не менее 88 об.% и удовлетворять определенным требованиям по органолептическим показателям и содержанию примесей.

В настоящее время ректификационные установки для очистки спирта-сырца применяют только на ликероводочных заводах. На спиртовых заводах ректифицированный спирт получают на брагоректификационных установках косвенного действия непосредственно из бражки. Схема трехколонной брагоректификационной установки косвенного действия приведена на рис. 27.6. Установка состоит из трех колонн: бражной 1, элюационной 5 и спиртовой 6, подогревателя 2 бражки, дефлегматоров 4 и холодильников 3.

Бражка, поступающая в установку, нагревается в подогревателе до 80...85 °С и подается на верхнюю тарелку бражной колонны, в которую снизу подают греющий пар. Водно-спиртовые пары, поднимающиеся из бражной колонны, конденсируются в подогревателе бражки и холодильнике бражной колонны и в виде бражного дистиллята крепостью 45...50 об.% вводятся в элюационную колонну.

На тарелках нижней части элюационной колонны потоком греющего пара из бражного дистиллята извлекаются головные примеси, обладающие наибольшей летучестью. Благодаря контакту пара со стекающей флегмой в верхней части элюационной колонны происходит концентрирование головных примесей. Эта фракция, непрерывно выводимая через конденсатор элюационной колонны, называется головной или *эфироальдегидной*. Из нижней части этой колонны выходит *спирт-элюат* крепостью 40...45 об.% и направляется в спиртовую колонну, которая, как и

первые две, снизу подогревается паром.

В нижней (отгонной) части спиртовой колонны происходит извлечение спирта из жидкой фазы, стекающей вниз в виде *лютерной* воды, содержащей трудноизвлекаемые хвостовые примеси (уксусную кислоту, сложные эфиры). В верхней части колонны концентрируются спирто-

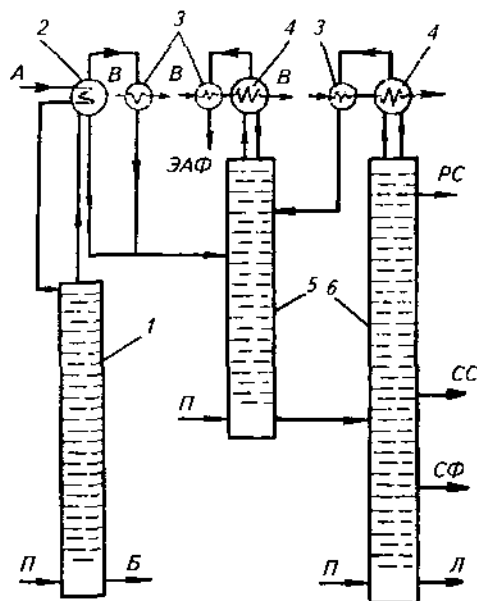


Рис. 27.6. Схема трехколонной брагоректификационной установки

(А — зрелая бражка; Б — барла; В — вода; Л — лютерная вода; П — греющий пар; РС — ректифицированный спирт; СС — сивушный спирт; СФ — сивушная фракция; ЭАФ — эфироальдегидная фракция)



вые пары вплоть до заданной крепости. Основная масса пара, выходящего из спиртовой колонны, конденсируется в дефлегматоре и в виде флегмы орошает колонну. Небольшая часть пара после охлаждения превращается в *непастеризованный спирт*, содержащий головные и концевые примеси, и возвращается в верхнюю часть эспурационной колонны.

Промежуточные примеси в спиртовой колонне накапливаются в средней части и выводятся в виде двух продуктов — парообразной сивушной фракции и жидкого сивушного спирта.

Целевой продукт — *спирт-ректификат* крепостью 96,2...96,5 об.% в виде жидкости отбирается с 3-й по 10-ю тарелку, считая сверху колонны. Далее спирт охлаждается до 15...20 °С и через контрольный снаряд поступает в спиртоприемное отделение.

Для повышения качества спирта и увеличения его выхода брагоректификационные установки оснащают дополнительными колоннами: окончательной очистки, сивушной и отгонной.

Количество выработанного этанола учитывают в декалитрах (дал) в пересчете на безводный спирт при температуре 20 °С. Объем спирта определяют с помощью контрольных снарядов, предназначенных для оперативного учета, или специальных мерников. При этом, зная объем и крепость спирта, рассчитывают количество безводного спирта и приводят его к температуре 20 °С. Хранят спирт в закрытых металлических резервуарах вместимостью 100...4000 м<sup>3</sup>.

## 27.8. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

На спиртовых заводах большое внимание уделяется комплексной переработке сырья и побочных продуктов, что позволяет снизить не только себестоимость и материалоемкость продукции, но и уровень загрязнения окружающей среды.

На спиртовых заводах функционируют специальные цехи, которые производят жидкий и твердый диоксид углерода, нашедшие широкое применение в разных отраслях народного хозяйства.

Из зрелой меласной бражки отделяют дрожжи, применяемые в хлебопечении (см. главу 30). Меласную барду используют для получения глицерина, бетаина и глутаминовой кислоты или в качестве питательной среды для выращивания кормовых дрожжей и получения витамина В<sub>12</sub>.

Зернокартофельную барду, содержащую белковые и минеральные вещества, углеводы, жиры, органические кислоты, витамины, используют на кормовые цели в натуральном виде или после высушивания в качестве добавки к комбикормам.

Побочные продукты, выделяющиеся при ректификации, головную фракцию, сивушное масло и сивушный спирт освобожда-

ют от этанола перегонкой или экстракцией. Далее экстракт головной фракции используют в качестве углеродного питания при производстве кормовых дрожжей или фракционированием выделяют из нее ценные органические продукты: уксусный альдегид, этилацетатный растворитель и т. д.

Сивушное масло в качестве сырья используют для получения чистых высших спиртов (пентанола-1, бутанола, пропанола), в лакокрасочной промышленности и при изготовлении медицинских препаратов и душистых веществ.

Сивушный спирт применяется также для технических целей при изготовлении спирта-денатурата.

#### *Контрольные вопросы*

1. Какое сырье используют для получения пищевого этанола?
2. Какие виды и сорта этанола производят из пищевого растительного сырья?
3. Чем отличается подготовка сырья в производстве спирта из зерна, картофеля и мелассы?
4. Какие требования предъявляются к зрелой бражке?
5. Какой процесс называют ректификацией?
6. На какие группы делят летучие примеси в спиртовом производстве?
7. В чем сущность комплексного использования сырья в спиртовом производстве?

## Глава 28

### ТЕХНОЛОГИЯ ПИВА

Пиво — слабоалкогольный освежающий игристый напиток с характерными хмелевой горечью и ароматом.

Химический состав пива колеблется в широких пределах и зависит от ряда факторов и в первую очередь от экстрактивности исходного сула и степени сбраживания. Решающее влияние на качество пива оказывает содержание этанола (1,6...4,0 %) и диоксида углерода (0,35...0,40 %). Из других летучих веществ в пиве присутствуют (мг/дм<sup>3</sup>): высшие спирты — 40...80, альдегиды — 5, летучие органические кислоты — 150 и сернистые соединения — 2...16.

Среди экстрактивных (нелетучих) веществ, на долю которых приходится от 2,5 до 5 %, преобладают сахара (80...85 %). Содержание азотистых веществ не превышает 8...10 % от общего экстракта, минеральных веществ — от 3 до 4 % от общего экстракта, дубильных и горьких веществ, а также красящих — около 2...3 % от экстракта, органических (нелетучих) кислот — около 300...400 мг/дм<sup>3</sup>. Кроме этого в пиве содержатся водорастворимые витамины (группы В, РР и др.), за исключением витамина С.

По цвету пиво делится на светлое и темное, по концентрации исходного сула — на слабое (5 %), среднее (до 12 %) и крепкое (свыше 14 %), а по способу брожения — на пиво низового и верхо-

вого брожения (см. главу 11). В настоящее время большая часть мирового производства пива осуществляется низовым брожением.

Сортовые различия пива обусловлены главным образом используемыми солодом и несоложенными материалами (дробленый ячмень, рисовая сечка, обезжиренная кукурузная мука, сахар).



Рис. 28.1. Принципиальная технологическая схема получения пива

Светлые сорта пива не обладают выраженным солодовым ароматом и вкусом в отличие от темных, что связано с особенностями технологии светлого и темного солодов.

Для светлых сортов пива, которые получают из светлого солода, характерны ярко выраженные аромат и вкус хмеля, а для темных сортов пива, которые готовят из темного солода с добавлением карамельного и жженого солодов, — интенсивная окраска, солодовый аромат и сладковатый вкус.

Пиво производят в соответствии с принципиальной технологической схемой (рис. 28.1). Основными стадиями производства пива являются: очистка и дробление солода; получение и брожение пивного сусла; дображивание и созревание пива; осветление и розлив пива.

## 28.1. ОЧИСТКА И ДРОБЛЕНИЕ СОЛОДА

Солод, прошедший стадию выдержки и хранения, содержит различные примеси (пыль, остатки ростков, металлпримеси и др.), присутствие которых снижает качество пива. Поэтому солод очищают на полировочной машине и магнитном сепараторе. Полировочная машина состоит из наклонных плоских сит, щеточного барабана и вентилятора. На ситах отделяются крупные и мелкие примеси, а с помощью вентилятора удаляется пыль. Затем солод поступает на щеточный барабан. Под действием высокой частоты вращения барабана солод отбрасывается на рифленую поверхность и очищается от загрязнений. В результате ударов и трения поверхность солода становится гладкой и полированной. Далее полированный солод проходит через магнитный сепаратор и освобождается от металлпримесей.

Подготовленный таким образом солод подвергается дроблению, что обеспечивает в дальнейшем более полное извлечение из него экстрактивных веществ. Дробление увеличивает поверхность соприкосновения частиц солода с водой и ферментами. При этом растворимые вещества солода легко переходят в воду, а нерастворимые под действием ферментов расщепляются до растворимых. Чем тоньше помол, тем быстрее и полнее идут эти процессы. Однако очень тонкий помол сопровождается значительным измельчением оболочек зерна солода, в результате образуется плотный слой из этих частиц, который затрудняет фильтрование сусла. Кроме этого значительное измельчение оболочек приводит к извлечению из них дубильных и минеральных веществ, ухудшающих качество пива. Поэтому стремятся более тонко измельчить эндосперм зерна и минимально нарушить целостность оболочек. Наиболее эффективно мокрое дробление солода, которое снижает потери на распыл и продолжительность фильтрования затора на 20...25 %, так как дробление солода влажностью 30...32 % позволя-

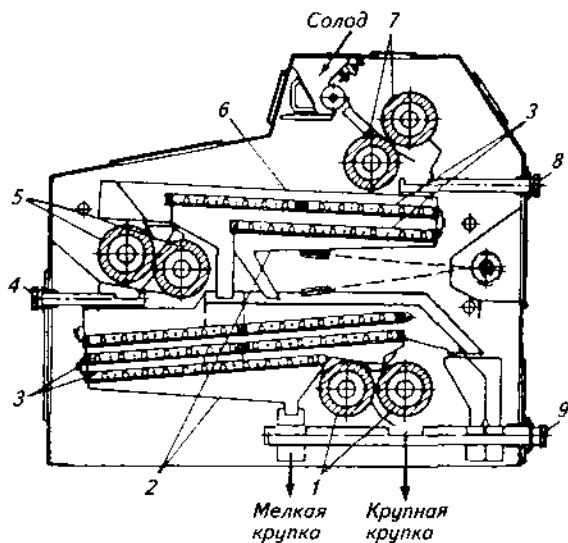


Рис. 28.2. Шестивальцовая дробилка

ет сохранить оболочку зерен солода и обеспечивает оптимальные условия дробления эндосперма.

Солод дробят на четырех- или шестивальцовых дробилках. Целесообразнее использовать шестивальцовые дробилки (рис. 28.2), оборудованные тремя парами вальцов. Верхняя пара вальцов 7 предназначена для предварительного дробления, средняя 5 — для вторичного дробления шелухи, нижняя 1 — для крупных частиц, которые после отделения мелкой крупки направляются на вибросита 3.

В дробилке также предусмотрены колеблющиеся плоскости 2 для равномерного распределения измельчаемой массы, индивидуальные пробоотборники 4, 8 и пробоотборник общего помола 9. Вибросита 6 обеспечивают отделение мелкой крупки.

Состав помола зависит от качества солода. Для солода недостаточного разрыхления используют более тонкий помол. Наиболее часто проводят помол следующего состава (%): оболочка (шелуха) 18...25, крупная крупка 8...12, мелкая крупка 30...40, мука 25...30.

## 28.2. ПОЛУЧЕНИЕ ПИВНОГО СУСЛА

Пивное сусло получают по следующей схеме: приготовление затора (затираание); фильтрование; кипячение сусла с хмелем; охлаждение и осветление сусла. Эта схема может осуществляться пе-

риодическим или непрерывным способом. В основном применяют периодический способ.

**Приготовление затора.** Цель затириания — извлечение из солода растворимых веществ. Значительная часть этих веществ образуется под действием ферментов солода. Главная роль в накоплении растворимых (экстрактивных) веществ принадлежит ферментативному расщеплению крахмала и белков солода.

На ферментативный гидролиз крахмала оказывает существенное влияние состояние крахмала, наличие и активность амилаз. Амилазы гидролизуют целые и механически поврежденные крахмальные зерна с незначительной скоростью, а клейстеризованный крахмал — с высокой скоростью. Клейстеризация крахмала ячменного солода при затириании происходит при температуре 60...80 °С. В процессе гидролиза крахмала под действием  $\alpha$ -амилазы происходит разжижение крахмального клейстера, образование и накопление декстринов, а под действием  $\beta$ -амилазы — образование и накопление мальтозы, поэтому этот этап гидролиза крахмала получил название *осахаривание*.

В пивоваренном производстве к ферментативному гидролизу крахмала предъявляют следующие требования:

степень расщепления крахмала должна быть глубокой и сусло не должно содержать высокомолекулярных декстринов — амило- и эритродекстринов, образующих с иодом окрашенные соединения;

в сусле кроме мальтозы должны присутствовать ахроо- и мальтодекстрины, которые обуславливают полноту вкуса и вязкость пива.

При затириании солода крахмал под действием  $\alpha$ - и  $\beta$ -амилаз расщепляется преимущественно до мальтозы и декстринов. Кроме того, образуется небольшое количество глюкозы и мальтотриозы. В пивном сусле содержится также незначительное количество фруктозы. Общее содержание редуцирующих веществ в сусле называют *сырой мальтозой*. Затириание должно обеспечивать образование 70...80 % сырой мальтозы и 20...30 % декстринов (от массы крахмала). Полноту осахаривания при затириании контролируют по иодной пробе.

Температурный оптимум для  $\beta$ -амилазы в заторе около 63 °С, а для  $\alpha$ -амилазы — 70 °С. Оптимальное значение рН для  $\beta$ -амилазы 4,8, для  $\alpha$ -амилазы — 5,7.

Белки солода при затириании под действием протеолитических ферментов расщепляются до растворимых белков, пептидов и аминокислот. В отличие от крахмала, который при затириании полностью превращается в растворимые продукты распада, белки расщепляются только от 1/3 до 2/5. Белки, не подвергшиеся расщеплению при солодоращении и затириании, переходят в нерастворившуюся часть затора, которая называется *дробинной*.

Перешедшие в сусло, а затем и в пиво растворимые вещества расщепления белков разделяют на стойкорастворимые и нестой-

корастворимые. К стойкорастворимым относятся аминокислоты, пептиды и часть растворимых белков. Эта группа азотистых соединений не выделяется из раствора при кипячении и играет важную роль в формировании полноты вкуса, пены и связывании диоксида углерода в пиве. Кроме того, эти вещества служат источником азота для питания дрожжей в процессе брожения.

Нестойкорастворимые (коагулируемые) азотистые вещества — это настоящие белки, выделяемые из растворов при кипячении. Они часто обуславливают помутнение готового пива.

Наиболее благоприятна для накопления аминокислот и пептидов температура 50 °С при рН 5,5...6,0. При температуре же 60 °С в тех же пределах рН распал белков идет с образованием высокомолекулярных пептидов.

Под действием цитолитических ферментов часть гемипеллюлоз при затирании подвергается гидролизу с образованием пентоз, переходящих в раствор.

Фосфорорганические соединения, расщепляемые ферментом фитазой до неорганических фосфатов и инозита, необходимы для питания, стимулирования роста и размножения дрожжей. Оптимальные условия действия фитазы — рН 5,2, температура 48 °С.

При затирании происходят и ферментативные процессы. Так, переходят в раствор содержащиеся в солоде сахара, дубильные и горькие вещества оболочек, а при кипячении отварок происходит коагуляция белков и меланоидинообразование.

В ряде случаев при приготовлении некоторых сортов пива часть солода заменяют несоложенными материалами (ячменной или кукурузной мукой, рисовой сечкой). Количество одновременно затираемого (смешиваемого с водой) зернового сырья (солода и несоложенных материалов) называется *застытью*, а количество воды, необходимое для затирания, — *главным наливом*. Обычно на 1 кг зернового сырья требуется 3,5...4 дм<sup>3</sup> воды.

Способы затирания. Наиболее распространены два способа затирания — настойный и отварочный. Общим для этих способов является выдержка затора при температурах, оптимальных для действия тех или иных ферментов солода.

Выдержка затора при температуре 45...52 °С благоприятна для протеолитических ферментов, расщепляющих белки до аминокислот, и называется *белковой паузой*. Температура 62...63 °С оптимальна для действия β-амилазы и накопления мальтозы. Поэтому выдержка затора при этих температурных условиях именуется *мальтозной паузой*. Выдержка при температуре 70...72 °С называется *паузой осахаривания*, так как в этот период происходит расщепление крахмала, амило- и эритродекстринов α-амилазой солода. Полноту осахаривания контролируют по иодной пробе. О наличии в заторе крахмала или амилодекстринов свидетельствует фиолетовое окрашивание, о наличии эритродекстринов — красное. Полностью осахаренный затор не изменяет желтой окраски иода.

При *настойном способе* затирания дробленый солод смешивают с водой и полученный затор постепенно нагревают до 75 °С, выдерживая соответствующие паузы для оптимального действия ферментов. Продолжительность белковой (40 °С), мальтозной (63 °С) и паузы осахаривания (70 °С) — 30 мин. Затем температуру затора поднимают до 72 °С и выдерживают до полного осахаривания, определяемого по иодной пробе. Осахаренный затор нагревают до 76...77 °С и подают на фильтрование.

При *отварочном способе* отдельные части затора (отварки) подвергают нагреванию до определенных температур, выдерживают, кипятят и смешивают с остальной частью затора, что повышает температуру всего затора. В зависимости от числа отварок применяют одно-, двух- и трехотварочные способы затирания.

Одноотварочный способ затирания. Воду температурой 54...55 °С смешивают с дробленым солодом в заторном аппарате, получают затор температурой 50...52 °С и выдерживают белковую паузу в течение 10...30 мин. Затем 1/3 затора (густую часть) перекачивают во второй заторный аппарат и постепенно нагревают эту отварку до 70 °С, проводят паузу осахаривания, нагревают до кипения и кипятят 20...30 мин, после чего возвращают в первый заторный аппарат к основному затору. При этом температура всего затора повышается до 70 °С. Затор выдерживают до полного осахаривания (контролируют по иодной пробе), а затем нагревают до 75...78 °С и перекачивают на фильтрование в фильтрационный аппарат.

Двухотварочный способ затирания. В заторном аппарате смешивают воду температурой 54...55 °С с дробленым солодом и выдерживают белковую паузу при 50 °С в течение 15...30 мин. Затем отбирают первую отварку (1/3 густой части затора) во второй заторный аппарат, медленно повышают температуру отварки до 62,5...67 °С, проводят мальтозную паузу; после этого повышают температуру до 70...72 °С и проводят паузу осахаривания. Далее отварку доводят до кипения, кипятят 15...30 мин и возвращают к основной части затора, в результате чего температура его снижается до 63...65 °С, проводят мальтозную паузу в течение 15 мин. Затем вновь отбирают 1/3 затора (вторая отварка) во второй заторный аппарат, повышают температуру отварки до 70 °С, проводят осахаривание в течение 15 мин, а потом доводят до кипения, кипятят 10...20 мин и смешивают с оставшимся затором. При этом температура всего затора достигает 75 °С. В течение 20...25 мин проводят полное осахаривание. По окончании осахаривания затор подают на фильтрование. Этот способ затирания является наиболее распространенным на пивоваренных заводах России.

Трехотварочный способ затирания. Смешивают дробленый солод с водой температурой 38...40 °С, что обеспечивает температуру затора 35...37 °С. Сразу же отбирают 1/3 затора (густую) во второй заторный аппарат, выдерживают белковую паузу в течение 10...15 мин при 50 °С, затем нагревают до 65...70 °С, осахаривают



15...25 мин и кипятят для светлых сортов пива 25...30 мин или для темных сортов 40...45 мин. После кипячения отварку возвращают к основному затору, тем самым повышая его температуру до 50...52 °С, снова отбирают 1/3 (густую) затора — вторую отварку, нагревают ее до 65...70 °С для осахаривания, а затем доводят до кипения и кипятят в течение 20...30 мин, после чего возвращают к основному затору. В результате температура затора повышается до 62...65 °С, что позволяет провести мальтозную паузу.

Для третьей отварки берут жидкую часть затора, доводят до кипения и кипятят 10...20 мин, возвращают к остальному затору. При этом температура затора достигает 75...78 °С и его перерабатывают на фильтрование. Трехотварочный способ затирания применяют в основном для получения темных сортов пива и в случаях переработки плохо растворимого солода.

Следует отметить, что при отварочных способах затирания по сравнению с настойным создаются благоприятные условия для действия ферментов (преимущественно амилаз), так как при кипячении отварок крахмал, находящийся в них, клейстеризуется и повышается его атакуемость (податливость) амилазами. Кроме того, повышается выход экстракта, а готовое сусло имеет более высокую степень сбраживания. Однако отварочные способы более длительны, энергоемки и сложны.

В целях экономии солод можно частично (30...50 %) заменять несоложенными материалами. Однако это приводит к ухудшению качества пивного сусла и готового пива, так как несоложенные материалы труднее измельчаются, крахмал и белки в них находятся в нативном (неизменном) состоянии, содержание ферментов в них невелико и расщепление составных веществ идет значительно труднее, чем в солоде. Поэтому в настоящее время при использовании в процессе затирания несоложенных материалов широко используются микробные ферментные препараты, а также мультиэнзимные композиции (МЭК), что позволяет более полно использовать несоложенное сырье, повысить выход экстракта и улучшить состав сусла, приблизив его по содержанию азотистых веществ и степени сбраживания к солодовому.

Выбор способа затирания зависит в основном от вида производимого пива, качества солода и конструкции варочных агрегатов.

Для получения пивного сусла в основном используют периодический способ, который осуществляется с помощью следующих аппаратов: заторного, фильтрационного и сусловарочного. Эти аппараты соединяют трубопроводами в варочные агрегаты, которые могут состоять из двух, четырех или шести аппаратов.

Наиболее распространены четырехаппаратные агрегаты, состоящие из двух заторных аппаратов, одного фильтрационного и одного сусловарочного.

Заторный аппарат (рис. 28.3) представляет собой цилиндрический сосуд с двойным сферическим днищем, образующим рубаш-

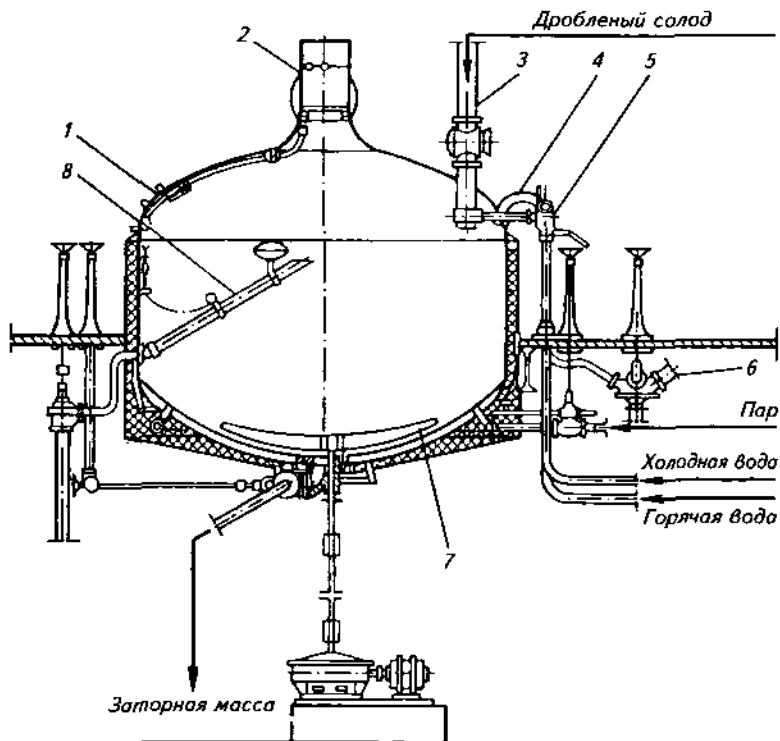


Рис. 28.3. Заторный аппарат

ку, с помощью которой осуществляются нагрев и кипячение затора, образующиеся при этом водяные пары удаляются через вытяжную трубу 2.

По трубе 3 дробленый солод поступает в аппарат и смешивается с водой, подаваемой из смесителя 5. Распределительный кран 6 служит для направления перекачиваемого затора в другой заторный или фильтрационный аппарат, а труба 4 — для возвращения затора из соседнего аппарата.

Кроме того, аппарат имеет смотровой люк 1, лопастные мешалки 7 и стяжную трубу 8 для декантации жидкой части затора.

Сушеварочный котел отличается от заторного более развитой поверхностью, что обеспечивает выпаривание значительного количества воды за непродолжительное время (1 ч). Кроме того, в котле осуществляется постоянная циркуляция кипящего суслу.

**Фильтрация затора.** Как известно, фильтрация — это процесс разделения суспензий с помощью пористой перегородки, пропускающей жидкость и удерживающей взвешенные в ней

твердые частицы. При фильтрации затора его разделяют на сусло (фильтрат) и дробину (твердую фазу) в фильтрационном аппарате или фильтр-прессе. Фильтрующим материалом в фильтрационном аппарате является дробина, в фильтр-прессе — хлопчатобумажная ткань. Фильтрация затора состоит из двух стадий: получение первого сусла, т. е. сусла, образующегося при фильтрации затора, и сусла, образующегося при промывании дробины с целью извлечения из нее экстрактивных веществ.

Фильтрация характеризуется скоростью фильтрации, т. е. количеством фильтрата, полученного с  $1 \text{ м}^2$  фильтрующей поверхности в единицу времени. На скорость фильтрации влияют структура и толщина осадка, качество и степень дробления солода, давление при фильтрации и вязкость сусла. Для быстрого фильтрации и получения прозрачного сусла необходимо иметь хорошо растворимый солод не слишком тонкого помола, правильное расщепление белков и осахаривание крахмала при затирании.

Структура дробины неоднородна. В ней содержатся крупные и мелкие частицы оболочек, а также мелкие частицы скоагулированных белков. Эти белки создают плохо проницаемый слой, затрудняющий фильтрацию. Для успешного фильтрации скоагулированные белки должны быть перемешаны с частицами оболочек. Нормальные условия фильтрации могут быть достигнуты при высоте слоя дробины 30...40 см. При меньшей высоте затор быстрее охлаждается и увеличивается продолжительность фильтрации, при большей высоте скорость фильтрации уменьшается, а из дробины при промывании труднее извлекаются экстрактивные вещества. С повышением температуры уменьшается вязкость сусла и возрастает скорость фильтрации. Однако температура затора не должна превышать 75...78 °С, а температура воды для промывания дробины 78...80 °С, так как более высокая температура обуславливает инактивацию  $\alpha$ -амилазы, в результате оставшийся нерасщепленным крахмал клейстеризуется и сусло получается мутным.

Процесс фильтрации в фильтрационном аппарате состоит из подготовки резервуара, отстаивания затора, фильтрации первого сусла, промывания дробины и ее удаления. Общая продолжительность цикла около 3,5...6,0 ч.

При фильтрации затора в фильтр-прессе фильтрующим материалом служат салфетки из хлопчатобумажной ткани, что позволяет перерабатывать солод более тонкого помола и получать хорошо осветленное сусло с повышенным выходом экстракта. Однако фильтр-прессы трудоемки в обслуживании.

**Кипячение сусла с хмелем.** Цель кипячения сусла с хмелем — выпаривание сусла до определенного содержания сухих веществ в зависимости от сорта пива; осаждение (коагуляция) белков; извлечение из хмеля горьких ароматических веществ, придающих суслу и пиву характерный горький вкус и хмелевой аромат; стерилизация сусла; инактивация ферментов.

Эта стадия производства состоит из следующих операций: кипячения сусла с хмелем и отделения хмелевой дробины.

При кипячении пивного сусла происходит коагуляция белков (укрупнение коллоидных частиц под действием молекулярных сил сцепления). Из-за наличия электрического заряда коллоидные частицы белков взаимно отталкиваются, а при кипячении они лишаются электрического заряда, укрупняются и под действием силы тяжести начинают оседать. Различают скрытую и явную коагуляцию. При скрытой коагуляции внешне изменений не наблюдается, а на второй стадии — явной коагуляции — появляется муть и образуется осадок. Выведение в осадок растворимых белков при кипячении сусла обеспечивает стойкость сусла и пива к белковому помутнению. Неполная коагуляция белков приводит к торможению брожения из-за адсорбции белков на поверхности дрожжевых клеток, а это, в свою очередь, обуславливает плохое осветление пива при дображивании, фильтровании пива и снижение биологической стойкости пива. Коагуляция белков зависит от продолжительности и интенсивности кипячения. Максимальное количество белков выпадает в осадок в течение первого часа кипячения, но и спустя 2,5 ч кипячения коагуляция белков продолжается. Однако продолжительное кипячение может способствовать разрушению крупных хлопьев, что также нежелательно. На коагуляцию белков оказывает влияние содержание сухих веществ в сусле. В сусле низкой концентрации белки быстрее коагулируют, а в более концентрированном сусле значительно медленнее. Кроме этого процесс коагуляции протекает быстрее и полнее при интенсивном кипячении, и наоборот.

При кипячении сусла с хмелем происходит растворение и превращение составных веществ хмеля: горьких, ароматических и дубильных веществ. Из горьких веществ хмеля в сусло переходят  $\alpha$ - и  $\beta$ -горькие кислоты. Основным источником горечи и антисептичности пива являются вещества, образующиеся при кипячении за счет изомеризации  $\alpha$ -горькой кислоты. Эти вещества образуются в первые 20...30 мин кипячения сусла с хмелем и обеспечивают около 90 % горечи пива.

Из всего количества экстрагированных горьких веществ в пиве остается только 20...25 %, остальное количество теряется с хмелевой дробинкой, белковым отстоем и дрожжами.

Ароматические вещества хмеля (эфирное масло) при кипячении сусла со свежим хмелем практически все улетучиваются (до 90 %). Поэтому продолжительность кипячения сусла желательно сокращать после внесения последней порции хмеля.

Дубильные вещества хмеля хорошо растворимы в воде, и наличие их в сусле обеспечивает лучшее осветление и благотворно влияет на вкус пива.

При кипячении из хмеля и солода экстрагируются красящие вещества, происходит окисление дубильных веществ и образу-

ются меланоидины, что способствует изменению цветности сусла.

Количество вносимого хмеля зависит от сорта пива, качества хмелевого сырья и химического состава воды. Расход хмеля увеличивается в летний период и сокращается в зимний. При использовании воды, содержащей карбонаты, повышается горечь пива. Поэтому при работе на такой воде вносят меньше хмеля.

Внесение хмеля в сусло осуществляют в два или три приема. В сусло с массовой долей сухих веществ до 11 % хмель вносят в два приема: 90 % в начале кипячения и 10 % — за 30...40 мин до окончания. В сусло с массовой долей сухих веществ выше 12 % хмель вносят в три приема: 80 % — в начале кипячения; 15 % — за 30 мин до окончания и 5 % — за 5...10 мин до окончания.

Кипячение сусла с хмелем осуществляют в сушеварочных котлах в течение 1,5...2,0 ч. Кипячение должно быть интенсивным для обеспечения быстрой коагуляции белков и лучшего использования горьких веществ хмеля. Об окончании операции судят по ряду показателей: массовой доле сухих веществ в сусле, свертыванию белков и прозрачности сусла.

Сусло упаривают до определенной массовой доли сухих веществ, зависящих от сорта пива. Правильно прокипяченное сусло, налитое в стакан, — прозрачное с блеском, с быстро оседающими крупными хлопьями свернувшихся белков.

Прокипяченное сусло направляют в хмелеотделитель, который представляет собой резервуар, куда вставляют сито, на котором задерживается хмелевая дробина. Для извлечения остатков сусла дробину промывают горячей водой, промывные воды присоединяют к суслу и отправляют на охлаждение.

**Охлаждение и осветление сусла.** Цель этой стадии — освобождение охмеленного сусла от взвесей, насыщение его кислородом и доведение температуры сусла до благоприятной для процесса брожения.

Охлаждение сусла осуществляют в два приема. Вначале сусло медленно охлаждают до 60 °С, а затем быстро до 4...6 °С при низовом брожении или до 14...16 °С при верховом.

Охлаждение сусла ускоряет выпадение в осадок взвешенных частиц, содержащихся в сусле. В сусле присутствуют грубые и тонкие взвеси. Грубые взвеси образуются при кипячении сусла с хмелем. Этот осадок называют горячим или грубым. Основная часть горячего осадка задерживается хмелевой дробинкой, оставшаяся часть выделяется при охлаждении прозрачного горячего сусла до 60 °С. В состав осадка входят (%): белковые вещества 50...60, хмелевые смолы 16...20, минеральные вещества 2...3 и прочие органические вещества 20...30.

На второй стадии охлаждения из сусла выделяются вещества, растворимые в горячем сусле и нерастворимые в холодном. Образующийся осадок называется «холодным» или тонким.

При охлаждении увеличивается поглощение суслom кислорода воздуха, так как повышается растворимость газов из-за понижения температуры сусла. При наличии кислорода протекают нежелательные окислительные процессы: сусло темнеет, снижается хмелевой аромат, появляется горечь. В то же время кислород способствует коагуляции белков и образованию хорошего осадка в сусле, что обуславливает лучшее осветление.

Первая стадия охлаждения и осветления протекает на холодильной тарелке или в отстойном аппарате.

Холодильная тарелка — это плоский открытый сосуд высотой 30 см, имеющий небольшой уклон. На дне тарелки установлены вентили для удаления осадка и слива сусла. Для предотвращения попадания в сусло частиц осадка и других примесей вентиль для слива сусла снабжен выступающим над дном патрубком с ситом. Высота слоя сусла на тарелке 215...250 см, длительность охлаждения — 2...6 ч.

Отстойный аппарат представляет собой цилиндрический закрытый резервуар, снабженный змеевиком. Аппарат заполняют суслom на высоту до 0,9 м и путем подачи холодной воды в змеевик охлаждают его. Сусло сливают по трубе, соединенной с поплавком. По мере вытекания сусла поплавок опускается вместе со сливной трубой. Осадок удаляется через вторую трубу и направляется на фильтр-пресс для извлечения остатка сусла. Длительность охлаждения сусла в отстойном аппарате около 20 мин.

Более полного осветления сусла и уменьшения его потерь с осадком можно добиться путем сепарирования или с помощью гидроциклонных аппаратов (см. рис. 5.4).

Вторая стадия охлаждения сусла осуществляется в пластинчатых теплообменниках или холодильниках типа «труба в трубе».

Наибольшее распространение получил способ охлаждения сусла до начальной температуры брожения в пластинчатых теплообменниках, так как он позволяет исключить инфицирование сусла. Кроме того, пластинчатые теплообменники занимают меньшую площадь, их легко обслуживать.

Полученное осветленное сусло в зависимости от вида пива должно отвечать определенным требованиям по концентрации (массовой доли сухих веществ), кислотности и цвету.

### 28.3. БРОЖЕНИЕ ПИВНОГО СУСЛА

Сусло, полученное на стадии осветления, превращается в пиво в результате брожения, осуществляемого пивными дрожжами. Большую часть пива получают при низовом брожении (см. главу 11), которое протекает в две фазы. В первой фазе в сусле, охлажденном до температуры сбраживания 5...9 °С, протекает бурное брожение, продолжающееся короткое время (6...14 сут). При

этом температура сусла поднимается, как правило, до 10 °С; образующийся диоксид углерода улавливается и используется как побочный продукт. Во второй фазе, которая называется *дображиванием*, более продолжительной по времени (от 21 дня до нескольких месяцев), молодое пиво при очень низкой температуре (-0,5...+3 °С) насыщается образующимся диоксидом углерода в закрытых резервуарах (лагерных танках) и дозревает. Такой метод периодического (стационарного) брожения называется классическим.

Наряду с классическими методами используют непрерывные способы брожения и дображивания, позволяющие ускорить эти процессы и повысить экономичность производства.

В пивоваренном производстве применяют дрожжи низового брожения вида *Saccharomyces carlsbergensis*, отвечающие следующим требованиям: они быстро и глубоко сбраживают сахара пивного сусла; хорошо осветляют пиво за счет быстрого оседания в виде хлопьев; придают пиву хорошо выраженный мягкий вкус и аромат. Ценные качества дрожжей не всегда присутствуют в одной расе. Поэтому применяют смесь дрожжей разных рас или ведут брожение на разных расах отдельно, а при дображивании молодое пиво смешивают.

Для накопления необходимого количества биомассы дрожжей чистую культуру разводят в стерильных условиях в две стадии: лабораторная и цеховая (отделение чистой культуры).

Выведенные дрожжи используют несколько раз. Дрожжи, используемые повторно, называют *семенными*. По окончании главного брожения на дне бродильного аппарата образуется осадок дрожжей из трех слоев. Нижний слой — это старые, с низкой бродильной активностью дрожжевые клетки; средний слой — наиболее активные дрожжевые клетки и белковые хлопья; верхний слой — мелкие дрожжевые клетки с пониженной способностью к оседанию, белковые взвеси и хмелевые смолы. В качестве семенных используют дрожжи из среднего слоя, предварительно процеженные и промытые водой. Каждый повторно используемый оборот семенных дрожжей называется *генерацией*. При достаточной биологической чистоте семенных дрожжей используют до 10 генераций.

**Процессы, происходящие при брожении сусла.** В период главного брожения протекают биологические, биохимические и физико-химические процессы.

К биологическим процессам относится размножение дрожжей. Пивное сусло содержит все необходимые для нормального развития и размножения дрожжей питательные вещества.

Наиболее интенсивное размножение дрожжей идет в первые сутки брожения, а затем по мере расходования питательных веществ и накопления продуктов брожения скорость размножения дрожжей снижается (см. рис. 11.1). К концу брожения количество дрожжевых клеток увеличивается в 2...5 раз.

Основным биохимическим процессом на этой стадии является спиртовое брожение — превращение сахаров в этанол и диоксид углерода [см. уравнение (11.3)] ферментами дрожжей. В первую очередь сбраживаются моносахариды, затем дисахариды. Триозы (мальтотриоза) сбраживаются большей частью в период дображивания.

Наряду с главными (основными) продуктами брожения ( $C_2H_5OH$  и  $CO_2$ ) пивные дрожжи образуют в небольших количествах побочные продукты: высшие спирты, сложные эфиры, альдегиды, органические кислоты и ряд других соединений. Эти вещества участвуют в формировании вкуса и аромата пива. На образование побочных продуктов брожения оказывают влияние штамм дрожжей, нормы их внесения, условия и режим брожения, состав сусла и др.

К физико-химическим процессам относится изменение рН и  $rH_2$ . В процессе брожения активная кислотность (рН) возрастает из-за образования углекислоты и органических кислот, что влечет за собой уменьшение рН с 5,3...5,6 в начальном сусле до 4,3...4,5 в молодом пиве. Увеличение кислотности обуславливает выделение части белков, дубильных и горьких веществ хмеля. Кроме того, выделяются мертвые дрожжевые клетки. Все эти частицы стремятся осесть на дно бродительного резервуара, но из-за сопротивления диоксида углерода, выделяющегося в виде пузырьков, часть более легких частиц выносятся на поверхность бродящего сусла и образует пену в виде завитков различной высоты и формы. В процессе брожения пена постепенно опадает и на поверхность пива остается сплошной слой выделившихся частиц, называемый *декой*.

Окислительно-восстановительный потенциал ( $rH_2$ ) во время брожения понижается с 20 в начальном сусле до 10...11 в молодом пиве, что связано с интенсивным потреблением кислорода дрожжами и торможением тем самым окислительных процессов.

**Факторы, влияющие на брожение сусла.** На процесс брожения решающее влияние оказывают температура, расход дрожжей, состав и концентрация сусла.

Самый эффективный способ изменения скорости брожения — регулирование температуры. При низкой температуре брожение и размножение дрожжей замедляются, а при высокой — эти процессы ускоряются. При низовом способе брожения используют два температурных режима: холодный (5...9 °С) и теплый (9...14 °С).

На скорость брожения оказывает влияние количество вводимых дрожжей.

Как правило, норма введения дрожжей составляет 0,5...0,8 л/гЛ\* сусла. Это соответствует  $(15...20)10^6$  дрожжевых клеток в 1 см<sup>3</sup> сусла. Уменьшение нормы возможно при высокой температуре сусла и проведении брожения в закрытых резервуарах. При использовании открытых резервуаров в сусло, зараженное термоустойчивы-

\*1 гектолитр = 100 литров.



ми бактериями, норму дрожжей увеличивают. Кроме того, при продолжительном хранении семенных дрожжей их расход необходимо увеличить.

На ход брожения существенное влияние оказывают состав и концентрация сусла. Сусло должно содержать достаточное количество кислорода; степень расщепления белков солода должна обеспечивать дрожжи достаточным количеством азотистых веществ; в сусле должно быть соблюдено определенное соотношение сахаров и нес сахаров и проведено хорошее осахаривание; перед сбраживанием рН сусла должен соответствовать 5,8; оптимальное содержание экстракта в начальном сусле 10...12 %. Сусло с более низким содержанием экстракта не обеспечивает дрожжи необходимым питанием, а в сусле с экстрактивностью выше 18 % брожение замедляется.

**Стадии главного брожения.** В ходе главного брожения различают четыре стадии, отличающиеся внешним видом поверхности бродящего сусла (деки), температурой сусла, снижением экстрактивности, образованием диоксида углерода и этанола, а также осветлением молодого пива. В зависимости от внешнего вида поверхности бродящего сусла стадии брожения именуют: забел, брожение низких завитков, высоких завитков, образование деки.

Первая стадия главного брожения (забел) длится около суток и характеризуется интенсивным размножением дрожжей и незначительным сбраживанием сахаров, которое сопровождается выделением небольшого количества диоксида углерода в виде пузырьков. Через 12...24 ч на поверхности сусла образуется равномерный слой белой пены.

На второй стадии брожения (низких завитков) скорость размножения дрожжей возрастает, интенсифицируются брожение и выделение диоксида углерода. Образуется плотная белая пена в виде завитков. Происходит заметное уменьшение экстракта (на 0,8...1,2 % за 24 ч), возрастание температуры (от 0,5 до 0,8 °С за 24 ч), снижение рН до 4,7...4,9 от исходного 5,6. Этот период длится 2...3 сут.

На третьей стадии (высоких или коричневых завитков) брожение достигает максимума. Пенообразование усиливается, высота завитков растет и достигает наибольшей величины, а завитки окрашиваются в коричневый цвет, так как диоксид углерода выносит на поверхность остатки взвесей, дубильно-белковые соединения, хмелевые смолы, которые на воздухе окисляются и придают завиткам коричневую окраску. Температура быстро возрастает, что требует охлаждения сусла. Содержание экстракта значительно снижается (на 1,0...1,8 % за 24 ч). Размножение дрожжей приостанавливается из-за уменьшения питательных веществ и в результате накопления продуктов брожения. К концу стадии рН снижается до 4,6...4,4 и остается на этом уровне и в дальнейшем. Продолжительность этой стадии 3...4 сут.

На четвертой стадии (образование деки) прекращается размножение дрожжей и ослабевают брожение и выделение диоксида углерода, завитки постепенно опадают и образуется слой низкой и густой пены (деки). Происходит хлопьеобразование дрожжей и их оседание на дно. Молодое пиво осветляется. Расход питательных веществ (экстракта) снижается и к концу стадии достигает 0,2...0,3 % за 24 ч. По достижении этого состояния главное брожение считается законченным. Продолжительность четвертой стадии около 2 сут.

Общая продолжительность главного брожения в зависимости от концентрации сусла и температуры процесса от 6 до 14 сут.

**Способы брожения сусла.** Брожение сусла осуществляют в охлаждаемом до 6...8 °С помещении (бродильном цехе), в котором располагают бродильные аппараты открытого или закрытого типа, устанавливаемые в горизонтальном или вертикальном положении. Бродильный аппарат представляет собой цилиндрическую емкость объемом от 7 до 45 м<sup>3</sup> с полусферическим днищем, изготовленным из нержавеющей стали и алюминия. Внутренняя поверхность аппаратов из стали имеет защитное покрытие. Внутри бродильного аппарата устанавливают трубчатые холодильники, через которые пропускают воду температурой 0,5...1,0 °С.

Самые распространенные способы брожения периодический и полунепрерывный.

**Периодический** (традиционный) способ брожения осуществляется в одном аппарате при одновременном введении сусла и дрожжей. Количество вводимых дрожжей зависит от концентрации и температуры сусла, расы дрожжей и др. В среднем на гектолитр (100 л) сусла вносят 0,4...0,8 л дрожжей. В первые двое суток брожения допускают повышение температуры бродящего сусла до 8...9 °С, а затем сусло охлаждают так, чтобы к концу брожения температура постепенно достигла 4...5 °С. Брожение считается законченным при сбраживании 0,15...2,0 % экстракта за 24 ч. Такой способ брожения имеет ряд недостатков: во-первых, сложно обеспечить требуемую глубину сбраживания экстракта, так как из-за снижения температуры дрожжи могут потерять бродильную активность; во-вторых, использование дрожжей 8 поколений обуславливает колебания в качестве пива из-за различного физиологического состояния дрожжей в каждой из поколений; в-третьих, молодое пиво, полученное таким способом, требует длительной выдержки для удаления ряда веществ, обуславливающих привкус молодого пива; в-четвертых, процесс брожения относительно продолжителен и может достигать 11 сут.

**Полунепрерывный** способ брожения осуществляется в закрытых вертикальных аппаратах, объединенных в одну линию, которая состоит из аппарата для предварительного брожения и пяти бродильных аппаратов. Аппарат предварительного брожения предназначен для поддержания дрожжей в самой активной физи-

ологической фазе — логарифмической фазе роста (см. рис. 11.1) при постоянной их концентрации. При таком способе брожения холодное пивное сусло фильтруется, насыщается кислородом и направляется в аппарат предварительного брожения, куда вводят двукратную норму дрожжей (1 л/гл). После перемешивания в течение 30 мин сусло оставляют в покое на 24 ч при температуре 6...8 °С. Затем половину содержимого аппарата предварительного брожения перекачивают в первый бродительный аппарат и доливают обе емкости свежим суслом. Через 24 ч очередную половину содержимого аппарата предварительного брожения направляют во второй бродительный аппарат и снова доливают эти аппараты свежим суслом. Эти манипуляции повторяют в течение 5 сут через каждые 24 ч до заполнения всех аппаратов. Затем молодое пиво температурой не выше 5 °С из первого бродительного аппарата перекачивают в аппарат дображивания, а освободившийся аппарат брожения готовят для следующего заполнения и т. д. Продолжительность цикла по данной схеме 1...1,5 мес.

#### 28.4. ДОБРАЖИВАНИЕ И СОЗРЕВАНИЕ ПИВА

Молодое пиво имеет невыравненный вкус, содержит взвешенные частицы, в том числе дрожжевые клетки, а также определенное количество несброженных сахаров. Для достижения полноты вкуса, достаточной степени растворения диоксида углерода и осветления пиво дображивают в закрытых аппаратах при повышенном давлении и низкой температуре в лагерных отделениях.

При дображивании медленно сбраживаются оставшиеся в молодом пиве сахара, а выделяющийся при этом диоксид углерода растворяется в пиве. Так как с повышением давления и понижением температуры растворимость газов возрастает, для увеличения содержания  $\text{CO}_2$  в пиве температура в лагерном отделении поддерживается на уровне 0...3 °С, а избыточное давление в лагерных аппаратах — на уровне 0,03...0,045 МПа. Содержание диоксида углерода в пиве имеет важнейшее значение:  $\text{CO}_2$  придает пиву приятный и освежающий вкус, участвует в пенообразовании, предотвращает пиво от соприкосновения с кислородом воздуха, подавляет развитие посторонних микроорганизмов. В молодом пиве содержание  $\text{CO}_2$  составляет 0,15...0,20 %, а в готовом — более 0,30 %.

После полного сбраживания сахаров идет процесс созревания пива. При созревании после охлаждения пива и выпадения в осадок веществ, которые растворяются при температуре главного брожения, происходит осветление пива. Благодаря осаждению дрожжевых клеток в пиве исчезает дрожжевой привкус. Происходит коагуляция хмелевых смол и смягчается привкус хмелевой горечи. В осадок переходят и белково-дубильные соединения.

В процессе созревания образуются эфиры, сложные эфиры и альдегиды, в результате чего пиво приобретает приятный вкус и аромат.

Дображивание проводят в закрытых аппаратах горизонтального или вертикального типа, которые изготавливают из различных материалов (дерева, нержавеющей стали и алюминия). Объем лагерных бочек может составлять 10 гл, а металлических танков — до 2000 гл.

В любые аппараты пиво для дображивания подают снизу самотеком или насосом. Заполняют до 96...98 % геометрического объема аппарата. В момент активного дображивания диоксид углерода, полностью вытесняя воздух из аппарата, создает давление, которое способствует лучшему дображиванию пива. Для этого используют шпунт-аппараты, в состав которых входят манометр и предохранительный клапан. Манометр устанавливают на требуемое избыточное давление, которое выравнивается при превышении заданной величины медленным выпуском избытка  $\text{CO}_2$ . Оптимальный ход дображивания зависит от выбора времени шпунтования (преждевременное и позднее шпунтование недопустимы). Шпунтование считается своевременным при медленном росте давления в первые дни и быстром достижении требуемого избыточного давления.

Продолжительность выдержки пива при избыточном давлении влияет на связывание диоксида углерода. На продолжительность дображивания и созревания пива оказывают влияние экстрактивность исходного сусла, степень сбраживания к концу главного брожения и температура лагерного отделения. Пиво с более высокой экстрактивностью и пиво с более низкой степенью сбраживания к моменту перекачивания дображивается медленнее. Дображивание при температурах ниже  $4^\circ\text{C}$  протекает медленнее, но проведение дображивания при более высоких температурах оказывает отрицательное влияние на связывание диоксида углерода, стойкость пены и вкус готового пива.

Пиво достигает достаточной насыщенности  $\text{CO}_2$  и приобретает определенную пенистость еще на стадии «оживленного» дображивания, но формирование и выравнивание вкуса пива нуждается в его длительном созревании.

Продолжительность дображивания и созревания пива находится в пределах от 11 до 90 сут и для каждого наименования пива своя. В отдельных случаях (пиво на экспорт) этот период может составлять от 6 до 9 мес.

Кроме описанных выше способов брожения и дображивания пива применяются ускоренные и непрерывные способы, направленные на интенсификацию процесса.

**Ускоренные способы брожения и дображивания.** Проведение процессов брожения и дображивания в одном аппарате — цилиндрико-коническом бродильном аппарате (ЦКБА) позволяет: сокра-

тить потери пива при перекачках; удалить дрожжи при заполненном аппарате; уменьшить затраты труда, энерго- и материалоемкость; снизить капитальные затраты на строительство на 30...35 %, так как цилиндрическая часть аппарата располагается вне здания; улучшить вкус и повысить стойкость пива.

Цилиндро-конический броидильный аппарат (рис. 28.4) представляет собой вертикальный цилиндро-конический сосуд из нержавеющей стали с полированной внутренней поверхностью. Аппарат имеет четыре охлаждающие рубашки 3, расположенные в цилиндрической части, и одну 4 — в конической части. С помощью опорного кольца 1, расположенного внизу цилиндрической части корпуса, аппарат закрепляется на перекрытии здания при установке аппарата на открытом воздухе. К патрубку 2 присоединяется шпунт-аппарат и вакуум-прерыватель с гидравлическим затвором. Аппарат имеет вводы для сусла, дрожжей, диоксида углерода, хладагента, моющих жидкостей, датчики контроля и регулирования температуры, а также предельного верхнего уровня.

ЦКБА заполняется аэрированным суслим температурой  $10^{\circ}\text{C}$  в 2...3 приема. После подачи первой части сусла вносят дрожжи из расчета 0,5...0,7 л на 1 гл сусла и заполняют 85 % геометрической емкости аппарата суслим. Брожение начинается при температуре  $10^{\circ}\text{C}$ , а затем в течение первых двух суток она повышается до  $14^{\circ}\text{C}$  и поддерживается на этом уровне в течение 3...4 сут. На 5...6-е сутки брожение заканчивается. Содержание сухих веществ в пиве снижается с

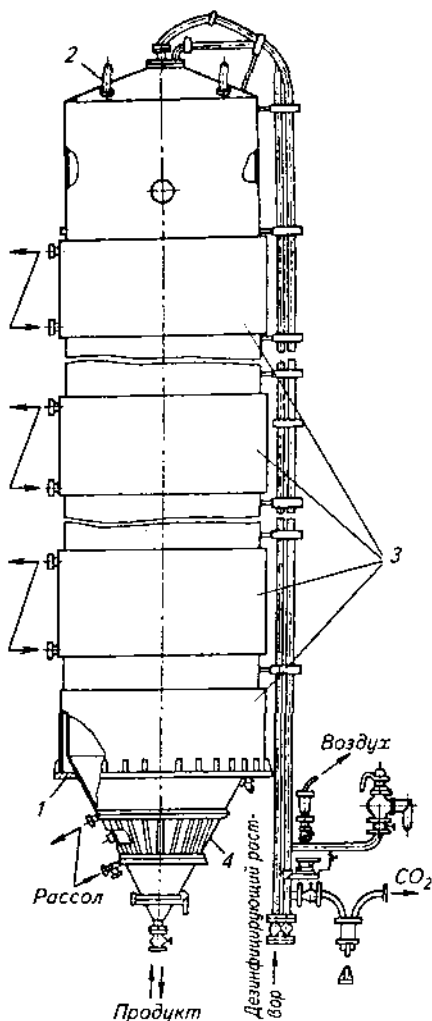


Рис. 28.4. Цилиндро-конический броидильный аппарат

11,0 до 2,2...2,6 %. Температуру бродящего сусла регулируют подачей хладагента в рубашки 3. Затем коническую часть аппарата охлаждают до температуры 2 °С, вызывая оседание дрожжей, которое длится двое суток. В верхней зоне цилиндрической части аппарата температуру поддерживают на уровне 13...14 °С, а в нижней — 10...13 °С в течение трех суток. На 5...6-е сутки достигается конечная степень сбраживания (2,2...2,5 % сухих веществ). Затем коническую часть аппарата резко охлаждают до температуры пива 0,5...1,5 °С, а в цилиндрической температуре пива поддерживают на уровне 12...14 °С в течение 6...7 сут. Затем аппарат зашпунтовывают и поддерживают избыточное давление 0,05...0,07 МПа, а температуру пива во всем аппарате доводят до 0,5...1,5 °С. Дображивание пива длится 6...7 сут. Затем из конической части аппарата дрожжи спускают в специальный сборник, где их хранят до следующего использования при температуре 0...1 °С. Пиво выдерживают в ЦКБА после удаления дрожжей еще около двух суток. Общая продолжительность брожения и дображивания 13...14 сут.

За рубежом получил распространение ускоренный способ брожения и созревания, сущность которого заключается в проведении брожения при повышенной температуре. Брожение начинают при 7...8 °С, затем температуру повышают до 12...15 °С и на 7-е сутки молодое пиво по степени сбраживания приближается к готовому продукту, поэтому дображивание не проводят. Молодое пиво охлаждают до -1 °С в теплообменниках и подвергают карбонизации (насыщение CO<sub>2</sub> в специальных аппаратах). Одновременно с этим проводят выделение дрожжей и взвешенных частиц, а пиво стабилизируют. Через 2...12 сут готовое пиво фильтруют и разливают.

Однако сбраживание при повышенной температуре приводит к значительному накоплению побочных продуктов брожения и ухудшению вкуса пива. Во избежание указанных недостатков главное брожение проводят при 8...9 °С до достижения 50%-й степени сбраживания, затем брожение ведут при 13...14 °С, что обеспечивает интенсивное дображивание. После удаления дрожжей пиво созревает в течение трех суток, затем его охлаждают до -1 °С, карбонизируют и стабилизируют. Продолжительность брожения и дображивания 7...8 сут, а выдержка охлажденного пива 3...4 сут. При данном способе пиво имеет хороший вкус и не содержит повышенного количества побочных продуктов брожения.

**Непрерывные способы брожения.** При использовании непрерывного брожения дрожжи находятся в неизменяющейся среде, так как концентрацию питательных веществ и продуктов жизнедеятельности дрожжей поддерживают постоянной. В бродильный аппарат с предварительно сброженным суслом равномерно подают свежее сусло и одновременно отбирают молодое пиво. Скорость брожения регулируют температурой, количеством дрожжей, интенсивностью аэрации и перемешивания. Непрерывное броже-

ние может осуществляться в одном или нескольких резервуарах. Из-за ряда недостатков (низкая стойкость готового пива, продолжительный период дезинфекции оборудования и т. д.) в России данный способ не нашел применения.

Несмотря на использование непрерывного способа брожения и дображивания пива в Англии, Канаде, Германии, Чехии и других странах, проблемы, возникающие при этом, существенно ограничивают его внедрение.

## 28.5. ОСВЕТЛЕНИЕ И РОЗЛИВ ПИВА

**Осветление пива.** При созревании пива достичь полного его осветления не удастся. Пиво остается мутным из-за присутствия в нем взвешенных частиц: дрожжевых клеток, белково-дубильных соединений, белков и хмелевых смол. Вещества и частицы, вызывающие помутнение пива, удаляются фильтрованием, а также иногда сепарированием (центрифугированием).

Наиболее эффективный способ осветления пива — фильтрация (см. главу 5). В качестве фильтрующих материалов используют фильтр-массу из волокон растительного происхождения (в основном целлюлозы) с добавлением небольшого количества асбеста, спрессованную в виде чаши или тарелок. Поскольку эту массу используют многократно, то после каждого фильтрования ее промывают и дезинфицируют. Чаще всего фильтрацию осуществляют на чашечных фильтр-прессах. Основными недостатками такого способа фильтрования являются потери пива и большие затраты ручного труда. На современном этапе этот способ активно вытесняется другими.

Наибольшее распространение в настоящее время получил способ фильтрации через диатомит. Диатомит — рыхлая осадочная порода, состоящая из панцирей древних кремнистых водорослей (диатомей). Используемый в пивоварении диатомит должен быть тщательно очищен и содержать не менее 90 % кремнезема с размером частиц 120 мкм.

Диатомитовые фильтры являются намывными и состоят из собственно фильтра и дозатора диатомита. Конструктивно диатомитовые фильтры делятся на вертикальные и горизонтальные.

Отечественные заводы оборудованы преимущественно намывными рамными фильтрами горизонтального типа. На таких фильтрах намывной слой из диатомита образуется на пластинах из целлюлозного картона. Процесс фильтрования на аппаратах горизонтального типа состоит из заполнения фильтра водой, нанесения слоя диатомита, удаления воды, фильтрования, удаления пива и мойки фильтра. Фильтрование ведут до повышения давления до 0,06 МПа. После окончания фильтрования через фильтр пропускают сначала холодную воду, а затем для стерилизации фильтра — горячую.

Из аппаратов вертикального типа на отечественных заводах используются патронные фильтры, главными элементами которых являются вертикальные стержни (патроны). Патрон представляет собой перфорированную трубку с намотанной на нее по спирали проволокой из нержавеющей стали. Фильтрация начинается с подачи суспензии диатомита, который постепенно оседает (намывается) на спиралеобразной проволочной обмотке. При этом вода проникает внутрь патрона, а диатомит удерживается обмоткой. Постепенно образуется фильтрующая поверхность. Затем пиво фильтруют при непрерывном внесении в него порошка диатомита. Отфильтрованное пиво дополнительно осветляют на пластинчатых фильтрах с использованием фильтр-картона, который улавливает микроорганизмы, белковые и другие вещества.

К достоинствам патронных фильтров следует отнести удлинение периода работы из-за постоянного возрастания фильтрующего слоя диатомита, что обуславливает увеличение фильтрующей поверхности. Кроме того, фильтр можно очищать и промывать в собранном состоянии.

Осветление пива можно проводить путем сепарирования (центрифугирования) на сепараторах с частотой вращения ротора до  $5000...7000 \text{ мин}^{-1}$ , снабженных герметичной изоляцией, предотвращающей утечку диоксида углерода и доступ воздуха к пиву. При сепарировании давление пива на входе должно соответствовать  $0,07 \text{ МПа}$ , а на выходе  $0,5 \text{ МПа}$ .

Пиво, осветляемое сепарированием, нуждается в длительной предварительной выдержке на холоде, так как без выполнения этого условия пиво при хранении в холодильнике быстро мутнеет.

В готовом пиве может содержаться недостаточное количество диоксида углерода, обусловленное чаще всего отступлениями от технологических режимов, а также потерей  $\text{CO}_2$  при фильтрации. Для восполнения в пиве необходимого количества диоксида углерода проводят карбонизацию (насыщение  $\text{CO}_2$ ) перед розливом. Охлажденное до  $0...1 \text{ }^\circ\text{C}$  пиво направляют в колончатый карбонизатор (рис. 28.5) в нижнюю часть колонки 6, где пиво взаимодействует с диоксидом углерода, поступающим из распылителя 9 под давлением  $0,15...0,20 \text{ МПа}$ . Далее смешанное с диоксидом углерода пиво направляется вверх и проходит через латунную решетку 8 и зону 7, заполненную стеклянными шариками, которые обеспечивают увеличение поверхности контакта пива с  $\text{CO}_2$ . Карбонизированное пиво по трубопроводу 3 подается в сборник 1, снабженный краном 2 для сброса избыточного  $\text{CO}_2$ . Используемый для карбонизации диоксид углерода подается через фильтр 5. С помощью манометра 11, термометра 10 и смотрового фонаря 4 следят за ходом процесса.

В прошедшем карбонизацию пиве должно содержаться не менее  $0,4 \%$  диоксида углерода.

Карбонизированное пиво выдерживают в течение  $3...8 \text{ ч}$  при



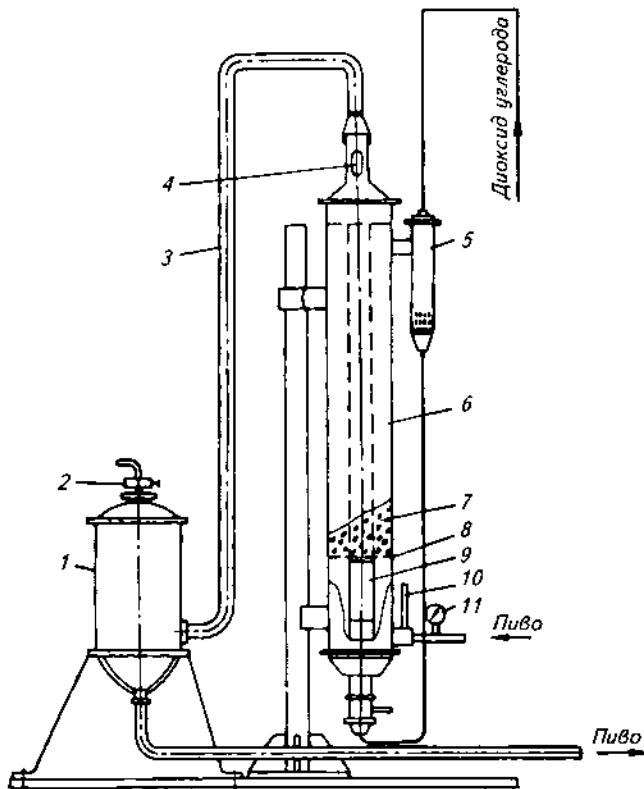


Рис. 28.5. Колончатый карбонизатор

температуре  $0 \dots 0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$  в специальных сборниках, обеспечивая в них избыточное давление не ниже  $0,05 \text{ МПа}$ . Такая выдержка способствует сохранению диоксида углерода и улучшению качества пива.

**Розлив пива.** В настоящее время пиво разливают в деревянные и металлические бочки, автоцистерны, стеклянные и полимерные бутылки, алюминиевые банки.

Независимо от вида тары розлив пива состоит из следующих операций: подготовки и мойки тары; розлива пива в тару; укупорки; нанесения клейма или наклейки этикеток.

Для предотвращения потерь диоксида углерода розлив пива производят под избыточным давлением, создаваемым в таре диоксидом углерода. Это давление должно быть равно давлению в разливочном резервуаре, в котором находится пиво.

Розлив пива в бутылки и банки производят на автоматических линиях, в состав которых входят моечные машины, разливочный, укупорочный, бракеражный и этикетировочный автоматы.

## 28.6. ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ ПИВА

Важной проблемой пивоварения является повышение стойкости пива к помутнению. Помутнение пива может быть вызвано биологическими или коллоидными процессами.

Биологическое помутнение связано с наличием в пиве дрожжей и других микроорганизмов, а также образованием продуктов обмена.

Биологическую стойкость пива можно повысить следующим образом: пастеризацией пива в бутылках; проточной пастеризацией пива и розливом в асептических (стерильных) условиях; горячим розливом пива в бутылки; холодной пастеризацией (обеспложивающей фильтрацией) и асептическим розливом.

Наиболее распространенным способом является пастеризация пива в бутылках. При этом температуре пастеризации (60 °С) в центре бутылки удерживают в течение 15...20 мин, а затем медленно снижают. На параметры пастеризации влияет множество факторов: состав пива, рН, содержание кислорода воздуха в горлышке бутылки, степень заполнения бутылок и другие факторы. Во избежание разрыва бутылок за счет возрастания внутреннего давления в бутылке при пастеризации из-за выделения диоксида углерода и увеличения объема пива на 2...2,5 % в бутылках должно оставаться 3...4 % свободного пространства.

Пастеризацию пива в бутылках проводят в пастеризаторах тоннельного типа. Наибольшее распространение получили оросительные (душевные) пастеризаторы, в которых бутылки, перемещаясь на цепных транспортерах, омываются водой разной температуры, подаваемой из разбрызгивателей.

Такой способ пастеризации имеет ряд недостатков: в пиве может возникать пастеризованный (хлебный) привкус и возрастать цветность, для размещения пастеризатора требуется большая площадь.

Проточная пастеризация пива осуществляется в пластинчатых теплообменниках, в которых имеется несколько секций. В первой секции холодное пиво нагревается пастеризованным пивом, движущимся противотоком. При этом холодное пиво нагревается до 50 °С, а пастеризованное охлажденное до 20 °С. Во второй секции пиво нагревается до 68...70 °С с помощью горячей воды. В последней секции пиво охлаждается с 20 до 1...2 °С. Температура пастеризации удерживается в пиве около 30 с, а общее время пастеризации от начала нагревания до охлаждения составляет 90...100 с. Пиво, прошедшее проточную пастеризацию, разливается в стерильную тару в асептических условиях. Такое пиво имеет высокую биологическую стойкость. При пастеризации цветность пива не повышается и не появляется хлебного привкуса, типичного для пива, пастеризованного в бутылках.

Существует способ проточной пастеризации пива с горячим розливом его в бутылки и тем самым одновременной стерилизацией бутылок. В этом случае проточный пастеризатор не имеет

зоны охлаждения, а разливочный автомат и укупорочная машина приспособлены к розливу при давлении до 1 МПа. Бутылки в мочечной машине не охлаждаются и поступают в разливочный автомат с температурой выше 40 °С, что препятствует вспениванию пива и механическому разрушению бутылок, которое происходит при большой разнице в температурах пива и бутылки.

Биологическая стойкость пива горячего розлива практически не ограничена.

В последнее время получил распространение способ холодной стерилизации пива, основанный на удалении микроорганизмов из пива обесцвечивающей фильтрацией практически до полной стерильности и последующем розливе в бутылки, стерилизованные диоксидом серы (SO<sub>2</sub>). Пиво фильтруется в пластинчатых фильтрах через стерилизующие пластины, задерживающие клетки микроорганизмов. Розлив пива осуществляется в стерильные бутылки, для чего их после мойки обрабатывают в течение нескольких секунд диоксидом серы. Затем диоксид серы вытесняется сжатым стерильным воздухом или диоксидом углерода.

Пиво холодной стерилизации имеет практически неограниченную биологическую стойкость и лучший вкус, чем пастеризованное пиво.

Коллоидное помутнение пива может быть вызвано рядом обстоятельств. В связи с этим различают холодное, окислительное, клейстерное, смоляное и другие виды помутнения.

*Холодное* помутнение возникает при охлаждении и связано с образованием соединений продуктов распада белка с полифенольными веществами, углеводами и солями металлов. Оно может быть обратимым и необратимым. Обратимое помутнение образуется при снижении температуры пива до 0 °С, а при повышении температуры исчезает.

Необратимое помутнение, называемое *окислительным*, остается при обычной температуре и характерно для пастеризованного пива.

*Клейстерное* помутнение проявляется при недостаточном гидролизе крахмала при затирании.

*Смоляное* помутнение происходит при недостаточном осаждении хмелевых веществ.

Для повышения стойкости (стабилизации) пиво обрабатывают ферментными препаратами, содержащими протеолитические ферменты; антиокислителями (диоксид серы, аскорбиновая кислота и др.); адсорбентами (танин, активный уголь, бентониты).

## 28.7. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ПИВОВАРЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

При производстве пива образуются отходы, которые могут быть использованы в других отраслях промышленности в качестве сырья или добавок; побочные продукты, которые могут быть ис-

пользованы после дополнительной обработки или без нее; вторичное сырье, используемое повторно.

Отходы пивоваренного производства могут быть использованы в соответствии со схемой, изображенной на рис. 28.6.

Собственно к отходам пивоваренного производства относятся:

*зерновые отходы*, образующиеся при очистке и сортировании зерна и состоящие из щуплых, поврежденных, неполноценных зерен ячменя и зерна других злаков. Эти отходы используют в кормовых целях;

*сплав зерна*, образующийся на стадии мойки зерна и содержащий неполноценные зерна ячменя, солому, мякину и др. Влажность сплава 12...32 %. Сплав плохо хранится. Используется на кормовые цели;

*замочные воды*, содержащие 0,5...1,5 % биологически активных веществ (регуляторов роста, дыхания, биосинтеза ферментов и др.). Используются для повторного замачивания, что сокращает процесс проращивания и увеличивает выход солода. Кроме того, из замочных вод можно получать препараты с антиростовыми свойствами;

*солодовые ростки*, отделенные от солода сразу после сушки, из-за высокой гигроскопичности плохо хранятся. Наличие в них горьких веществ и веществ со специфическим запахом затрудняет использование их в кормовых целях. Присутствие в ростках биологически активных и питательных веществ (азотистые, безазотистые, минеральные вещества, клетчатка, жир, витамины, ферменты, стимуляторы роста и др.) обусловило их использование в качестве составной части питательных сред при выращивании микроорганизмов в спиртовом, дрожжевом, ферментном и других производствах;

*пивная дробина*, образующаяся после фильтрования и промывания, содержит белковые, безазотистые и минеральные вещества, жиры и др. Из-за высокой влажности (88 %) дробину используют в свежем виде на корм скоту в течение 24 ч. Возможна консервация дробины хлоридом натрия;

*хмелевая дробина*, содержащая большое количество горьких веществ хмеля, чаще всего используется как удобрение;

*белковый осадок*, образующийся при охлаждении пивного сусла, содержит белковые вещества, хмелевые смолы, микроэлементы, витамины и другие вещества. Используется при приготовлении пивного сусла для извлечения экстрактивных веществ из отстоя, для подкормки рыб в прудовых хозяйствах и иногда на кормовые цели;

*остаточные дрожжи*, оседающие при брожении и дображивании, используют как семенные и частично как побочный продукт. Остаточные пивные дрожжи содержат белковые вещества, жиры, гликоген, минеральные вещества, витамины (особенно группы В), провитамин D и др. Наличие в остаточных дрожжах витаминов и

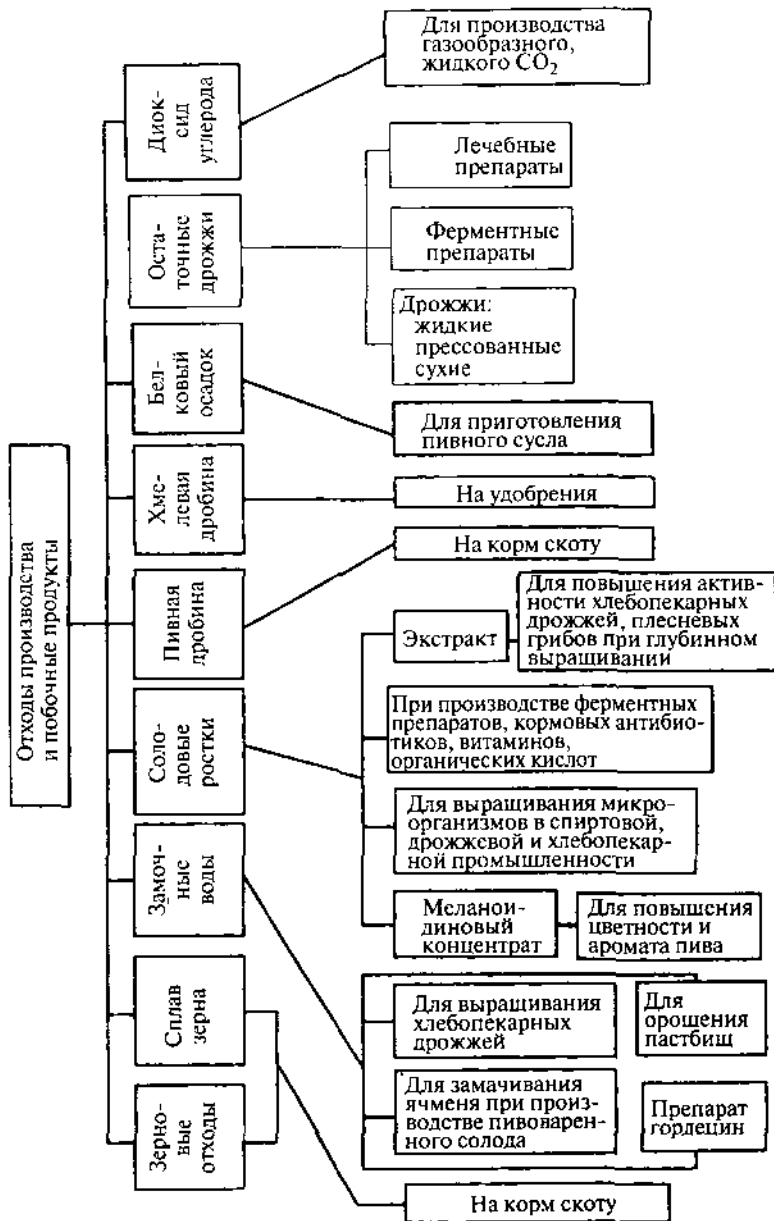


Рис. 28.6. Схема использования отходов пивоваренного производства

биологически активных веществ обуславливает их использование в производстве ферментных и лечебных препаратов (сухие очищенные пивные дрожжи). Из пивных дрожжей можно также получать ферментные препараты, приправы, нуклеиновые кислоты, аминокислоты и др.;

*диоксид углерода*, выделяющийся в качестве побочного продукта при брожении пивного сусла, частично используется в газообразном состоянии, а частично в жидком виде для внутренних потребностей пивоваренного производства. Диоксид углерода применяют в производстве безалкогольных напитков, минеральных вод, газированных вин и соков, фармацевтической промышленности, нефтегазовой, литейной и др.

#### *Контрольные вопросы*

1. Какие требования предъявляют к помолу солода?
2. Что такое затирание и какие процессы протекают при затирании?
3. Какие существуют способы затирания?
4. Что такое несоложенное сырье?
5. Что такое пивная дробина?
6. Какова цель кипячения сусла с хмелем?
7. Какие процессы протекают при осветлении и охлаждении сусла?
8. Какие процессы протекают при главном брожении?
9. Что такое семенные дрожжи?
10. Какова цель дображивания?
11. Какие условия необходимо соблюдать при дображивании?
12. В чем сущность ускоренного получения пива в ЦКБА?
13. Что такое осветление пива?
14. Зачем пиво подвергают стабилизации? Какие способы стабилизации вы знаете?
15. Как можно использовать отходы пивоваренного производства?

## **Глава 29**

### **ТЕХНОЛОГИЯ КВАСА**

Квас — безалкогольный напиток темно-коричневого цвета с приятным ароматом ржаного хлеба и кисло-сладким вкусом, который прекрасно утоляет жажду, бодрит, освежает, обладает многими полезными свойствами. Квас получают путем комбинированного незавершенного спиртового и молочнокислого брожения с последующим купажированием с сахарным сиропом. В 100 г кваса содержится (г): воды — 93,4; белков — 0,2; углеводов — 5; золы — 0,2; органических кислот (в пересчете на молочную) — 0,3; спирта — 0,6. Дрожжи и молочнокислые бактерии обогащают квас биологически активными веществами: водорастворимыми витаминами (В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР), молочной кислотой, аминокислотами. Кроме того, молочнокислые бактерии благоприятно действуют на процессы пищеварения. Активная кислотность кваса 3,6...3,7, а общая титруемая 2...4 см<sup>3</sup> 1 н. NaOH в пересчете

на 100 см<sup>3</sup> продукта. Состав минеральных веществ разнообразен, больше всего в квасе содержится калия (40...50 мг/100 г). Энергетическая ценность хлебного кваса в пересчете на 1 л составляет 250 ккал (1050 кДж).

Из общего количества безалкогольных напитков, вырабатываемых в России, примерно 30 % составляют квасы и напитки из хлебного сырья.

По технологическим приемам, которые в значительной степени определяют состав конечного продукта, квасы можно разделить на две группы: квасы, получаемые путем брожения, и газированные квасы и напитки, получаемые купажированием. Наибольшим спросом пользуются квасы, получаемые путем брожения, в частности хлебный квас. *Квасы брожения* — хлебный и крошечный составляют более 90 % от общего количества квасов и напитков, изготавливаемых на хлебном сырье.

К *газированным квасам* относятся напитки, получаемые на основе концентрата квасного сусла, вкусовых и ароматических добавок, и квасы, вырабатываемые на основе концентратов квасов Московского и Русского.

## 29.1. ХАРАКТЕРИСТИКА СЫРЬЯ

Основным сырьем для производства кваса являются ржаной и ячменный солод, ржаная и ячменная мука, квасные хлебцы и концентрат квасного сусла. При сбраживании кваса применяют дрожжи и молочнокислые бактерии, а при купажировании — сахарный сироп. Для приготовления кваса используют воду только питьевого назначения.

Солод используют двух видов: ферментированный и неферментированный. Ферментированный солод содержит большое количество меланоидинов, обуславливающих специфический вкус и аромат. Более подробное описание технологии солода приведено в главе 26.

В последнее время большинство цехов и заводов по производству кваса используют концентрат квасного сусла, вырабатываемый на специализированных предприятиях. Это позволяет увеличить выпуск кваса, особенно в летний период, значительно упростить технологию, снизить удельные потери сырья и электроэнергию.

Согласно ГОСТ 14176—96 концентрат квасного сусла представляет собой вязкую густую жидкость темно-коричневого цвета, кисло-сладкого вкуса, с ароматом ржаного хлеба, растворимую в воде. Продукт содержит  $70 \pm 2$  % сухих веществ; его кислотность находится в пределах 16,0...40,0 см<sup>3</sup> 1 н. NaOH на 100 г концентрата.

Концентраты кваса получают путем купажирования концентрата квасного сусла, сахарного сиропа и органических кислот (мо-

лочной — для Московского, лимонной — для Русского концентрата). Эти концентраты содержат  $70 \pm 2\%$  сухих веществ, имеют кислотность  $25...30 \text{ см}^3 \text{ 1 н. NaOH на } 100 \text{ г концентрата}$ .

Указанные концентраты предназначены как для промышленной переработки, так и для продажи населению. В первом случае их разливают в автоцистерны и бочки, во втором — в мелкую стеклянную тару (от 0,2 до 1 л).

Гарантийный срок хранения всех концентратов — 8 мес со дня выработки.

Для специальных сортов квасов используют вакуумированное сусло из винограда или яблок с содержанием сухих веществ  $70 \pm 2\%$ .

Сахарный сироп получают из сахара-песка или жидкого сахара. По органолептическим и физико-химическим показателям качество сахара должно соответствовать требованиям ГОСТ 21—94.

В квас определенных сортов добавляют настои трав, чая, цитрусовых, а также хрен. Широко используют спиртовые настои мяты перечной и полыни горькой. В целом и молотом виде применяют плоды тмина, цветы и листья чабреца, хмель. Технология настоев аналогична применяемой в ликероводочном производстве. Все ароматические и вкусовые добавки должны соответствовать требованиям стандартов.

В производстве кваса для создания заданной кислотности среды используют пищевые кислоты: молочную, лимонную, яблочную; аскорбиновую кислоту применяют для витаминизации некоторых напитков на хлебном сырье.

Для квасов и напитков, изготавливаемых на хлебном сырье, разливаемых в бутылки, используют пищевой диоксид углерода.

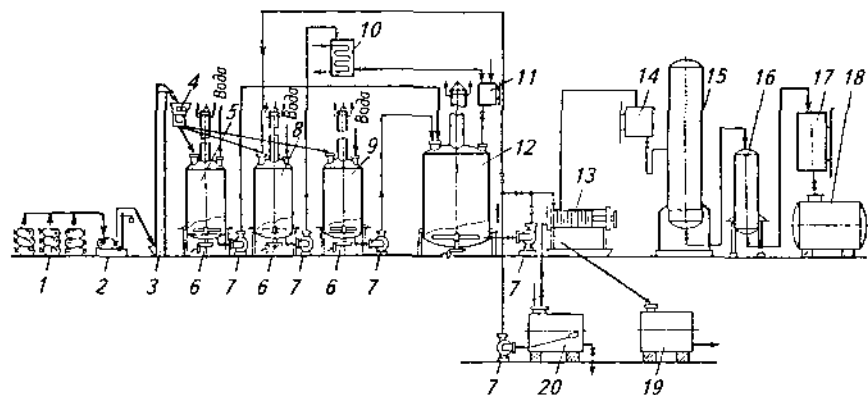
## **29.2. ПРИГОТОВЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАТА КВАСНОГО СУСЛА**

Производство концентрата квасного сусла включает три основные технологические стадии: получение сусла, уваривание сусла и термическая обработка полученного концентрата.

В зависимости от принятой на заводе технологии основным сырьем для производства концентрата квасного сусла служит сырой или сухой ферментированный ржаной солод. Для снижения себестоимости готового продукта часть солода заменяют ржаной, ячменной или кукурузной мукой (до 50 % от общего количества зернопродуктов). Для обеспечения необходимой степени гидролиза углеводов и белков применяют неферментированный ржаной или ячменный солод, а также ферментные препараты, обладающие амилолитической, протеолитической и цитолитической активностью.

Аппаратурно-технологическая схема получения концентрата квасного сусла из смеси сухих солодов приведена на рис. 29.1.





**Рис. 29.1.** Аппаратурно-технологическая схема получения концентрата квасного сусла из смеси сухих солодов:

1 — мешки с ржаным, ячменным солодом и мукой; 2 — весы; 3 — нория; 4 — дробилка; 5, 8, 9 — разводные аппараты для ржаного, ячменного солода и муки; 6 — мешалки; 7 — насосы; 10 — разварник; 11 — сборник-мерник; 12 — заторный аппарат; 13 — фильтр-пресс; 14 — напорный сборник; 15 — выпарной аппарат; 16 — вакуум-аппарат; 17 — конвертор; 18...20 — сборники соответственно для готового концентрата квасного сусла и квасной гущи и сборник для промывания квасной гущи

Муку смешивают с водой в соотношении 1 : (3...4) и разваривают под давлением для клейстеризации и разжижения крахмала. Затем разваренную массу смешивают с ржаным ферментированным солодом, затор охлаждают до  $40^{\circ}\text{C}$  и к нему добавляют ячменный или неферментированный ржаной солод и ферментные препараты. Затор выдерживают при соответствующих температурах для гидролиза некрахмальных полисахаридов ( $40...45^{\circ}\text{C}$ ), белков ( $50...60^{\circ}\text{C}$ ), крахмала ( $63...75^{\circ}\text{C}$ ).

Осахаренный затор направляют на фильтрование в фильтр-прессы или центрифуги с последующим осветлением на сепараторах. Для лучшего осветления сусло и промывные воды кипятят, а затем фильтрованием удаляют скоагулировавшие белки.

Осветленное сусло, содержащее 12...14 % сухих веществ, направляют в вакуум-аппараты, где при температуре  $52...55^{\circ}\text{C}$  и остаточном давлении 0,07...0,08 МПа уваривают до содержания сухих веществ 68...70 %.

Для улучшения физико-химических и органолептических показателей, придания полученному концентрату ярко выраженного хлебного аромата и специфического вкуса, а также с целью стерилизации его подвергают термообработке.

Термообработку проводят в реакторе, снабженном паровой рубашкой и перемешивающим устройством. Концентрат выдерживают в реакторе в течение 30...60 мин при температуре  $110...120^{\circ}\text{C}$  и непрерывно работающей мешалке. Готовый концентрат охлаж-

дают в теплообменнике до температуры 35...40 °С, взвешивают и направляют на хранение. Далее разливают в соответствующую тару и направляют на заводы для выработки кваса или в розничную торговлю.

### 29.3. СБРАЖИВАНИЕ КВАСНОГО СУСЛА

Технологический процесс производства квасов брожения состоит из следующих стадий: разведения культур микроорганизмов; приготовления сахарного сиропа и квасного сусла; сбраживания; купаживания и розлива кваса.

В основе технологии квасов брожения лежат анаэробные процессы незавершенного спиртового и молочнокислого брожения (см. главу 11). Хлебный квас стабильно высокого качества получают при использовании комбинированных заквасок из чистых культур квасных дрожжей рас М, С-2, 131-К, а также молочнокислых бактерий рас 11 и 13.

Дрожжи и молочнокислые бактерии задают в квасное сусло в виде предварительно подготовленной комбинированной закваски, которую получают путем последовательного пересева чистых культур микроорганизмов, сохраняемых в лаборатории завода, на стерильном квасном сусле с концентрацией сухих веществ 8 г /100 г сусла.

Пересевы и размножение микроорганизмов осуществляют постадийно сначала в лаборатории, затем в отделении чистых культур и далее в производственных условиях. Объемы разводок увеличивают от первой до шестой стадии за счет добавления сусла.

Дрожжи разводят стерильным суслом с содержанием сухих веществ 8 % по следующей схеме: в пробирке с чистой культурой на сусло-агаре — в пробирке с 10 см<sup>3</sup> квасного сусла — в колбе с 25 см<sup>3</sup> квасного сусла — в бутылки с 2 дм<sup>3</sup> квасного сусла — в бутылки или аппарате для чистой культуры (АЧК) с 20 дм<sup>3</sup> квасного сусла. Продолжительность разбраживания на первых трех стадиях по 24 ч на каждой при температуре 30 °С, на четвертой стадии — 12 ч при 30 °С.

Зрелая дрожжевая разводка, содержащая не менее 40 млн кл/см<sup>3</sup>, в количестве 18 дм<sup>3</sup> используется для приготовления комбинированной закваски. Оставшуюся дрожжевую разводку (2 дм<sup>3</sup>) доливают до 20 дм<sup>3</sup> стерильным суслом температурой 30 °С для восстановления концентрации дрожжей.

Чистую культуру молочнокислых бактерий готовят из сухих бактериальных культур. В три стерильные пробирки вводят по 10 см<sup>3</sup> стерильного сусла, в каждую из них вносят чистую культуру молочнокислых бактерий расы 11 и выдерживают в термостате в течение 24 ч при температуре 30 °С. Аналогичным образом в три другие пробирки вносят чистые культуры молочнокислых бакте-

рий расы 13. Через 24 ч содержимое шести пробирок сливают в колбу с 1 дм<sup>3</sup> стерильного сусла и выдерживают при 30 °С в течение 24 ч. Далее содержимое колбы переливают в бутылку с 20 дм<sup>3</sup> сусла. После 48 ч выдержки при 30 °С молочнокислую разводку подают в производственный аппарат, где содержится 400 дм<sup>3</sup> сусла с сахарным сиропом (25 % от нормы расхода на квас). Сусло сбраживается при 30 °С в течение 48 ч до кислотности 6,8...7,0 см<sup>3</sup> 1 н. раствора NaOH на 100 см<sup>3</sup> разводки. Готовую молочнокислую разводку в количестве 360 дм<sup>3</sup> направляют на приготовление комбинированной закваски, оставшуюся часть используют для возобновления молочнокислой разводки.

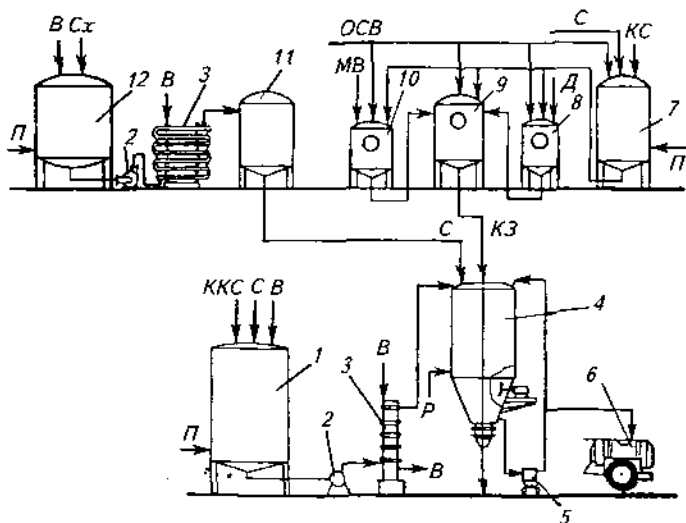
Такой объемно-доливной прием можно повторять не более 15 раз для дрожжей и не более 7 раз для молочнокислых бактерий, затем разводку вновь получают из чистых культур, начиная с первой стадии.

Для приготовления комбинированной закваски разводку молочнокислых бактерий переносят в сборник, заполненный 320 дм<sup>3</sup> сусла. Сюда же после достижения кислотности 6,8...7,0 см<sup>3</sup> 1 н. раствора NaOH на 100 см<sup>3</sup> вводят 18 дм<sup>3</sup> дрожжевой разводки. Совместное брожение дрожжей и молочнокислых бактерий продолжается 6 ч. Готовую комбинированную закваску в количестве 2...4 % от общего объема квасного сусла направляют в бродильный аппарат.

Квасное сусло бродит в герметически закрытых стальных бродильно-купажных аппаратах. Для регулирования температуры сбраживания сусла и охлаждения кваса эти аппараты снабжают рубашками. В аппаратах происходит сбраживание квасного сусла, отделение дрожжей, купаживание и выдержка хлебного кваса.

Аппаратурно-технологическая схема получения хлебного кваса в бродильно-купажных аппаратах приведена на рис. 29.2. Концентрат квасного сусла разводят водой в аппарате предварительного разбавления, который оборудован мешалкой и паровой рубашкой. Полученный раствор пастеризуют для повышения стойкости и микробиологической чистоты кваса. Пастеризацию проводят в потоке в пластинчатых пастеризационно-охладительных установках. Затем раствор концентрата квасного сусла разбавляют холодной питьевой водой до содержания сухих веществ 1,6...2,0 % и перемешивают. После этого готовят основное квасное сусло концентрацией 2,8...3,2 %, добавляя к раствору расчетное количество сахарного сиропа (25 % общего количества). После проверки сусло поступает на брожение.

В бродильно-купажный резервуар подают основное квасное сусло и комбинированную закваску дрожжей и молочнокислых бактерий (2...4 % к объему сусла), тщательно перемешивают в течение 2...3 мин, после этого аппарат герметически закрывают и оставляют на брожение на 8 ч. В процессе брожения каждые



**Рис. 29.2. Аппаратурно-технологическая схема получения хлебного кваса в бро­дильно-купажных аппаратах:**

1 — аппарат для предварительного разбавления квасного сусла; 2 — центробежный насос; 3 — пастеризационно-охлажденная установка; 4 — бро­дильно-купажный аппарат; 5 — воздушный компрессор; 6 — автотермоцистерна; 7 — стерилизатор; 8...10 — аппараты для разведения соответственно дрожжей, комбинированной закваски и молочнокислых бактерий; 11 — сборник сиропа; 12 — сироповарочный котел.

*Принятые сокращения:* В — вода; П — пар; Р — охлаждающий рассол; Сх — сахар-песок; С — сахарный сироп; КС — квасное сусло; ККС — концентрат квасного сусла; Д — дрожжи; МВ — молочнокислые бактерии; ОСВ — очищенный сжатый воздух; КЗ — комбинированная закваска

1,5...2 ч включают мешалку на 2...3 мин. Брожение в аппарате протекает при температуре 25...28 °С и давлении 0,1...0,15 МПа. Когда концентрация сброживаемого сусла снизится на 1 % по сахариметру, брожение замедляют охлаждением молодого кваса до 10 °С, пропуская через рубашку охлаждающий рассол. С понижением температуры растворимость CO<sub>2</sub> в квасе возрастает, а давление снижается до 0,04...0,05 МПа.

Полученный молодой квас охлаждают до 6 °С, что сопровождается осаждением дрожжей в дрожжеотделителе аппарата. После осаждения дрожжей дрожжеотделитель перекрывают шибером, а дрожжи осторожно спускают из аппарата.

Освобожденный от дрожжевого осадка квас купажируют, добавляя в него 75 % сахара в виде сахарного сиропа с содержанием сухих веществ 60...65 %. После купаживания квас перемешивают, определяют показатели качества, установленные стандартом, и направляют на розлив.

## 29.4. РОЗЛИВ И ПАСТЕРИЗАЦИЯ КВАСА

Для сохранения диоксида углерода хлебный квас из бродильно-купажного аппарата переводят в герметические автотермоцистерны с устройством для изобарического розлива. При таком способе розлива потери  $\text{CO}_2$  составляют 0,8 %. В момент заполнения автотермоцистерны квасом в ней создается такое же давление, как в бродильно-купажном аппарате. Полноту налива проверяют контрольным стаканом. При заполнении цистерны квасом все вентили перекрывают.

При розливе кваса в торговой сети давление в цистерне создают с помощью баллона с диоксидом углерода, которым снабжается каждая автотермоцистерна.

На крупных заводах розлив кваса в автотермоцистерны осуществляют на специальных квасоналивных станциях. Из бродильного отделения квас подается по наружным подъемным теплоизолированным трубопроводам в напорные баки, размещенные на втором этаже станции. Напорные баки снабжены слусковыми штуцерами с кранами, которые соединены гибкими шлангами с пробковыми кранами на концах для заполнения автотермоцистерн, находящихся на первом этаже. Перед заполнением квасом цистерны обрабатывают водой и паром.

Квас — нестойкий продукт. Гарантийный срок хранения кваса брожения 2 сут. За это время содержание спирта в квасе возрастает до 1...1,2 %, а содержание сухих веществ снижается до 4,2...4,6 г/100 г кваса. Спиртовое и молочнокислое брожение продолжается и в готовом напитке, приводя к росту содержания органических кислот и спирта за счет сбраживания сахаров. Квас становится кислым и неудовлетворительного качества, поэтому вопрос об увеличении его стойкости имеет важное производственное значение, особенно при выпуске кваса бутылочного розлива.

Стойкость кваса можно увеличить путем его пастеризации. Для небольшого количества пастеризуемого кваса можно применять простые пастеризаторы погружного типа или камерные пастеризаторы душевого (оросительного) типа. Пастеризация кваса в непрерывном потоке с использованием для этого пластинчатого теплообменного аппарата позволяет повысить стойкость кваса не только в бутылках, но и в бочках.

Квас пастеризуют при температуре не выше  $75^\circ\text{C}$  не только из-за ухудшения его вкусовых свойств, но и вследствие определенной термической стойкости бутылочного стекла. Под действием температуры  $60...70^\circ\text{C}$  в течение 30 мин значительная часть микроорганизмов погибает, а термоустойчивые бактерии теряют способность к размножению. К тому же в закупоренной бутылке с квасом, содержащим диоксид углерода, повышение давления способствует гибели микроорганизмов.

Пастеризация приводит к гибели только вегетативных форм

микроорганизмов, при этом погибают встречающиеся в квасе дикие дрожжи, молочнокислые, уксусные бактерии и коли-бактерии. Споры же микроорганизмов не погибают. Для предотвращения развития микроорганизмов по окончании срока выдержки при температуре пастеризации квас немедленно охлаждают до температуры не выше 12 °С.

Физико-химические и органолептические показатели пастеризованного кваса не изменяются в течение 2 мес даже при температуре хранения 30 °С, а при более низкой температуре продолжительность хранения такого кваса увеличивается до 12 мес.

## 29.5. ПОЛУЧЕНИЕ КВАСОВ КУПАЖИРОВАНИЕМ

Технология получения квасов и напитков из хлебного сырья методом купажирования отличается от рассмотренной выше технологии квасов брожения. В основе технологии лежит процесс купажирования компонентов напитков, предусмотренных их рецептурами, с последующим смешиванием полученного купажного сиропа с деаэрированной водой, насыщенной диоксидом углерода, при низкой температуре.

Технологическая схема состоит из следующих стадий: подготовки воды, приготовления инвертированного сахарного сиропа и колера, подготовки концентрата квасного суслу и другого сырья, приготовления купажного сиропа, смешивания купажного сиропа и воды с одновременной карбонизацией, подготовки тары, розлива, укупорки и бракеража продукции.

Купажный сироп, например для Русского кваса, готовят холодным способом. Для его перемешивания используют механические мешалки или барботирующее устройство, через которое подают диоксид углерода. Сначала концентрат квасного суслу разбавляют холодной профильтрованной питьевой водой в соотношении 1 : 2. Полученную смесь отстаивают в течение 10...12 ч, после чего ее декантируют и фильтруют. Фильтрат направляют в купажный аппарат, куда подают также инвертированный сахарный сироп и 50%-й водный раствор лимонной кислоты в количестве, предусмотренном рецептурой. Купажный сироп перемешивают и фильтруют. Для повышения стойкости кваса полученный купаж пастеризуют в течение 90...100 с при температуре 82...92 °С и охлаждают до температуры 4...5 °С. Затем путем выдержки из купажного сиропа удаляют воздух. Подготовленный купажный сироп смешивают с водой, насыщенной диоксидом углерода, в соотношении 1 : 4, после чего готовый напиток направляют на розлив в бутылки.

Квас разливают на автоматических линиях производительностью 3...24 тыс. бутылок в час.

При изготовлении Русского и Московского квасов из товарных концентратов технологический процесс сокращается, так как при-

готовление купажного сиропа сводится к разбавлению концентрата в воде и фильтрованию. Остальные стадии технологического процесса остаются без изменений.

Технология приготовления других квасов и напитков на хлебном сырье бутылочного розлива в основном аналогична описанной выше. Отличие состоит лишь в приготовлении купажных сиропов.

В купаж кваса с хреном дополнительно задают водный настой хрена в соотношении 1 : 0,5. На 100 дал кваса расходуют 25 кг тертого хрена. Купажный сироп Ароматного кваса содержит экстракт чабреца до 1,5 дм<sup>3</sup>/100 дал кваса. В купаж Тминного кваса кроме описанных ранее компонентов вносят размолотый тмин, Мятного — водный раствор меда и настой мяты, а Литовского — водный раствор меда, экстракт хмеля и размолотый тмин.

Хлебный квас и напитки на хлебном сырье являются благоприятной средой для развития микроорганизмов, которые вызывают ослизнение, уксусное скисание и другие виды порчи. Для предупреждения этих пороков необходимо тщательно соблюдать технологические нормы и санитарный режим производства, а также систематически осуществлять микробиологический контроль.

#### *Контрольные вопросы*

1. В чем отличие квасов брожения от газированных квасов?
2. Какое сырье используют при производстве кваса?
3. Как получают концентрат квасного сусла?
4. Что такое комбинированная закваска?
5. Какие расы чистых культур дрожжей и молочнокислых бактерий применяют в производстве кваса?
6. Как увеличить срок хранения кваса?

## **Глава 30**

### **ТЕХНОЛОГИЯ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ДРОЖЖЕЙ**

Под термином «дрожжи» обычно понимают почкующиеся или делящиеся микроорганизмы, которые относят к классу низших грибов сахаромипетов.

В хлебопекарной промышленности дрожжи используют в качестве разрыхлителя теста. Кроме этого они используются в витаминной промышленности в качестве сырья для получения витаминов группы В и D, в медицинской промышленности — для получения ряда лекарственных препаратов, нуклеиновых кислот и ферментов, в микробиологической — для приготовления питательных сред.

Для хлебопекарного производства вырабатывают прессованные, сушеные дрожжи и в виде дрожжевого молока.

Основная задача дрожжевого производства — накопление биомассы дрожжей путем размножения их на жидких питательных

средах. Выделенные из культуральных жидкостей прессованные дрожжи представляют собой готовый продукт в виде массы живых микроорганизмов, а не продуктов их жизнедеятельности. Этим дрожжевое производство коренным образом отличается от других бродильных производств.

В основе жизнедеятельности любого живого организма лежат процессы обмена веществ, требующие постоянного притока энергии. Большинство организмов для поддержания своей жизнедеятельности используют энергию, освобождающуюся при диссимиляции питательных веществ, в первую очередь сахара. Диссимиляция в дрожжевой клетке может проходить как аэробным путем (дыхание в присутствии кислорода), так и анаэробным (брожение при отсутствии или недостатке кислорода в среде). Технология хлебопекарных дрожжей основана на непрерывном превращении питательных веществ культуральной среды в клеточное вещество самих дрожжей. В аэробных условиях высвобождается значительно больше энергии, чем в анаэробных. Выделившаяся энергия используется дрожжами для синтеза клеточного вещества и поддержания обменных процессов, поэтому в субстрате накапливается большее количество биомассы. Помимо аэрации на скорость размножения и выход конечной продукции оказывают влияние температура, величина рН, концентрация и состав питательной среды.

Дрожжи — мезофильные микроорганизмы с температурным оптимумом 29...30 °С. Повышение температуры культивирования приводит к снижению выхода дрожжей, повышению обсемененности готового продукта посторонними микроорганизмами. Температура выше 45...50 °С губительна для дрожжевых клеток. При низких температурах приостанавливается жизнедеятельность дрожжей, они впадают в состояние анабиоза с последующим восстановлением всех жизненных функций при благоприятных условиях. Однократно замороженные дрожжи могут сохранять свою активность долгое время, при оттаивании и повторном замораживании дрожжи погибают.

Оптимальная величина рН среды для размножения дрожжей 4,5...5,5. При этом оптимизируется скорость поступления питательных веществ в клетки, повышается активность ферментных систем, быстрее протекают процессы синтеза белковых веществ, витаминов и, как следствие, увеличивается скорость роста дрожжевых клеток. В период быстрого прироста биомассы среду подкисляют, доводя рН среды до нормы подачи аммиачного раствора.

Наиболее благоприятным физиологическим состоянием для дрожжей является состояние тургора, когда значения осмотического давления внутри и снаружи клетки близки по величине. При повышении осмотического давления среды улучшается процесс усвоения питательных веществ клеткой и повышается скорость



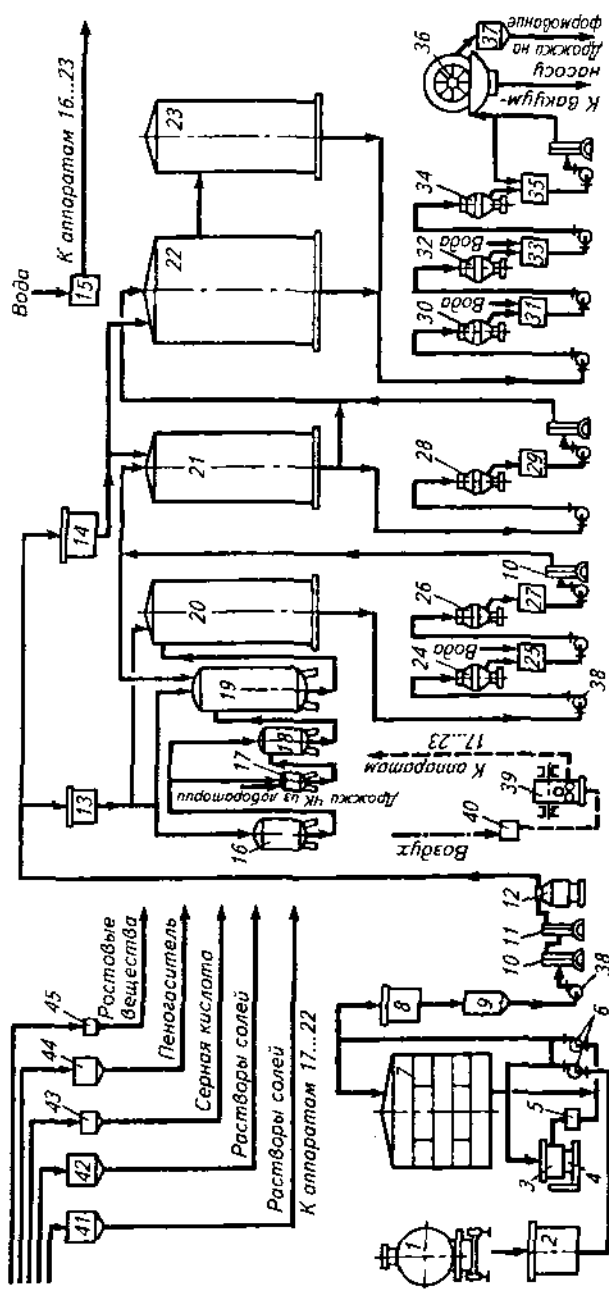


Рис. 30.1. Аппаратурно-технологическая схема получения хлебопекарных дрожжей ВНИИХП:

1 — шестерня; 2 — резервуар для патоки; 3 — бак для мелассы; 4 — весы; 5, 25 — промежуточные сборники; 6 — шестеренные насосы; 7 — молель-сохранитель; 8 — палорный бак для мелассы; 9 — смеситель; 10 — приточный аппарат; 11 — стерилизатор; 12 — теплообменник-охладитель; 13 — приточный аппарат питательной среды для дрожжей ЧК; 14 — палорный бак; 15 — палорный сборник для воды; 16 — стерилизатор питательной среды в цехе ЧК; 17, 18 — малый и большой иноккуляторы ЧК; 19, 20 — дрожжевые аппараты ЧК; 21 — аппарат 2-й ступени для дрожжей ЧК и ЕЧК; 22 — дрожжевые аппараты ЧК и ЕЧК; 23 — аппарат 2-й ступени для дрожжей ЧК и ЕЧК; 24 — аппарат 1-й ступени для дрожжей ЧК и ЕЧК; 25 — аппарат 2-й ступени для дрожжей ЧК и ЕЧК; 26 — аппарат 1-й ступени для дрожжей ЧК и ЕЧК; 27 — аппарат 2-й ступени для дрожжей ЧК и ЕЧК; 28 — аппарат 1-й ступени для дрожжей ЧК и ЕЧК; 29 — аппарат 2-й ступени для дрожжей ЧК и ЕЧК; 30 — аппарат 1-й ступени для дрожжей ЧК и ЕЧК; 31 — аппарат 2-й ступени для дрожжей ЧК и ЕЧК; 32 — аппарат 1-й ступени для дрожжей ЧК и ЕЧК; 33 — аппарат 2-й ступени для дрожжей ЧК и ЕЧК; 34 — аппарат 1-й ступени для дрожжей ЧК и ЕЧК; 35 — аппарат 2-й ступени для дрожжей ЧК и ЕЧК; 36 — аппарат 1-й ступени для дрожжей ЧК и ЕЧК; 37 — аппарат 2-й ступени для дрожжей ЧК и ЕЧК; 38 — аппарат 1-й ступени для дрожжей ЧК и ЕЧК; 39 — аппарат 2-й ступени для дрожжей ЧК и ЕЧК; 40 — аппарат 1-й ступени для дрожжей ЧК и ЕЧК; 41 — аппарат 2-й ступени для дрожжей ЧК и ЕЧК; 42 — аппарат 1-й ступени для дрожжей ЧК и ЕЧК; 43 — аппарат 2-й ступени для дрожжей ЧК и ЕЧК; 44 — аппарат 1-й ступени для дрожжей ЧК и ЕЧК; 45 — аппарат 2-й ступени для дрожжей ЧК и ЕЧК.

накопления биомассы. Осмотическое давление в культуральной среде увеличивается с повышением в ней содержания сухих веществ. На разных стадиях выращивания дрожжей готовят питательную среду определенной концентрации. На первых стадиях, когда стремятся получить физиологически активные дрожжи, способные к быстрому размножению, применяют малоразбавленные среды. На конечных стадиях, когда стремятся получить больший выход дрожжей, их выращивают на более разбавленных средах так, чтобы содержание сахара в среде точно соответствовало скорости размножения дрожжей.

Химический состав дрожжей (%): вода 72...75; сухие вещества 25...28, в том числе (% на СВ): белки и другие азотистые соединения 37...50; углеводы 35...45; жиры 1,6...2,5; зольные элементы 6...10. Зольные вещества состоят из макроэлементов — фосфора, калия, магния, кальция и микроэлементов — железа, алюминия и меди. Для образования полноценной биомассы дрожжей питательная среда должна содержать азот, фосфор, калий, магний, легкоусвояемые формы углеводов, микроэлементы и другие вещества. Источниками углерода для дрожжей являются моно- и дисахара, а в условиях аэрации — спирты, альдегиды и органические кислоты. Азотным питанием являются растворимые органические и неорганические соединения азота. Сложные высокомолекулярные протеины дрожжами не усваиваются из-за отсутствия в них экзоферментов, гидролизующих эти вещества. Однако продукты распада белков (аминокислоты, амиды и аммонийные соединения) могут усваиваться дрожжами. Большую роль в питании дрожжей играют макро-, микроэлементы, витамины, ростовые вещества, поэтому они должны обязательно присутствовать в питательной среде.

Технологический процесс производства хлебопекарных дрожжей состоит из отдельных операций: приготовления питательной среды; выращивания, выделения, прессования, формования и упаковывания прессованных дрожжей; сушки и упаковывания сушеной продукции. На рис. 30.1 представлена аппаратурно-технологическая схема получения хлебопекарных дрожжей ВНИИХП.

### 30.1. ПРИГОТОВЛЕНИЕ ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ

В производстве хлебопекарных дрожжей питательной средой являются растворы свекловичной мелассы и питательных азот-, фосфорсодержащих солей с добавками ростовых веществ и микроэлементов.

В мелассе наряду с полезными для дрожжей веществами содержатся вещества, угнетающие их рост и размножение и ухудшающие качество готовой продукции. Содержащиеся в мелассе коллоидные и взвешенные частички (скоагулированные белки и крася-

щие вещества), способные адсорбироваться на оболочках растущих клеток, нарушают нормальный обмен веществ и тормозят рост дрожжевых клеток. Поэтому мелассу осветляют, стремясь удалить все коллоиды и взвешенные частички и подавить развитие содержащихся в ней микроорганизмов.

Все способы осветления состоят из химической обработки мелассы (растворение, асептирование, подкисление) и выделения осадка декантацией, центрифугированием или фильтрованием. Наиболее эффективный и распространенный способ осветления мелассы — обработка на сепараторах-кларификаторах. Мелассу разбавляют водой. Кратность разбавления для нормальных меласс (1 : 1)...(1 : 2), а для сильно инфицированных и с повышенным содержанием кальция — (1 : 2,5)...(1 : 3).

Перед подачей на кларификаторы подготовленный раствор подвергают асептированию одним из нижеследующих способов. При холодном способе в раствор вводят хлорную известь, а затем подкисляют серной кислотой до pH 4,5...5,0. При горячем способе раствор мелассы кипятят и в горячем виде подают на кларификаторы или стерилизуют в пластинчатых теплообменниках. Затем раствор охлаждают и подают на кларификатор температурой 15 °C (рис. 30.1, поз. 1...12).

При центрифугировании из раствора мелассы удаляются взвешенные частицы, коллоидные и красящие вещества и часть микроорганизмов.

На дрожжевых заводах для осветления мелассы устанавливают саморазгружающиеся сепараторы-кларификаторы фирмы «Альфа-Лаваль» (Швеция) производительностью 10, 15, 20 м<sup>3</sup>/ч, а также отечественные типа А1-ВСЕ производительностью 7,3 м<sup>3</sup>/ч. Взвешенные частицы удаляются под действием центробежной силы.

В зависимости от состава мелассы в питательную среду добавляют соответствующее количество минеральных солей, содержащих фосфор, азот, калий, магний, а также стимуляторы роста в виде кукурузного экстракта, дрожжевого автолизата и др. В качестве источника азота применяют сульфат аммония, карбамид, аммиачную воду, диаммонийфосфат, а в качестве фосфорсодержащей добавки — ортофосфорную кислоту. При переработке мелассы с пониженным содержанием калия добавляют хлорид или карбонат калия. При использовании мягкой воды применяют сульфат или хлорид магния.

Растворы питательных солей концентрацией 10...20 % готовят путем растворения в воде каждой соли отдельно. После отстаивания прозрачные растворы подают в сборники, откуда они дозируются в дрожжерастельные аппараты в соответствии с установленным графиком их расхода (рис. 30.1, поз. 41...45).

Кукурузный экстракт ввиду большой обсемененности микроорганизмами подвергают тщательному асептированию. Для этого экстракт смешивают с водой в соотношении 1 : 1, нагревают до

кипения, а затем полученный раствор охлаждают и обрабатывают биомедицином. Наряду с кукурузным экстрактом в качестве источника биотина, ростового вещества используют комплексами, гидролизаты молочной сыворотки, дрожжевые автолизаты и дестиобиогин. Ростовые вещества добавляют в дрожжерастильный аппарат при складке\* и периодически при отборах.

### 30.2. ВЫРАЩИВАНИЕ ДРОЖЕЙ

Существует несколько технологических схем выращивания дрожжей: непрерывная ВНИИХП, Узловского, Эркен-Шахарского, Тбилисского, Минского заводов и др. Схемы отличаются друг от друга периодичностью или непрерывностью процесса, кратностью разбавления мелассы, количеством стадий, скоростью роста, уровнем технологических параметров (температура, рН, величина засевов).

Все существующие схемы предусматривают постоянное наращивание биомассы. Процесс обычно ведут в три генерации:

А — маточные дрожжи чистой культуры (ЧК) и естественно-чистой культуры (ЕЧК);

Б — засевные дрожжи;

В — товарные дрожжи.

Наибольшее распространение получила непрерывная схема, разработанная Е. А. Плевако и Н. М. Семихатовой во ВНИИХП. Сущность этой схемы заключается в получении маточных и засевных дрожжей периодическим способом, а товарных — в две фазы (I — накопительная периодическая, II — отборочная непрерывная).

Маточные дрожжи — это чистая культура сахаромицетов без посторонних грибов и бактерий. Они должны обладать высокой генеративной активностью, поэтому их получают в условиях абсолютной стерильности. Классическая схема предусматривает 8 стадий на стерильных средах, из них 4 — в лаборатории, 3 — в цехе чистых культур и 1 — на производстве.

В лаборатории процесс ведут на солодовом витаминизированном сусле концентрацией сухих веществ 12...14 %, величиной рН 4,8...5,0, на четвертой стадии в питательную среду добавляют мелассный раствор и питательные соли. Дрожжи выращивают по следующей схеме: четыре пробирки — четыре колбы вместимостью 100 см<sup>3</sup> — четыре пастеровские колбы — две колбы Карлсберга, получая в каждой последующей стадии объем дрожжевой разводки, в 10 раз больший, чем в предыдущей. Накопление дрожжей осуществляют при температуре 26...30 °С, без аэрации. Продолжительность каждой стадии 16...24 ч. В последней лабораторной стадии получают около 7 л дрожжевой разводки.

\* Складка — совокупность всех операций до начала притока питательной среды.

Последующие стадии размножения проводят в отделении чистых культур (см. рис. 30.1), оборудованном стерилизатором питательной среды 16, малым инокулятором (Мин) 17, большим инокулятором (Бин) 18 и аппаратом чистой культуры ЧК-1 19. Инокуляторы представляют собой герметизированные медные (луженые внутри) аппараты цилиндрической формы, снабженные змеевиками для воды и пара и барботерами для воздуха. В них производят стерилизацию питательных сред и размножение дрожжей в строго стерильных условиях. Средой для размножения дрожжей служит мелассное сусло, в которое вносят расчетное количество питательных солей и ростовых веществ. Для засева дрожжей в аппарате Мин используют содержимое двух колб Карлсберга (0,6 кг биомассы дрожжей), в аппарате Бин — содержимое аппарата Мин (5 кг биомассы дрожжей), а в аппарате ЧК-1 — все содержимое аппарата Бин (25 кг биомассы дрожжей).

На всех трех стадиях дрожжи размножают при концентрации сухих веществ питательной среды 12 %, рН 4,5 и температуре 28...30 °С в течение 10...14 ч на каждой стадии. Аэрацию среды от стадии к стадии постепенно увеличивают. Сжатый воздух подается воздушными машинами 39. Забор воздуха из атмосферы осуществляется через фильтры 40. На первой стадии воздух подают периодически в течение 5...10 мин в течение каждого часа. На последующих стадиях в течение всего процесса аэрацию поддерживают на постоянном уровне. Расход воздуха от стадии к стадии возрастает от 5 до 30 м<sup>3</sup>/(ч · м<sup>3</sup>).

Стадию чистой культуры II (ЧК-II) в производственных условиях проводят в дрожжерастильных аппаратах 19 по воздушно-приточному способу. При складке в аппарат вносят мелассное сусло концентрацией сухих веществ 3...3,5 %, питательные соли и ростовые вещества. Начав аэрацию, вводят все содержимое аппарата ЧК-I (170 кг дрожжей), затем в течение 10 ч по графику начинают вводить растворы мелассы и солей со скоростью, возрастающей пропорционально накоплению биомассы в аппарате. Начальную концентрацию питательной среды и величину рН поддерживают на уровне 4,5...4,7. Общая продолжительность выращивания 10...12 ч при температуре 28...30 °С и постоянной интенсивной подаче воздуха.

Этой стадией заканчивается процесс выращивания чистых культур маточных дрожжей. Чистые культуры дрожжей генерации А готовят периодически раз в 3...4 недели из-за большого числа и сложности проведения накопительных стадий. Для лучшей сохранности чистую культуру дрожжей сепарируют, промывают холодной водой, гущают до содержания дрожжей 400...600 г/л. Дрожжевое молоко хранят в охлаждаемых сборниках при температуре не выше 6 °С (рис. 30.1, поз. 24...27). Для перекачивания дрожжевого молока, воды, питательной среды, растворов ростовых веществ и солей применяют центробежные насосы 38.

Дальнейшее выращивание дрожжей идет по технологическому режиму естественно-чистой культуры (ЕЧК), который в значительной степени предотвращает возможность развития посторонних микроорганизмов. Дрожжи ЕЧК получают из чистой культуры в две стадии, первая из которых является бесприточной и проходит в цехе чистых культур в аппарате ЧК-I 18, а вторая — воздушно-приточная осуществляется в производственных условиях в аппарате ЧК-II 19.

Для засева в стадии ЕЧК-I используют дрожжевое молоко ЧК-II (50 кг), предварительно обработанное серной или молочной кислотой в течение 1 ч при непрерывном перемешивании. Дрожжи выращивают при температуре 30 °С и рН 4,5...5,0, начальной концентрации питательной среды 10 % и постоянной аэрации.

Дрожжи, полученные на первой стадии ЕЧК-I (230 кг), вместе с культуральной средой направляют в дрожжерастильный аппарат, заполненный питательной средой концентрацией 3,5...4,0 %, рН 4,5 и температурой 28...30 °С. Приток питательной среды ведут при интенсивной аэрации в течение 10...12 ч.

Дрожжи, накопившиеся на стадии ЕЧК-II, должны иметь подъемную силу 40...50 мин.

Сутки готовят по мере необходимости, обычно один раз в сутки и используют для засева при выращивании товарных дрожжей. Так же, как и дрожжи ЧК-II, дрожжи ЕЧК выделяют из культуральной среды сепарированием, промывают холодной водой, концентрируют и в виде дрожжевого молока хранят при температуре 6...8 °С до использования.

Дальнейшее выращивание дрожжей осуществляется в типовых дрожжерастильных аппаратах вместимостью 30 и 100 м<sup>3</sup>. Дрожжи генерации Б получают в аппарате ВДА-30 21 по воздушно-приточному способу. На этой стадии задаточными дрожжами служат дрожжи ЕЧК-II. Температуру поддерживают на уровне 30 °С; воздух подают непрерывно в количестве 80 м<sup>3</sup>/(ч · м<sup>3</sup>); рН среды поддерживают на уровне 4,5...5,0 подачей аммиака; начальная концентрация сухих веществ в среде 2,0...2,5 %, конечная — 3,0...3,5 %; длительность процесса — 11 ч. На этой стадии накапливается 1100 кг дрожжей, которые без созревания вместе с культуральной средой в качестве засевных дрожжей подают в дрожжерастильный аппарат ВДА-100 22 либо после отделения культуральной среды на сепараторе 28 направляют в сборник 29 концентрата товарных дрожжей I стадии.

Выращивание дрожжей на товарной стадии ведут по воздушно-проточному способу. Вместе с дрожжами в аппарат из напорного сборника 15 подают воду, из приточных аппаратов питательной среды 13 и 14 растворы мелассы, а из сборников 41, 42 и 45 соответственно питательные соли, ростовые вещества. Затем включают аэрацию [100 м<sup>3</sup>/(ч · м<sup>3</sup>)] и начинают приток питательной среды. Первые 7 ч идет заполнение рабочего объема аппарата, так на-

ываемый *накопительный период*. Выращивание дрожжей ведут при температуре 30 °С, рН среды 4,5...5,5, начальной концентрации сухих веществ в среде 2,5 % и конечной — 3,0...3,5 %.

С восьмого часа начинается новый — *отборочный период* в выращивании дрожжей. В этот период постоянно отбирают культуральную среду в отборочный аппарат ВДА-30 (23) и одновременно в том же количестве подают питательную среду в накопительный аппарат ВДА-100. Период отборов длится 4 ч при 12-часовом цикле размножения дрожжей и 12 ч — при 20-часовом.

В отборочном аппарате при температуре 27 °С происходит дозревание дрожжей при аэрировании в течение 1,5...2 ч с подачей 40...50 м<sup>3</sup>/(ч · м<sup>3</sup>) воздуха. Дрожжевые клетки используют оставшиеся питательные вещества и завершают процесс почкования и роста. В отборочном аппарате может накапливаться до 10...12 % биомассы за счет роста дочерних клеток. В созревших клетках ферментные системы уравновешены, поэтому такие клетки могут долго сохранять присущие им свойства.

На дрожжевых заводах отборочные аппараты работают по проточному или по попеременному режиму. При проточном режиме используется один отборочный аппарат, который в течение 2 ч заполняется культуральной средой из основного аппарата, после чего начинается отбор среды из него на сепараторы и с той же скоростью осуществляется приток среды с дрожжами для дозревания.

При попеременном режиме используют два отборочных аппарата. Сначала в течение 2 ч заполняют первый отборочный аппарат культуральной средой из основного аппарата. Затем отток из основного аппарата направляют во второй отборочный аппарат, а в первом дрожжи выдерживают для дозревания в течение 0,5...1 ч при слабой аэрации, после чего их направляют на сепараторы.

### **30.3. ВЫДЕЛЕНИЕ, ФОРМОВАНИЕ И УПАКОВЫВАНИЕ ДРОЖЖЕЙ**

По окончании выращивания и дозревания дрожжи необходимо выделить из культуральной среды как можно быстрее. Длительный контакт дрожжей со средой ухудшает их качество, при этом снижаются подъемная сила дрожжей и их стойкость при хранении.

Выделение дрожжей происходит в две стадии: сначала в сепараторах получают дрожжевое молоко, а затем фильтрованием или прессованием получают пастообразную массу влажностью 75 %.

Наиболее прогрессивным является трехступенчатое сепарирование, обеспечивающее наилучшее качество дрожжей. При этом отделение дрожжей от среды, промывание и сгущение ведут на разных сепараторах.

На первой ступени в сепараторе 30 (см. рис. 30.1) происходит разделение дрожжевой суспензии на дрожжевой концентрат и

бражку. Затем дрожжевой концентрат в промежуточной емкости 31 смешивается с холодной водой и подается на второй сепаратор 32 для отделения дрожжей от промывной воды. Далее дрожжи вторично промывают холодной водой во второй промежуточной емкости 33, после чего их насосом подают в третий сепаратор 34 для сгущения до концентрации 450...700 г/дм<sup>3</sup>. Для снижения температуры до 4...8 °С дрожжевое молоко пропускают через пластинчатый теплообменный аппарат, а затем направляют в сборники 35, оснащенные устройствами для поддержания температуры и перемешивания.

С точки зрения получения дрожжей стабильно высокого качества оптимальными являются следующие параметры сепарирования: температура промывной воды не более 2 °С и длительность процесса не более 2 ч. Холодная вода способствует быстрому снижению температуры от 30...32 °С (начальной) до 20...25 °С — после первой ступени, 11...15 °С — после второй и 6...8 °С — после третьей.

Для выделения дрожжей используют сепараторы как отечественного (ВСЖ-2, ДСГ-35, СОС-501К-3), так и зарубежного [FESX и FEUX фирм «Де-Лаваль» и «Альфа-Лаваль» (Швеция)] производства с разной производительностью.

Дрожжевое молоко — полуфабрикат дрожжевого производства иногда отпускают близлежащим хлебозаводам в качестве товарной продукции, исключая из технологического процесса ряд трудоемких операций: обезвоживание, фасование и упаковывание на дрожжевых заводах, разворачивание брикетов и приготовление суспензии на хлебозаводах. В то же время происходит экономия бумаги, тары (ящики) и затрат на погрузочно-разгрузочные работы.

Согласно ТУ товарное дрожжевое молоко представляет собой небродящую водную суспензию сероватого с желтым оттенком цвета, с оседающим на дно при отстаивании слоем дрожжевых клеток, со свойственным дрожжевым запахом. Концентрация дрожжей в пересчете на прессованные не менее 450 г/дм<sup>3</sup>, подъемная сила не более 75 мин.

Окончательное выделение дрожжей из дрожжевого молока происходит на вакуум-фильтрах 36, а на некоторых предприятиях — на фильтр-прессах. Вакуум-фильтры имеют большую производительность, обеспечивают лучшие санитарные условия на предприятиях, облегчают труд рабочих. Барабан вакуум-фильтра обтянут фильтрующей тканью, вращается на горизонтальной оси и погружен нижней частью в сборник с дрожжевым концентратом. Фильтрат отсасывается вакуум-насосом, а дрожжи плотным слоем остаются на фильтрующей ткани. Слой дрожжей промывается водой и непрерывно счищается с поверхности барабана специальным ножом. Наиболее эффективно обрабатывать охлажденное до 2...8 °С дрожжевое молоко, которое содержит не менее 600 г дрожжей в литре при остаточном давлении 120 кПа. Обезвоженные на фильтре дрожжи, содержащие 25...29 % сухих веществ, направляются в приемный бункер 37 прессованных дрожжей.



Прессованные дрожжи выпускают в виде брусков массой 1000, 500, 100 и 50 г. Для придания прессованной массе требуемой консистенции дрожжи увлажняют, добавляя некоторое количество воды (до 10 %), или для придания эластичности добавляют растительное масло (0,1 %). После перемешивания дрожжи направляют на упаковочно-фасовочные автоматы (ВРУ, М6-АРЗ-С), которые придают дрожжевой массе вид прямоугольных брусков и заворачивают их в этикеточную бумагу. Фасованную продукцию укладывают в специальную тару: полимерные, картонные или деревянные ящики. Ящики должны быть чистыми, сухими, без постороннего запаха.

Сразу после укладки и фасования в ящики дрожжи направляют в холодильные камеры, где их хранят при температуре 1...4 °С и относительной влажности 82...96 %. В торговлю отпускают дрожжи, охлажденные до температуры, не превышающей 4 °С.

Согласно ГОСТ 171—92 хлебопекарные прессованные дрожжи должны иметь светло-желтый цвет, плотную консистенцию, легко разламываться, не мазаться, иметь свойственный дрожжам запах. По физико-химическим показателям дрожжи должны соответствовать следующим нормам: влажность не более 75 %, подъемная сила не более 70 мин, кислотность (в пересчете на уксусную кислоту) не более 120 мг на 100 г дрожжей в день их выработки и 360 мг на 100 г дрожжей через 12 сут хранения. Стойкость дрожжей при температуре хранения 35 °С не менее 48 ч.

### 30.4. СУШКА ДРОЖЖЕЙ

Прессованные дрожжи — скоропортящийся продукт. Срок хранения 12 сут при температуре 4...6 °С. Это затрудняет их перевозку на дальние расстояния. Они не пригодны для длительного хранения. Основным промышленным способом сохранения ферментативной активности хлебопекарных дрожжей является высушивание. Сушеные дрожжи способны сохранять свою активность в течение 6 мес и более.

Ферментативная активность сушеных дрожжей и их способность к хранению в значительной степени зависят от качества прессованных дрожжей, направляемых на сушку. Прессованные дрожжи, предназначенные для сушки, не должны содержать посторонних микроорганизмов, иметь пониженную протеолитическую активность, должны быть осмо- и термоустойчивыми.

На отечественных дрожжевых заводах, выпускающих сушеные дрожжи, применяют расы, пригодные для сушки. Выращивание ведут по особой технологии, которая позволяет обеспечить следующие показатели качества прессованных дрожжей: подъемная сила не более 55...60 мин, стойкость при температуре 35 °С не менее 72 ч, влажность не более 70 %, осмоустойчивость не более 10 мин.

Для подготовки к высушиванию дрожжи измельчают в формовочных машинах или специальными грануляторами придают им форму вермишели или гранул диаметром 1 мм. Измельченные дрожжи немедленно направляют на сушку во избежание потерь сухого вещества на дыхание.

Качество сушеных дрожжей тем выше, чем быстрее происходит процесс высушивания. Сушка при высоких температурах не применяется, так как высушенные дрожжи должны сохранять жизне-способность и восстанавливать свои жизненные функции при благоприятных условиях.

Режимы сушки подбирают, исходя из особенностей распределения влаги в дрожжевых клетках и конструкции сушилок. Дрожжи обычно содержат 67...75 % влаги, часть которой распределена в межклеточном пространстве (6...22 %), а остальная (внутриклеточная) часть находится в свободном и связанном виде. Во время сушки в первую очередь удаляется межклеточная, затем внутриклеточная свободная и лишь после этого внутриклеточная связанная влага.

По скорости обезвоживания дрожжей в процессе сушки выделяют три периода. В первый период снижается до 50 % влажности с большой скоростью. Интенсивное удаление влаги способствует охлаждению дрожжевой массы до температуры не более 38 °С даже при температуре сушильного воздуха 65...90 °С.

Во втором периоде сушки происходит медленное удаление свободной внутриклеточной влаги до общей влажности дрожжей 16...18 %, при этом скорость сушки снижается и дрожжи могут нагреваться. Во избежание этого температуру сушильного воздуха понижают до 55...63 °С.

Влажность дрожжей в третьем периоде достигает 8...10 %, при этом удаляются остатки свободной и часть связанной внутриклеточной влаги. Связанная влага удаляется с трудом, скорость сушки падает еще быстрее, а дрожжи нагреваются еще сильнее, поэтому температуру сушильного воздуха снижают до 30...40 °С.

На дрожжевых заводах используют сушилки разных конструкций. На ленточных (СПК-4Г-45) и шахтных (ВИС-42Д) сушилках обезвоживание проводят в стационарном слое с периодическим перемешиванием высушиваемого материала. На барабанных сушилках (фирмы СИА) гранулированные прессованные дрожжи непрерывно пересыпаются при вращении барабана. Эти сушилки отличаются большими габаритами, довольно низкой производительностью и невысоким качеством готовой продукции.

Сушка дрожжей значительно ускоряется в вибрационных или флюидизационных сушилках А1-ВГС-12 фирмы «Прессиндустрия» (Италия), где дрожжи высушивают нагретым воздухом во взвешенном виброкипящем слое.

В состав сушильной установки А1-ВГС-12 входят гранулятор,

четырёхсекционная сушильная камера, вентиляторы, циклоны и калориферы.

Из гранулятора дрожжи через решетку с диаметром отверстий 3 мм выпрессовываются на решето первой секции сушилки. В сушилке четыре секции, размещенные горизонтально одна за другой. Под каждую секцию из калорифера вентилятором подается сушильный воздух, дрожжи переходят в псевдоожженное состояние и равномерным слоем движутся по лабиринту из секции в секцию. Из четвертой секции высушенные дрожжи попадают в приемный бункер со шлюзовым затвором и далее пневмотранспортом подаются на упаковывание. Производительность установки по сушеным дрожжам 150 кг/ч. Продолжительность сушки 3...4 ч. Температуру греющего воздуха устанавливают по секциям — соответственно 50, 40, 35, 30 °С. Температура дрожжей не должна превышать следующих значений: в 1-й секции — 15...16 °С, во 2-й — 18...19 °С, в 3-й — 22...24 °С, в 4-й — 27...28 °С. Конечная влажность дрожжей на выходе из 4-й секции должна быть 7...8 %, при отклонении влажности от нормы снижают или повышают температуру сушильного воздуха или изменяют высоту слоя.

Отработавший воздух проходит через циклоны или мокрые пылеуловители, где освобождается от дрожжевой пыли и с помощью вытяжного вентилятора выводится наружу.

Сушеные дрожжи упаковывают в жестяные банки массой 100...2000 г, пакеты из полимерных пленок массой 10...20 кг или бумажные мешки с полиэтиленовым вкладышем массой 10...20 кг и хранят в холодильных камерах при температуре не выше 15 °С.

Сушеные дрожжи вырабатывают в виде вермишели, гранул, порошка или кусочков. Цвет сушеных дрожжей должен быть от светло-желтого до светло-коричневого, запах и вкус — свойственные сушеным дрожжам. Сушеные дрожжи выпускают двух сортов — высшего и I, различающихся по физико-химическим показателям и сохранности (табл. 30.1).

Таблица 30.1

Физико-химические показатели качества сушеных дрожжей

Показатели	Высший сорт	I сорт
Влажность, %, не более	8	10
Подъемная сила, мин, не более	70	90
Сохранность со дня выработки, мес, не менее	12	5

### 30.5. ПРОИЗВОДСТВО ДРОЖЖЕЙ НА СПИРТОВЫХ ЗАВОДАХ

Выработка хлебопекарных дрожжей на спиртовых заводах, перерабатывающих мелассу, основана на выделении дрожжевого концентрата из зрелой бражки. По физико-химическим и органо-

лептическим показателям дрожжи, выпускаемые на спиртовых заводах, должны удовлетворять требованиям ГОСТ 171—92, однако эти дрожжи имеют мальтазную активность ниже, чем дрожжи, получаемые на специализированных заводах. Для устранения этого недостатка при сбраживании мелассного суслу в спиртовом производстве используют специальные расы дрожжей В и Г-112.

Спиртовые заводы, выпускающие хлебопекарные дрожжи, применяют однопоточный способ сбраживания суслу, что позволяет повысить стойкость дрожжей при хранении.

Технология хлебопекарных дрожжей на спиртовых заводах складывается из следующих стадий: выделение дрожжей из зрелой мелассной бражки, промывка водой и получение дрожжевого концентрата; прессование; формование, упаковывание и хранение.

Для выделения дрожжей из зрелой бражки применяют пяти- и семиступенчатую или ступенчато-крутовую схемы сепарирования, которые отличаются организацией промывок дрожжей водой, количеством сепараторов, расходом воды и электроэнергии.

Типовой для крупных спиртовых комбинатов является семиступенчатая схема сепарирования дрожжей, предусматривающая двухступенчатое выделение и концентрирование дрожжей, три противоточных промывания для извлечения спирта и двухступенчатое окончательное отмывание дрожжей от остатков бражки. Аппаратурно-технологическая схема представлена на рис. 30.2. Установка для выделения дрожжей включает в себя сепараторы первой—седьмой ступеней (3, 7...9, 11, 16, 17); сборника обездрожженной бражки 2; дрожжевой суспензии (21, 23, 25, 27, 29); промывной воды (22, 24, 26), дрожжевого концентрата 20; насосов 1, 19, 28.

Бражка из сборника 4 поступает на сепараторы через фильтровую 5 для удаления механических примесей. Отток первой и второй ступеней сепарации с сепараторов 3 и 7 направляют на перегонку, перед третьей ступенью дрожжи промывают в эжекторе 15 оттоком четвертой ступени сепарации с сепаратора 9, перед четвертой ступенью — оттоком пятой ступени сепаратора 11. Промывные воды с третьей ступени с сепаратора 8 направляют для отгонки спирта в отдельную колонну, предназначенную для перегонки слабоконцентрированных спиртовых растворов. Для улавливания спирта и диоксида углерода, выделяющихся из бражки, сборники и сепараторы всех ступеней герметизируют. Пары спирта и диоксида углерода из расширителя 6 отсасывают посредством вакуум-насоса и газовых коммуникаций в спиртоловушку 10, откуда водно-спиртовой раствор вместе с промывными водами после третьей ступени направляют на перегонку.

Дрожжевую суспензию после четвертой ступени сепарирования в эжекторе 15 промывают свежей артезианской водой и направляют на пятую ступень. Для повышения стойкости дрожжей при хранении дрожжевую суспензию пятой ступени направляют в специальную колонну 13, где подвергают азириванию в течение

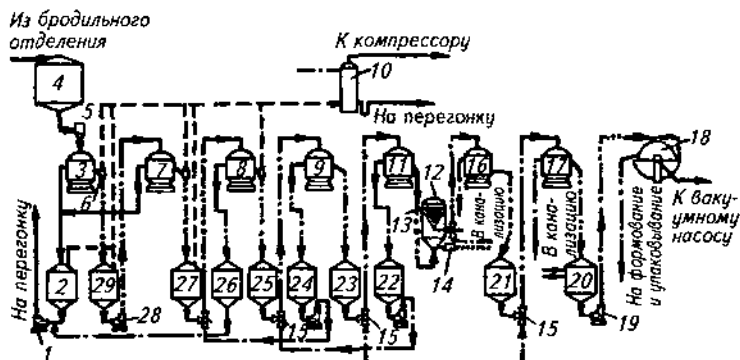


Рис. 30.2. Аппаратурно-технологическая схема семиступенчатого способа сепарирования дрожжей:

1, 19, 28 — насосы; 2 — сборник для обездрожженной бражки; 3, 7...9, 11, 16, 17 — сепараторы первой, второй, третьей, четвертой, пятой, шестой и седьмой ступени соответственно; 4 — сборник для зрелой бражки; 5 — фильтр-ловушка; 6 — расширители для улавливания  $\text{CO}_2$  и паров спирта; 10 — спиртоловушка; 12 — бактерицидные лампы; 13 — колонна для дозревания дрожжей; 14 — биологический воздушный фильтр; 15 — эжектор; 18 — вакуум-фильтр; 20 — сборник для готового дрожжевого концентрата; 21, 23, 25, 27, 29 — сборники дрожжевого концентрата с шестой, четвертой, третьей, второй, первой ступени сепарирования соответственно; 22, 24, 26 — сборники для промывных вод с пятой, четвертой и третьей ступени сепарирования соответственно.

Условные обозначения на схеме:

— — — — — дрожжи и дрожжевая суспензия; — — — — — промывные воды и артезианская вода;  
 ..... — воздух; - - - - -  $\text{CO}_2$  и пары спирта; — — — — — зрелая и обездрожженная бражка

2 ч. Воздух в колонну подается компрессором через биологический фильтр 14. С целью повышения микробиологической чистоты дрожжей стекающую тонким слоем дрожжевую суспензию облучают бактерицидными лампами 12, установленными в верхней части колонны.

Обработанная дрожжевая суспензия последовательно подается на шестую и седьмую ступени сепарирования, где ее промывают свежей артезианской водой. Содержание дрожжей в концентрате после седьмой ступени сепарирования  $400...500 \text{ г/дм}^3$ . Общий расход воды на промывание дрожжей 10...70 % к объему зрелой бражки, поступающей на первую ступень сепарирования. Затем дрожжевую суспензию охлаждают до температуры  $2...4^\circ\text{C}$  и подают на вакуум-фильтр 18, после чего дрожжи влажностью 72...75 % формуют, упаковывают и направляют в холодильную камеру, где их охлаждают и хранят при температуре  $0...4^\circ\text{C}$ .

Выход прессованных дрожжей составляет до 3,5 кг/дал спирта. Себестоимость дрожжей спиртовых заводов на 45 % ниже, чем на специализированных заводах, что объясняется значительно меньшими удельным расходом мелассы, теплоэнергетическими, трудовыми и другими затратами.

1. Где и с какой целью используют хлебопекарные дрожжи?
2. Какие условия являются оптимальными для жизнедеятельности дрожжей?
3. Какие дрожжи называются засевными, а какие — товарными?
4. Какие требования предъявляются к качеству прессованных дрожжей?
5. Что называется дрожжевым молоком и по каким показателям регламентируется его качество?
6. Каковы особенности сушки дрожжей?
7. Какие требования предъявляются к сушеным дрожжам?
8. В чем отличие технологии хлебопекарных дрожжей, полученных на специализированных и спиртовых заводах?

## Глава 31

### ТЕХНОЛОГИЯ ПИЩЕВЫХ КИСЛОТ И УКСУСА

Пищевые кислоты широко применяют при производстве кондитерских изделий, пищевых концентратов, консервов и безалкогольных напитков. В промышленности пищевые кислоты получают биохимическими способами с помощью микроорганизмов. При этом углеводы, содержащиеся в сырье, сбраживаются бактериями и плесневыми грибами.

#### 31.1. ПОЛУЧЕНИЕ ЛИМОННОЙ КИСЛОТЫ

В пищевой промышленности лимонную кислоту используют в производстве кондитерских изделий, безалкогольных напитков и пищевых концентратов. Пищевую лимонную кислоту получают в процессе ферментации сахаросодержащих сред грибом *Aspergillus niger*.

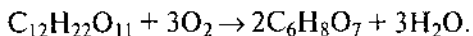
Для приготовления сахаросодержащих сред используют мелассу. *Меласса* — это отход свеклосахарного производства, который получают при центрифугировании утфеля последней кристаллизации и отделении кристаллов сахарозы. Свекловичная меласса содержит около 80 % СВ, в том числе 46...51 % сахарозы, 0,4...1,5 % инвертного сахара, 0,5...2 % раффинозы и др. Содержание азотистых веществ в мелассе составляет 0,8...2,7 %, минеральных веществ — 8,5 %. В состав минеральных веществ мелассы входят калий, магний, кальций, фосфор, железо и др. В мелассу входят также витамины группы В ( $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_6$ ), РР, биотин и др. Свекловичная меласса, используемая в производстве лимонной кислоты, должна содержать: не менее 75 % СВ, 46 % сахарозы, не более 1 % инвертного сахара, 0,7 % оксида кальция, 0,03 % диоксида серы, 0,05 % фосфорного ангидрида. Величина рН должна быть не ниже 6,5.

Кроме свекловичной мелассы в качестве сырья для приготовления сахаросодержащих сред используют мелассу, получаемую при

переработке импортного тростникового сахара-сырца. Сырцовая меласса содержит около 80 % СВ, в том числе около 44 % сбраживаемых сахаров, рН около 6,5.

Ферментация сахара осуществляется плесневым грибом *A. niger*, который хорошо усваивает глюкозу, фруктозу, сахарозу, плохо — галактозу, лактозу. Однако наибольшее количество лимонной кислоты образуется при сбраживании сред, содержащих сахарозу. Оптимальная концентрация сахара в среде 10...15 %.

Процесс получения лимонной кислоты при ферментации сахара может быть представлен следующим уравнением:



При лимоннокислом брожении часть сахара расходуется на процессы роста и дыхания гриба.

Одним из важнейших факторов эффективности производства лимонной кислоты является использование соответствующего штамма гриба *A. niger*. Штаммы гриба должны давать наибольший выход лимонной кислоты, быть устойчивыми к внешним воздействиям. В условиях поверхностного и глубинного способов ферментации используют разные штаммы гриба, удовлетворяющие соответствующим условиям среды.

*A. niger* — аэроб, который не может существовать без кислорода, поэтому ему свойствен поверхностный стелющийся рост, однако в условиях достаточной аэрации размножение может происходить глубинным способом.

К числу важных факторов, влияющих на жизнедеятельность *A. niger*, относятся также величина рН, температура, влажность, наличие минеральных веществ. Оптимальная температура для образования лимонной кислоты составляет 31...32 °С, для роста и развития гриба — 35...37 °С. Величина рН может находиться в пределах от 3,0 до 7,0, в процессе роста гриба и ферментации значение рН культуральной среды меняется. Минеральные вещества необходимы грибам *A. niger* в процессе роста и лимоннокислого брожения. Для этого применяют гидрофосфат калия  $KH_2PO_4$  (источник калия и фосфора), сульфат цинка, а в ряде случаев — соли меди и кобальта.

Технологическая схема производства лимонной кислоты приведена на рис. 31.1. Основные стадии процесса проходят в специальных производственных помещениях.

**Приготовление питательной среды.** В состав питательных сред, используемых для ферментации, входят растворы мелассы и минеральных веществ. Все компоненты питательных сред стерилизуют.

Приготовление мелассных сред различной концентрации заключается в растворении мелассы в воде. Затем величину рН полу-



Рис. 31.1. Технологическая схема производства лимонной кислоты

ченного раствора доводят до 6,8...7,2 путем добавления серной кислоты или раствора карбоната натрия, после обработки раствор кипятят. Для удаления ионов тяжелых металлов в мелассную среду вносят растворы гексациано-(II)-феррата калия и трилона Б. Далее добавляют растворы солей ( $ZnSO_4$ ,  $KH_2PO_4$ ) и стерильную воду для доведения концентрации среды до необходимой величины.

**Получение посевного материала.** Посевной материал для глубинной и поверхностной ферментации готовят централизованно. Посевной материал представляет собой конидии *A. niger* производственного штамма, обладающие высокими всхожестью и продуктивностью, не содержащие посторонней микрофлоры.



Посевной материал получают размножением конидий на суло-агаровых средах в стерильных условиях.

**Ферментация.** Глубинная ферментация. Способ глубокой ферментации включает выращивание мицелия и основную ферментацию.

Мицелий выращивают в посевном ферментаторе, объем которого составляет 10 % объема основного ферментатора. Ферментатор представляет собой стальной вертикальный цилиндрический сосуд, снабженный водяной рубашкой, устройствами для подачи воздуха и перемешивания культуральной жидкости. К 3%-й мелассной питательной среде температурой 35...36 °С добавляют суспензию конидий, которую готовят предварительно за 5...6 ч, смешивая сухие конидии с мелассной средой и выдерживая в термостате при 32 °С. Мицелий выращивают при температуре 34...35 °С, непрерывном перемешивании и аэрации среды. Количество воздуха, подаваемого для аэрации среды, увеличивают в процессе роста мицелия, после 24...30 ч и до окончания культивирования подают 90...100 м<sup>3</sup>/ч. В процессе выращивания периодически осуществляют контроль чистоты культуры. Продолжительность выращивания мицелия 18...28 или 28...36 ч.

Основную ферментацию проводят в ферментаторах вместимостью 50 или 100 м<sup>3</sup>. Готовят стерильную мелассную питательную среду 3%-й концентрации температурой 32...33 °С, из посевного ферментатора поступает подросший мицелий. В течение первых суток после засева мицелий разрастается, начинается интенсивное брожение, что приводит к снижению содержания сахара в среде. Когда содержание сахара составит 0,4...0,8 %, в ферментатор подливают концентрированную мелассную среду, содержащую 20...25 % сахара. Обычно в процессе ферментации делают 3...4 подлива. Суммарную концентрацию сахара в исходном объеме среды доводят до 12...13 %.

В процессе глубокой ферментации большое внимание уделяют аэрации культуральной жидкости, так как грибы нуждаются в постоянном поступлении кислорода. В ферментаторе вместимостью 100 м<sup>3</sup> в течение первых суток увеличивают подачу воздуха со 100...150 до 2200 м<sup>3</sup>/ч и поддерживают на данном уровне до окончания ферментации.

Температуру среды в процессе ферментации поддерживают в пределах 31...32 °С.

О завершении процесса брожения судят по изменению величины титруемой кислотности культуральной жидкости. Если титруемая кислотность практически не изменяется в течение 4...8 ч, то брожение заканчивают. При этом культуральную жидкость в ферментаторе нагревают паром до 65...70 °С, а затем перекачивают в сборник.

Съем лимонной кислоты, т. е. количество, полученное с 1 м<sup>3</sup> объема ферментатора за сутки, составляет 8...10 кг.

Мицелий отделяют и промывают на вакуум-фильтрах. После отделения культуральной жидкости мицелий промывают горячей водой температурой около 100 °С. Содержание кислоты в отмытом мицелии не должно превышать 0,2 %.

**Поверхностная ферментация.** Ферментацию проводят в закрытых камерах, на стеллажах которых установлены плоские кюветы прямоугольного сечения. Кюветы изготавливают из алюминия или нержавеющей стали (размеры кюветы: длина 7 м, ширина 1,8, высота 0,2 м).

Необходимую температуру в камере поддерживают с помощью риточно-вытяжной вентиляции.

Кюветы заполняют мелассной питательной средой, содержание сахара в которой 13...16 %, высота слоя среды 12...18 см. Затем проводят посев сухими спорами гриба *A. niger*.

Начальный период процесса, продолжающийся около трех суток, включает рост гриба и формирование пленки мицелия на поверхности среды в кювете. При этом поддерживают температуру 33...34 °С.

В процессе ферментации температуру культуральной жидкости поддерживают на уровне 30...32 °С. Ферментацию завершают, когда в среде остается 2...3 % сахара от введенного количества, кислотность достигает около 20 %. После окончания брожения сливают культуральную жидкость, под пленку мицелия подливают горячую воду для удаления лимонной кислоты. После промывания мицелий снимают с кювет, а культуральную жидкость и промывную воду направляют на выделение лимонной кислоты.

Способ поверхностной ферментации устарел и значительно уступает глубинному способу. Способ глубинной ферментации позволяет обеспечить более высокую скорость брожения, стерильные условия процесса, сокращает затраты ручного труда.

**Получение цитрата кальция.** Культуральная жидкость содержит лимонную, глюконовую и щавелевую кислоты. Содержание лимонной кислоты от общего содержания кислот составляет при глубинном способе 80...85 %, при поверхностном — 97...99 %.

В процессе выделения из культуральной жидкости лимонную кислоту осаждают в виде малорастворимого цитрата кальция. Культуральную жидкость обрабатывают известковым молоком до  $pH > 6$  при температуре около 90 °С. Происходит реакция нейтрализации лимонной, глюконовой и щавелевой кислот, в результате образуется осадок цитрата и оксалата кальция. Отделение осадка осуществляют на вакуум-фильтрах. Полученный на фильтре осадок промывают водой температурой не ниже 90 °С.

**Разложение цитрата кальция.** Промытый осадок обрабатывают серной кислотой в реакторе из кислотоупорной стали. В реакторе из осадка готовят суспензию, концентрация которой обеспечит получение 25%-го раствора лимонной кислоты. Температуру суспензии доводят до 75 °С и добавляют техническую серную кислоту

в количестве, обеспечивающем ее избыток в растворе, т. е. 5...10 г/л. При этом происходит экзотермическая реакция разложения цитрата кальция с образованием лимонной кислоты и осадка сульфата кальция, температура реакционной смеси возрастает примерно до 90 °С.

При поддержании таких условий процесса оксалат кальция остается в осадке, так как для его разложения требуется большой избыток серной кислоты.

После разложения цитрата кальция в реактор добавляют 10%-й раствор гексациано-(II)-феррата калия или кальция для осаждения ионов трехвалентного железа, в результате чего образуется осадок берлинской лазури. Для осветления раствора лимонной кислоты вносят активный уголь. Осаждение тяжелых металлов и мышьяка проводят сульфидом бария.

**Очистка и выпаривание раствора лимонной кислоты.** Осадок отделяют на вакуум-фильтрах, промывают его водой температурой около 90 °С до содержания лимонной кислоты в промывной жидкости не более 0,1 %. Промывную воду смешивают с фильтратом, среднее содержание лимонной кислоты в смеси должно быть не ниже 16 %.

Полученный раствор лимонной кислоты выпаривают в вакуум-аппарате при остаточном давлении около 80 кПа, что позволяет уменьшить цветность раствора. Конечная плотность раствора составляет 1,26...1,28 г/см<sup>3</sup>. В процессе выпаривания раствора выпадает осадок сульфата цинка. После выпаривания раствор лимонной кислоты осветляют активным углем в количестве 1,5...2 % к массе лимонной кислоты в растворе. Активный уголь и сульфат цинка отделяют фильтрованием.

Осветленный раствор лимонной кислоты поступает на второе выпаривание при остаточном давлении около 80 кПа. Раствор концентрируют до плотности 1,37...1,38 г/см<sup>3</sup>, при этом содержание кислоты в растворе составит 69...71 %. Концентрированный раствор фильтруют и подают в кристаллизатор.

**Кристаллизация лимонной кислоты.** Охлаждение горячего раствора проводят в кристаллизаторе при непрерывном перемешивании. Пересыщение, необходимое для образования центров кристаллизации, достигается при снижении температуры концентрированного раствора. При температуре около 37 °С вносят заправку кристаллов лимонной кислоты в количестве 0,05 % к массе раствора. Образование и рост кристаллов происходят при снижении температуры до 8 °С. При этой температуре уфель, который представляет собой смесь кристаллов и маточного раствора, выдерживают в течение 30 мин.

**Отделение кристаллов кислоты.** Кристаллы отделяют от маточного раствора на центрифугах. Полученные кристаллы пробеливают — опрыскивают водой температурой не выше 35 °С для удаления пленки маточного раствора на их поверхности. После центри-

фугирования влажность кристаллов лимонной кислоты составляет 2...3 %.

**Сушка кристаллов.** Кристаллы лимонной кислоты сушат в условиях, обеспечивающих удаление поверхностной влаги и сохранение кристаллизационной воды, для чего используют барабанные или ленточные пневматические сушилки, в которых кристаллы высушивают воздухом при температуре 35 °С.

**Упаковывание и хранение лимонной кислоты.** После сушки кристаллы кислоты охлаждают, просеивают и упаковывают. Лимонную кислоту выпускают в упакованном виде, для реализации через розничную торговлю кислоту фасуют по 10...100 г в пакеты из полиэтиленовой пленки или этикетировочной бумаги, ламинированной полиэтиленом, или пачки из бумаги с вкладышем.

Для поставок на предприятия лимонную кислоту фасуют в льно-джуто-кенафные или льняные продуктовые мешки вместимостью до 40 кг с вкладышем из полиэтиленовой пленки. Допускается упаковка кислоты в ящики из гофрированного картона, высланные подпергаментом.

Лимонную кислоту хранят в закрытых помещениях при относительной влажности воздуха не выше 70 %. Срок хранения лимонной кислоты 6 мес со дня изготовления.

В соответствии с требованиями ГОСТ 908—99 лимонную кислоту вырабатывают следующих сортов: экстра, высший, I с содержанием не менее 99,5 % лимонной кислоты в пересчете на моногидрат. Лимонная кислота представляет собой бесцветные кристаллы или белый порошок без комков, для кислоты I сорта допускается желтоватый оттенок. Вкус кислый, без постороннего привкуса, 25%-й раствор кислоты в дистиллированной воде не должен иметь запаха. Содержание золы для сорта экстра не более 0,07 %, для высшего — 0,1, для I — 0,35 %.

## 31.2. ПОЛУЧЕНИЕ МОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ

Пищевая молочная кислота представляет собой водный раствор молочной кислоты, который получают ферментацией углеводсодержащего сырья молочнокислыми бактериями *Lactobacillus delbrueckii*.

Сырьем для производства молочной кислоты служит смесь тростникового сахара-сырца, рафинадной патоки и свекловичной мелассы.

Тростниковый сахар-сырец содержит 99,4...99,6 % СВ, в том числе 96,5...98 % сахарозы, 0,6...0,9 редуцирующих веществ, 0,7...1 % органических нес сахаров.

Рафинадная патока является отходом производства сахара-рафинада. Это вязкая коричневая жидкость, содержащая не менее 72 % СВ, в том числе 49 % сахарозы, величина рН не ниже 5,5.

В качестве возбудителя молочнокислого брожения в производстве молочной кислоты используют гомоферментативные термофильные бактерии *Lactobacillus delbrueckii*. Эти бактерии хорошо сбраживают глюкозу, мальтозу, фруктозу, галактозу и сахарозу.

Гомоферментативное молочнокислое брожение может быть представлено следующим уравнением:



Для успешного культивирования *L. delbrueckii* необходимо наличие в сахаросодержащей среде аминокислот, витаминов группы В, биостимуляторов. С этой целью используют сухие солодовые ростки, содержащие азотистые вещества, витамины и биологически активные вещества, необходимые для нормальной жизнедеятельности молочнокислых бактерий.

Оптимальной температурой для брожения, вызываемого *L. delbrueckii*, является 48...50 °С, которая создает неблагоприятные условия для большинства других микроорганизмов, обеспечивая сохранение культуры молочнокислых бактерий.

Брожение протекает в средах с рН около 5,5, при увеличении рН появляется опасность заражения среды посторонними бактериями.

Образующаяся при брожении молочная кислота угнетает *L. delbrueckii*, поэтому кислоту, накапливающуюся в процессе ферментации, нейтрализуют мелом. В результате образуется растворимый лактат кальция. Кислотность поддерживают на уровне 0,3...0,4 %. Содержание лактата кальция в культуральной жидкости в конце брожения должно составлять 15...16 %. Выход молочной кислоты в процессе ферментации составляет в среднем 85...86 % к массе сахара.

Технологическая схема производства молочной кислоты приведена на рис. 31.2.

**Подготовка питательной среды.** При переработке сахаросодержащего сырья питательную среду готовят непосредственно в бродильном аппарате. Сахар-сырец, мелассу или рафинадную патоку растворяют в воде, получают среду с содержанием сахара 3...4 %. Раствор нагревают до 70 °С и пастеризуют при этой температуре в течение 1 ч. Затем раствор охлаждают до 48...50 °С и добавляют 15 % солодовых ростков к массе сахара.

**Получение посевного материала.** Посевную культуру получают из чистой культуры молочнокислых бактерий в производственной лаборатории путем выращивания на стерильной питательной среде из солодового сусла. Выращивание посевной культуры в лабораторных условиях включает три стадии продолжительностью 20...24 ч каждая при температуре 48...50 °С. Четвертую стадию выращивания проводят на стерильной производственной среде. Чистую засевную культуру готовят в начале производства и при необ-

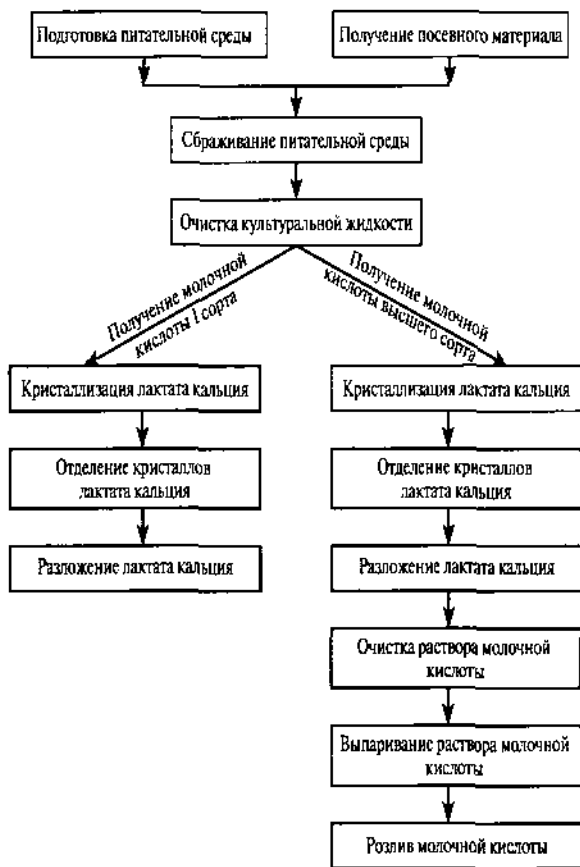


Рис. 31.2. Технологическая схема производства молочной кислоты

ходимости ее замены. В производственных условиях посевной культурой служит отбор культуральной жидкости из предыдущего бродильного аппарата.

**Сбраживание питательной среды.** К подготовленной питательной среде добавляют засевную культуру молочнокислых бактерий, отобранную из другого аппарата, в количестве 20 % вместимости бродильного аппарата. Брожение проводят при температуре 48...50 °С. При температуре ниже 45 °С развивается посторонняя микрофлора. Кратковременное повышение температуры более 55 °С приводит к снижению активности молочнокислых бактерий.

Для нейтрализации образующейся молочной кислоты в бродильный аппарат несколько раз в сутки добавляют стерилизованное меловое молоко или измельченный мел.

В процессе брожения молочнокислые бактерии сбраживают до 2 % сахара в сутки, для поддержания концентрации сахара в бро- дящей среде 3...4 % в бродильный аппарат в несколько приемов вводят 5%-й раствор сахара-сырца.

Продолжительность брожения 6...8 сут. Культуральная жид- кость в конце брожения содержит до 15 % лактата кальция и 0,2...0,5 % несброженного сахара.

**Очистка культуральной жидкости.** В культуральной жидкости находятся твердые примеси: мел, солодовые ростки, а также кол- лoidalные частицы. На первом этапе очистки культуральную жид- кость обрабатывают известковым молоком температурой 70...80 °С, при этом осаждаются железо, коагулируют белки, раз- рушается несброженный сахар. Для отделения взвешенных частиц культуральную жидкость отстаивают в течение 6...12 ч при темпе- ратуре выше 48 °С. Отстоявшуюся жидкость направляют на филь- трование, полученный фильтрат подают в кристаллизатор.

**Кристаллизация лактата кальция.** Для очистки лактата кальция от примесей при получении молочной кислоты высшего сорта проводят кристаллизацию.

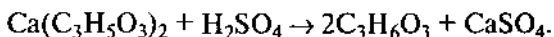
В кристаллизаторе отфильтрованную культуральную жидкость доводят до температуры 30 °С и вносят затравку в виде кристаллов лактата кальция предыдущей кристаллизации в количестве 6...7 % к массе раствора. В процессе образования центров кристаллиза- ции и роста кристаллов смесь постепенно охлаждают. Конечная температура утфеля не должна превышать 10 °С. Продолжитель- ность процесса кристаллизации 10...12 ч.

**Отделение кристаллов лактата кальция.** Кристаллический лактат кальция отделяют на фильтр-прессах или центрифугах и пробели- вают холодной водой для удаления поверхностной пленки маточ- ного раствора.

Выход кристаллического лактата кальция составляет около 80 % от его содержания в утфеле. Маточный раствор используют для получения молочной кислоты II сорта. Для этого проводят разложение лактата кальция, отделение гипса и осветление ра- створа активным углем.

**Разложение лактата кальция.** Кристаллы лактата кальция рас- плавляют паром. Полученный раствор содержит 20...25 % лактата.

Лактат кальция разлагают серной кислотой с образованием мо- лочной кислоты и нерастворимого осадка — сульфата кальция:



В реакторе концентрацию раствора лактата кальция повышают до 18 % и проводят разложение при температуре около 80 °С и 0,5%-м избытке серной кислоты.

Молочную кислоту I сорта получают без кристаллизации лак- тата кальция.

Лактат кальция, содержащийся в очищенной культуральной жидкости, разлагают серной кислотой.

**Очистка раствора молочной кислоты.** Полученный раствор молочной кислоты подвергают очистке. Соединения железа осаждают 20%-м раствором гексациано-(II)-феррата калия, тяжелые металлы и мышьяк — сульфидом бария. Для осветления раствор молочной кислоты обрабатывают активным углем. Осадок, образующийся в результате очистки раствора кислоты, отделяют фильтрованием. Для удаления примесей минеральных веществ, красящих и азотистых соединений осветленный раствор кислоты очищают с помощью ионообмена на катионитовых и анионитовых фильтрах. Полученный раствор молочной кислоты обрабатывают гексациано-(II)-ферратом калия и сульфидом бария. Гипсовый шлам отделяют фильтрованием.

Раствор молочной кислоты осветляют в течение 30 мин при температуре 80 °С активным углем, который вносят в количестве 3...4 % к массе 40%-й молочной кислоты. Затем обработавший уголь отделяют фильтрованием.

**Выпаривание раствора молочной кислоты.** Полученный раствор кислоты выпаривают в вакуум-аппаратах при остаточном давлении не менее 80 кПа до концентрации, превышающей 40 %.

Полученный концентрированный раствор молочной кислоты дополнительно осветляют активным углем, проверяют на полноту разложения лактата, на содержание железа, тяжелых металлов и мышьяка. Раствор кислоты обрабатывают гексациано-(II)-ферратом калия и сульфидом бария. Затем кислоту фильтруют, доводят умягченной водой до стандартной концентрации 40 % и выдерживают в течение 2...10 сут.

**Разлив молочной кислоты.** Готовую молочную кислоту разливают в стеклянные бутылки вместимостью 10 л, бочки из полиэтилена вместимостью 50 л. Стеклянные бутылки укладывают в деревянные ящики, заполненные упаковочным материалом. Молочную кислоту перевозят всеми видами транспорта с соблюдением соответствующих правил.

Молочную кислоту хранят в таре изготовителя в закрытых складских помещениях в течение 1 года со дня выработки.

В соответствии с требованиями нормативных документов пищевую молочную кислоту выпускают 40%-й концентрации высшего, I и II сортов. Она представляет собой прозрачную жидкость без мути и осадка, со слабым запахом, специфическим для молочной кислоты, кислому вкусу и без постороннего привкуса.

Готовая молочная кислота содержит различные продукты дегидратации, которые называются *ангидридами*. При увеличении концентрации кислоты содержание ангидридов возрастает. Образование ангидридов приводит к снижению кислотности, ухудшает качество кислоты (табл. 31.1).



Физико-химические показатели качества пищевой молочной кислоты

Показатели	Норма для молочной кислоты сортов		
	высшего	I	II
Содержание:			
общей молочной кислоты, %	40,0 ± 1,0	40,0 ± 1,0	40,0 ± 1,0
прямотитруемой молочной кислоты, % %, не менее	37,5	37,5	35
ангидридов, %, не более	2,5	2,5	5,0
зола, %, не более	0,6	1,0	4,0
редуцирующих веществ, %, не более	1,0	Не нормируется	
Цветность, усл. град, не более	6,5	10	30

В молочной кислоте определяют содержание железа, мышьяка, сульфатов, проводят пробы на наличие бария, солей тяжелых металлов, ферроцианидов, цианистоводородной кислоты, свободной серной кислоты.

### 31.3. ПОЛУЧЕНИЕ УКСУСА

Столовый уксус представляет собой слабый водный раствор уксусной кислоты, получаемый при окислении этанола уксуснокислыми бактериями или при разбавлении уксусной эссенции водой. Уксус используют при изготовлении майонезов, соусов, консервов, а также в качестве приправы.

Основное сырье для производства спиртового уксуса — спирт-сырец из зерна, картофеля или их смеси, ректифицированный спирт I сорта. Для выработки фруктового уксуса используют сухие плодово-ягодные виноматериалы.

Ферментация осуществляется уксуснокислыми бактериями *Acetobacter aceti*.

Окисление этанола уксуснокислыми бактериями можно представить в виде суммарного уравнения



Уксуснокислые бактерии — строгие аэробы, так как уксусная кислота образуется только в присутствии кислорода воздуха. Оптимальная температура для развития бактерий — около 30 °С. Бактерии могут развиваться в среде с рН около 3,0, оптимальными же значениями рН являются 5,4...6,3. Накапливающаяся при ферментации уксусная кислота угнетает клетки бактерий, в результате чего снижается скорость кислотообразования.

Содержание спирта в сброживаемом сусле 6...10 об.%. Повышенная концентрация спирта в среде затрудняет развитие уксуснокислых бактерий.

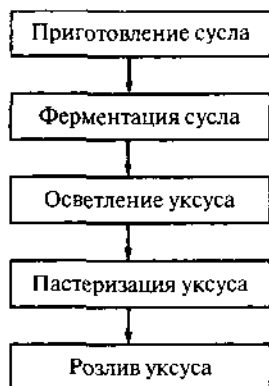


Рис. 31.3. Технологическая схема производства столового уксуса циркуляционным способом

Уксуснокислые бактерии могут окислять уксусную кислоту с образованием диоксида углерода и воды. Этот процесс переокисления происходит, если окислен весь спирт, содержащийся в сброживаемом сусле. Он приводит к снижению выхода уксусной кислоты. Для предотвращения переокисления ферментацию заканчивают при содержании 0,2...0,3 об.% неокисленного спирта в сброженном сусле.

В питательной среде должны находиться сахара, минеральные соли, содержащие азот, фосфор, серу, калий и магний.

Технологическая схема производства столового уксуса циркуляционным способом приведена на рис. 31.3.

Сусло для ферментации готовят из спирта, воды и добавок, обеспечивающих развитие бактерий. С этой целью в сусло вносят минеральные соли (сульфат аммония, ди-

аммонийфосфат, гидрофосфат калия, суперфосфат), сахара (техническая глюкоза, крахмальная патока, солодовое сусло).

Ферментацию проводят в генераторах-окислителях, изготовленных из дерева, керамики, нержавеющей стали и других кислотоустойчивых материалов.

Для увеличения площади поверхности окислительного взаимодействия в генератор вводят наполнитель — стружку из бука, граба, березы. Уксуснокислые бактерии закрепляются на поверхности стружек.

Стружку орошают подготовленным суслом, бактерии окисляют спирт в уксусную кислоту. Из сборника сусло с помощью насоса через теплообменник повторно перекачивают в ороситель. Оптимальная температура для интенсивного кислотообразования в верхней части генератора 28...32 °С, в нижней — 32...36 °С. Процесс ферментации продолжается 4...5 сут, накопление уксусной кислоты составляет 9...10 %. Высокая производительность генератора обеспечивается необходимой аэрацией среды. Полученный уксус сливают, оставляя в генераторе небольшое его количество, и начинают следующий цикл. В генератор-окислитель подают подготовленное сусло.

Полученный уксус осветляют, для этого его обрабатывают оклеивающими материалами (желатин, рыбий клей) и активным углем. Образующийся осадок отделяют фильтрованием.

Для улучшения вкуса и запаха уксус выдерживают в дубовых бочках.

Стандартную кислотность пищевого уксуса получают, разбавляя его водой до требуемой концентрации уксусной кислоты.

Готовый уксус пастеризуют для получения продукта, стойкого при хранении. Уксус разливают для розничной продажи в бутылки, а для использования в промышленности — в бочки и бутыли.

В зависимости от вида сырья и содержания уксусной кислоты получают пищевой спиртовой уксус 6, 9, 12%-й концентрации и фруктовый 6%-й.

Уксус должен быть прозрачным, без мути, осадка, слизи, посторонних включений. Запах и вкус соответствуют виду уксуса. Фруктовый уксус может иметь слабый запах исходного сырья без посторонних запахов и привкусов.

Наличие свободных минеральных кислот и солей тяжелых металлов в уксусе не допускается.

Уксус хранят в хорошо вентилируемых помещениях при температуре от 0 до 20 °С и относительной влажности воздуха 75...80 %. Срок хранения в бутылках: 6%-го — 6 мес, 9%-го и 12%-го — 12, фруктового — 3 мес.

#### *Контрольные вопросы*

1. Из какого сырья получают молочную кислоту?
2. Какие микроорганизмы используют при производстве лимонной и молочной кислот?
3. Где применяют пищевые кислоты?
4. Что собой представляет пищевая молочная кислота?
5. Как получают уксус?

## **Глава 32**

### **ТЕХНОЛОГИЯ ЛИКЕРОВОДОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Ликероводочная промышленность выпускает водки и ликероводочные напитки.

*Водка* представляет собой смесь ректифицированного этилового спирта с водой, обработанную активным углем и профильтрованную. Все водки содержат 35...56 об.% спирта (чаще всего крепостью 40 об.%), но различаются по вкусу благодаря добавкам, вносимым для смягчения вкуса, а также качеству спирта и воды.

По физико-химическим показателям водки делятся на виды, приготовляемые на ректифицированном этиловом спирте высшей очистки, спирте марок Экстра и Люкс. Водки разных наименований отличаются крепостью, качеством используемого спирта и особенностями рецептуры. В настоящее время водки производят более чем по 250 рецептурам. В каждой группе водок выпускают несколько наименований, которые различаются как по рецептуре, так и технологией приготовления.

На основе спирта высшей очистки готовят, например, такие водки, как Русская, Старорусская, Экстра; на основе спирта Экстра — Пшеничная, Московская особая, Посольская, из спирта сорта Люкс — Золотое кольцо, Гжелка, Старая Москва.

По составу сырья и органолептическим показателям в отдельную группу выделяют водки особые: Зубровка, Старка, Перцовка и др., в состав которых дополнительно вводят спиртованные настои, эфирные масла, мед, коньяк и другие компоненты.

*Ликероводочные изделия* — это крепкие спиртные напитки (12...60 об.%), полученные смешиванием (купажированием) ректификованного спирта высшей очистки, умягченной воды, спиртованных соков, морсов, настоев, ароматного спирта, сахарного сиропа и других материалов. Эти напитки отличаются значительным содержанием сахара, специфическим ароматом, цветом и вкусом. В зависимости от состава сырья, содержания спирта и сахара ликероводочные изделия делятся на группы: ликеры крепкие и десертные, кремы, наливки, пунши, настойки горькие, сладкие и полусладкие, слабоградусные полусладкие и десертные напитки, аперитивы, настойки горькие и бальзамы, настойки горькие слабоградусные (табл. 32.1).

Таблица 32.1

**Классификация ликероводочных изделий по содержанию в них сахара и спирта**

Ликероводочные изделия	Крепость, об.%	Массовая доля, г/100 см <sup>3</sup>		
		общего экстракта	сахара	кислот (в пересчете на лимонную)
Ликеры крепкие	35...45	32...50	32...50	0...0,5
Ликеры десертные	25...30	39...50	35...50	0...0,7
Кремы	20...23	50...60	49...60	0...0,5
Наливки	18...20	29...47	28...40	0,2...1,0
Пунши	15...20	34...43	33...40	0...1,3
Настойки:				
сладкие	16...25	9...32	8...30	0...0,9
полусладкие	30...40	10...12	9...10	0...0,8
слабоградусные полусладкие	20...28	5...12	4...10	0...0,8
горькие и бальзамы	30...60	—	—	0...0,5
горькие слабоградусные	25...28	—	—	—
Напитки десертные	12...16	15...32	14...30	0,2...1,0
Аперитивы	15...35	5...20	4...18	0,2...0,7

Основным параметром разделения этих изделий на группы является содержание в них спирта и сахара, вспомогательным — содержание полуфабрикатов и ингредиентов.

Крепкие ликеры и горькие настойки готовят на настоях и ароматных спиртах изпряного и ароматического сырья и настоях, содержащих горькие, дубильные и другие вещества.

Десертные ликеры и кремы получают смешиванием спиртованных соков из плодово-ягодного сырья с ароматными спиртами изпряного и ароматического сырья.

Наливки, сладкие настойки, пунши, десертные напитки готовят на спиртованных соках и морсах из плодово-ягодного сырья.

При изготовлении пуншей необходимо обязательно вносить настои из пряного и ароматического сырья.

Аперитивы получают внесением в спиртовую или винную основу полуфабрикатов или ингредиентов, придающих им легкий привкус горечи.

## 32.1. ХАРАКТЕРИСТИКА СЫРЬЯ И ПОЛУФАБРИКАТОВ

**Этанол (этиловый спирт).** Спирт в качестве сырья для производства алкогольных напитков получают биохимическим путем из сахаросодержащего (сахарная свекла, меласса и др.) или крахмалосодержащего (зерно, картофель и др.) сырья (см. главу 27).

В ликероводочной промышленности используется спирт этиловый ректификованный (очищенный) следующих сортов — Люкс, Экстра, высшего и I. Сорта спирта различаются по содержанию спирта и примесей.

**Вода.** Вода должна соответствовать требованиям ГОСТа, содержание в ней продуктов распада органических азотистых веществ и легко окисляющихся неорганических примесей должно быть минимальным. Особое значение имеет жесткость воды, обусловленная наличием в ней солей кальция и магния. Общая жесткость воды не должна превышать  $1 \text{ мг} \cdot \text{экв}/\text{дм}^3$ . Воду, не отвечающую этому требованию, следует подвергать умягчению.

**Растительное сырье.** В ликероводочном производстве используют свыше 100 видов растительного сырья. По морфологическим (внешним) признакам растительное сырье классифицируют на семь групп, а по технологическим — на три группы (рис. 32.1). С учетом этой классификации выбирают способ переработки сырья.

Ароматические и вкусовые вещества растительного сырья делят на две группы: растворимые в водно-спиртовых растворах (экстрактивные) и нерастворимые.

К растворимым веществам относят: растворимые углеводы, органические кислоты, гликозиды, красящие и дубильные вещества, алкалоиды, эфирные масла, ароматические соединения, азотистые вещества, ферменты, жиры, минеральные соли.

К нерастворимым веществам относят: целлюлозу, гемицеллюлозу, лигнин, нерастворимые азотистые и минеральные вещества.

При переработке сырья растворимые вещества почти полностью переходят в водно-спиртовой раствор, а нерастворимые остаются в отходах.

В качестве ароматических трав используются донник, душица, зверобой, зубровка, иссоп, майоран, Melissa, мята, полынь, розмарин, тимьян, шалфей, эвкалипт. Источником ароматических веществ служат цветы: акации белой, арники горной, гвоздики, календулы, лаванды, липы, ромашки лекарственной, розы, тыся-



Рис. 32.1. Схема классификации растительного сырья

челистника, черемухи и шафрана; корни и корневища: аира, валирианы, девясила, дягиля, имбиря, ириса, калгана, петрушки; семена и сухие плоды растений: аниса, дуба, кофейного дерева (кофе), мускатного дерева, перца душистого и черного, померанца, ванили, бадьяна, кардамона, кориандра, можжевельника, тмина, перца, какао дерева (какао-бобы), укропа и др. Ароматические вещества содержит кора коричневого лавра — корица. Ароматическим сырьем служат также свежие и сушеные корки цитрусовых: апельсина, кюрасо, лимона, мандарина, померанца, бергамота.

В качестве неароматического сырья используются: травы (бесмертник, вахта трехлистная, груша, первоцвет, эфедра); корни и корневища (горец змеиный, горечавка желтая, лапчатка, солодка) и древесная кора (дуб, крушина, хинное дерево).

В качестве вспомогательных материалов в ликероводочном производстве применяются: органические кислоты, в основном лимонная; растворенные в спирте эфирные масла (розовое, мятное, апельсиновое, лимонное, анисовое, тминное и др.); ароматические вещества, красители и др.

Применяемые пищевые красители — жженный сахар (коричневый), черничный морс (темно-красный) и другие усиливают интенсивность окраски и придают изделиям определенный цвет.

Для приготовления некоторых видов ликероводочных изделий применяют также коньяк, портвейн, темное пиво, натуральный мед и другие продукты.

Из основного сырья и вспомогательных материалов готовят полуфабрикаты: спиртованные соки и морсы, настои, ароматные спирты и сахарный сироп.

## 32.2. ПОЛУЧЕНИЕ ВОДОК

Технология водки состоит из следующих стадий: приема ректификованного спирта; подготовки воды; приготовления водно-спиртовой смеси (сортировки); фильтрования водно-спиртовой смеси; обработки водно-спиртовой смеси активным углем и повторного фильтрования; доведения водки до стандартной крепости и розлива.

**Прием спирта.** Ректификованный спирт, поступающий на приготовление водки, принимают по объему, измеряемому специальными мерниками, с одновременным определением содержания этанола. Учет спирта ведут так же, как и в спиртовой промышленности.

**Подготовка воды.** В ликероводочном производстве вода — это один из основных видов сырья, доля которого составляет 60 %. Особое значение имеет жесткость воды и ее солевой состав. Общая жесткость воды для ликероводочных изделий не должна превышать  $1 \text{ мг} \cdot \text{экв/дм}^3$ . Требование к жесткости воды вызвано тем, что в водно-спиртовых смесях растворимость кальциевых и магниевых солей, обуславливающих в основном жесткость воды, меньше, чем в питьевой, и при смешивании спирта с жесткой водой эти соли образуют осадок, вызывающий помутнение.

Для улучшения качества воды применяют следующие способы подготовки: отстаивание и фильтрование, коагуляцию, дезодорацию, обезжелезивание и умягчение.

С целью освобождения воды от взвешенных частиц ее отстаивают или фильтруют, что является наиболее распространенным способом освобождения ее от взвешенных частиц. В качестве фильтрующих материалов применяют кварцевый песок, гравий и др.

Для освобождения воды от частиц, находящихся в коллоидном состоянии и не отделяемых при фильтровании, воду обрабатывают веществами, которые способствуют укрупнению коллоидных частиц и выпадению их в осадок. Этот процесс называется *коагуляцией*. В качестве веществ, вызывающих коагуляцию (коагулянты), используют сульфат алюминия и сульфат железа.

Дезодорацию воды проводят для устранения неприятных запахов и привкусов. Наиболее распространенным способом дезодорации воды является озонирование и обработка активным углем.

Умягчение воды состоит в удалении из нее солей кальция и магния, которую проводят в основном путем ионообменной обработки воды. Сущность метода заключается в удалении из воды ионов кальция и магния с помощью ионитов — труднорастворимых веществ, способных поглощать из растворов одни катионы и отдавать взамен другие. Иониты, способные к обмену катионами, называются *катионитами*, а иониты, способные к обмену анионами, — *анионитами*. Для подготовки воды в ликероводочном про-

изводстве в качестве ионита используется сульфуголь, который получают при обработке каменного угля концентрированной серной кислотой. Существует несколько способов умягчения воды. Выбор способа обработки определяется в зависимости от жесткости и щелочности используемой воды.

**Приготовление водно-спиртовой смеси.** Для приготовления водки ректификованный спирт смешивают с подготовленной умягченной водой. Полученная водно-спиртовая смесь называется *сортировкой*. Сортировку готовят крепостью 40 или 50 об.% в зависимости от типа водки. Смешивание спирта с водой сопровождается уменьшением общего объема смеси (явление контракции) с выделением теплоты. Степень сжатия водно-спиртовой смеси и количество выделяемой теплоты зависят от концентрации спирта в смеси. Для приготовления сортировок различной крепости пользуются специальными таблицами, по которым определяют необходимое количество воды с учетом контракции.

Сортировку готовят в герметически закрытых аппаратах. Смеситель представляет собой цилиндрический резервуар со сферическим днищем, крышкой и мешалкой вместимостью от 300 до 1200 дал. В смеситель из мерника подается рассчитанное количество спирта, а затем вода. Так как плотность спирта меньше плотности воды, то он, поднимаясь вверх, способствует лучшему перемешиванию. Существует несколько способов перемешивания сортировки: механическое с помощью пропеллерной мешалки; гидродинамическое с помощью насоса, перекачивающего сортировку снизу вверх через систему трубопроводов и специальные насадки (сопла); перемешивание сжатым воздухом, подаваемым из компрессора через барботер, находящийся внутри смесителя. Последний способ обеспечивает хорошее перемешивание и лучшее качество водки.

В сортировку вводят добавки, предусмотренные для данного вида водки. В качестве вкусовых и ароматических добавок используют сахарные сиропы, растворы лимонной кислоты, ацетата натрия, гидрокарбоната натрия, перманганата калия. После введения в сортировку предусмотренных для данного вида водки добавок ее перемешивают и определяют крепость. В случае отклонения крепости сортировки от установленной добавляют спирт или воду и снова перемешивают. Далее сортировку перекачивают в сборник, а затем направляют на фильтрацию.

Водно-спиртовую смесь можно получить также непрерывным способом на проточном многоступенчатом смесителе. Смеситель (рис. 32.2) выполнен из двух емкостей, установленных одна на другую. Нижняя емкость 2 предназначена для предварительного смешивания спирта и воды, поступающих по патрубкам 1 и 3, и представляет собой кольцеобразный коллектор. Верхняя емкость 4 служит для окончательного перемешивания и имеет вид цилиндра, снабженного диафрагмой 6 и многоярусными сетками 5. Ем-



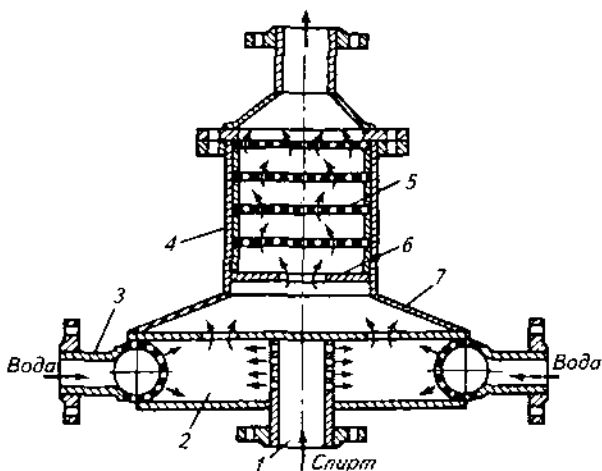


Рис. 32.2. Проточный многоступенчатый смеситель

кости 2 и 4 соединены между собой конической емкостью 7. Вода и спирт поступают в смеситель одновременно, проходят через систему сеток и диафрагм и перемешиваются до высокой степени однородности.

Смеситель оборудован приборами для автоматического контроля и регулирования концентрации спирта.

**Фильтрация водно-спиртовой смеси.** Для удаления из водно-спиртовой смеси небольшого количества взвешенных частиц ее подвергают фильтрации. В качестве фильтрующего материала применяют кварцевый песок. Процесс фильтрации осуществляют в песочных фильтрах.

Фильтрация сортировки происходит под давлением столба водно-спиртовой смеси, находящейся в напорном баке, расположенном выше фильтра. Так как размер некоторых взвешенных частиц сортировки меньше, чем размеры пор фильтрующего материала, то первые порции фильтрата выходят мутными. По мере фильтрации на фильтрующем материале образуется слой взвешенных частиц и последующий фильтрат получается прозрачным. В процессе фильтрации высота слоя осадка увеличивается, что замедляет процесс, поэтому периодически фильтрующую поверхность очищают от осадка.

Значительным преимуществом отличается способ непрерывного фильтрации на одно- или двухпоточных фильтрах, в которых фильтрация осуществляется только через кварцевый песок, без прокладок. Песок промывается в том же фильтре без его выгрузки. В однопоточном фильтре сортировку подают сверху вниз, она

проходит через три слоя кварцевого песка с частицами различного размера. В двухпоточном фильтре водно-спиртовая смесь поступает двумя потоками — сверху вниз и снизу вверх. Отбор фильтрата осуществляется через центральное дренажное устройство. Продолжительность цикла фильтрования на однопоточных фильтрах 4...5 мес, на двухпоточных — 7...8 мес.

**Обработка водно-спиртовой смеси активным углем.** Обработка водно-спиртовой смеси активным углем обеспечивает удаление примесей, придающих ей неприятный запах и вкус. За счет высокой адсорбирующей способности активного угля, а также окислительного действия на спирт и его примеси достигается значительное улучшение дегустационных свойств водки. В ликероводочном производстве применяют активный уголь марки БАУ, получаемый обугливанием березовой или буковой древесины без доступа воздуха, с последующей обработкой перегретым водяным паром. Адсорбционные свойства активного угля зависят от его пористости, которая характеризует развитость его внутренней поверхности.

В настоящее время обработку сортировки активным углем производят динамическим способом или во взвешенном слое угля. При обработке динамическим способом активный уголь загружают в цилиндрическую колонку, в которую снизу вверх поступает водно-спиртовая смесь, выходящая из песочного фильтра. Высота слоя угля в колонке 4 м. Скорость прохождения водно-спиртовой смеси через угольные колонки регулируют в зависимости от активности угля.

Обработку водно-спиртовой смеси во взвешенном слое угля проводят на непрерывнодействующей установке, состоящей из 3...4 контакторов, через которые последовательно проходит сортировка. Контакторм представляет собой цилиндр с коническим днищем, в который загружается активный уголь с размером частиц 0,2...0,4 мм. Снизу вверх в контактор подается сортировка со скоростью 5...8  $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ , что создает в аппарате турбулентное движение. Уголь переходит из неподвижного состояния во взвешенное, занимаемый им объем увеличивается, и улучшаются условия взаимодействия угля с водно-спиртовой смесью.

В процессе эксплуатации активного угля происходит снижение его адсорбционных и окислительных свойств, поэтому отработанный уголь периодически подвергают регенерации — термической обработке в колонке водяным паром при температуре 110...115 °С. При термической обработке угля происходит десорбция — освобождение угля от поглощенных веществ вследствие их летучести. С целью регенерации уголь также пропаривают в колонке при температуре около 200 °С или выгружают из реактора и прокалывают в специальных печах при 800...900 °С.

**Фильтрование водки.** После обработки активным углем сортировку фильтруют для удаления мельчайших примесей и доведения смеси до прозрачного с блеском состояния. Если сортировку об-

рабатывают активным углем динамическим способом, то ее фильтруют на песочных фильтрах. При обработке углем во взвешенном состоянии сортировку фильтруют сначала на фильтрах с намытым слоем активного угля или диатомита, а потом на песочных фильтрах.

**Доведение водки до стандартной крепости и розлив.** Профильтрованная водка поступает в сборники, где ее перемешивают и проверяют на крепость. При необходимости ее доводят до требуемой крепости, доливая спирт или воду, тщательно перемешивают и вновь определяют крепость. Готовую водку, отвечающую требованиям стандарта, направляют на розлив.

По содержанию этанола и примесей водка должна удовлетворять установленным требованиям.

### 32.3. ПОЛУЧЕНИЕ ЛИКЕРОВОДОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Технология производства ликероводочных изделий состоит из следующих стадий: подготовки сырья и приготовления полуфабрикатов; купажирования (смешивания) составных частей; фильтрования купажей; выдержки, гомогенизации (для ликеров) и розлива готовой продукции (рис. 32.3).



Рис. 32.3. Технологическая схема производства ликероводочных изделий

**Подготовка сырья и приготовление полуфабрикатов.** Для производства ликероводочных изделий используют пищевой ректификованный этанол высшей очистки, свежие и сушеные плоды и ягоды, ароматические травы, корневища, кору, цветы, семена и почки пряных растений, корки citrusовых плодов, сахар, умягченную питьевую воду и др. Разнообразие ассортимента ликероводочных изделий обусловлено применением в их производстве спиртованных морсов, соков, настоев и ароматных спиртов, получаемых более чем из 100 видов растительного сырья. Эти продукты являются полуфабрикатами ликероводочных изделий.

Спиртованный сок получают методом прессования только из доброкачественных плодов или ягод с последующим консервированием этиловым спиртом высшей очистки до крепости 25 об.% (клубничный сок — до 20 об.%). Недозревшие, загнившие, подвяленные и пораженные болезнями плоды не используются. Не разрешается смешивать соки различных наименований, использовать сброженные сокоматериалы, добавлять искусственные красители, ароматизаторы, органические кислоты и консерванты, кроме этанола. Сразу после прессования плодового сырья сок перекачивают в герметический смеситель, в который добавляют рассчитанное количество ректификованного спирта при непрерывном перемешивании смеси. Добавление спирта к соку вызывает выпадение в осадок малорастворимых в водно-спиртовой смеси веществ (пектиновых, белковых, дубильных соединений и др.). Отстаивание и осветление соков продолжается от 10 до 30 сут в зависимости от вида плодов. Отстоявшийся прозрачный сок сливают и хранят в специальных сборниках при температуре до 15 °С и относительной влажности воздуха 75...80 % не более 12 мес. Готовые спиртованные соки должны быть совершенно прозрачны, без мути и осадка, иметь характерную для исходных фруктов окраску, вкус и аромат.

Спиртованный морс получают путем настаивания свежего или сушеного плодово-ягодного сырья с водно-спиртовым раствором. Доброкачественное отсортированное, вымытое, измельченное плодово-ягодное сырье загружают в настойные чаны, заливают водно-спиртовым раствором крепостью 40...45 об.% и настаивают в течение 14 сут, периодически перемешивая. Затем морс сливают, а сырье заливают вторично водно-спиртовым раствором и настаивают еще в течение 6...14 сут. Морсы первого и второго сливов можно соединять. Срок и условия хранения спиртованных морсов такие же, как и спиртованных соков. Срок хранения спиртованных морсов из сушеного сырья 6 мес.

Спиртованные настои — это водно-спиртовые вытяжки из эфиромасличного и неароматического сырья. Отсортированное и взвешенное сырье подают на измельчение. Сушеные травы измельчают на резке, а корни, орехи, семена и другие виды

сырья — на дисковых дробилках. Подготовленное сырье заливают водно-спиртовым раствором крепостью 50...70 об.% и настаивают при периодическом перемешивании в течение 5...14 сут. Затем первый настой сливают, заливают сырье свежей порцией водно-спиртового раствора крепостью 40...60 об.% и вновь настаивают 5...14 сут. Настои первого и второго сливов используют в качестве полуфабриката, а из оставшегося сырья извлекают спирт. Настои готовят в настольных чанах или экстракционной установке, которая состоит из экстрактора (герметически закрытый сосуд с ситчатым дном, установленным над основным днищем), напорного мерника и насоса. Из напорного мерника жидкость сливают в экстрактор, из которого настоенную жидкость перекачивают в мерник. Настаивание и перекачивание осуществляют через определенные промежутки времени. Общая продолжительность получения настоев в экстракционной установке 2...4 сут. Этот способ позволяет снизить расход спирта, уменьшает потребность в производственных площадях и емкостях.

**Ароматный спирт** — продукт, полученный путем перегонки пряного растительного сырья, залитого водно-спиртовым раствором крепостью 50...60 об.%. Для получения ароматных спиртов используют свежее или сушеное эфиромасличное сырье, настои, морсы и спиртованные соки. Ароматные спирты получают в специальных перегонных аппаратах, состоящих из собственно перегонного аппарата, ректификационной колонны, дефлегматора и сборников дистиллята. Перегонный аппарат загружают сырьем (растительный материал и водно-спиртовой раствор), соединяют с ректификационной колонной и подают в рубашку пар, а в дефлегматор — воду. Перегонку ведут при температуре 80...90 °С, а в конце перегонки — при 100 °С. В процессе перегонки отбирают начальную, среднюю и конечную фракции. Среднюю фракцию (ароматный спирт) отбирают в один из сборников, а две другие фракции — во второй сборник. Начальную и конечную фракции направляют на получение денатурированного спирта. Фракция ароматного спирта представляет собой прозрачную жидкость крепостью 60...80 об.% с приятным запахом, свойственным натуральному аромату исходного сырья. Ароматный спирт хранят в закрытой посуде в помещении, где поддерживается низкая температура.

Сахар вводят в ликероводочные изделия в виде сиропа концентрацией 65,8...73,2 %. Для предупреждения кристаллизации сахарозы производят ее частичную инверсию лимонной кислотой. В качестве красителя, придающего ликероводочным изделиям коричневый цвет, используют колер, который готовят путем нагревания сахара-песка при 180...200 °С. Колер готовят в котлах с электрическим (или газовым) обогревом. В котел загружают сахар, добавляют 1...2 % воды от массы сахара и нагревают, периодически перемешивая, затем добавляют воду до относительной плотност-

сти раствора 1,35. Готовый колер перекачивают в сборник. Общая продолжительность приготовления колера 3...5 ч.

**Купажирование.** Основной технологической операцией при получении ликероводочных изделий является купажирование — приготовление смеси из отдельных составных частей изделия. Купаж готовят в строгом соответствии с утвержденной рецептурой, в которой приводится расход сырья и полуфабрикатов. Поэтому сначала производят расчет необходимого количества сырья и полуфабрикатов, исходя из содержания в нем экстрактивных веществ, сахара, кислот, эфирных масел и спирта.

Купажирование проводят в аппаратах цилиндрической формы вместимостью 3,5...5 м<sup>3</sup>, снабженных пропеллерной мешалкой, изготовленных из нержавеющей стали или эмалированных. Составные части смешивают в определенной последовательности. В аппарат вводят спиртованные соки, морсы, настои, ароматные спирты, добавляют к ним ректификованный спирт и часть воды, предназначенной для приготовления купажа. После перемешивания в смесь добавляют сахарный сироп, красители, лимонную кислоту, другие составные части и оставшееся количество воды. Купаж тщательно перемешивают.

Данную последовательность составления купажа выдерживают для снижения концентрации спирта. В противном случае с введением сахарного сиропа в начале купажирования возможна кристаллизация сахара. Сахарный сироп, вносимый в купаж, должен иметь температуру не выше 20 °С во избежание испарения спирта и ароматических веществ. Синтетические красители и лимонную кислоту вносят в купаж в виде водного раствора, эфирные масла и ванилин — в виде спиртового раствора.

В готовом купаже контролируют содержание спирта, экстракта, сахара, кислоты и при отклонениях этих показателей от установленных ГОСТом корректируют их, добавляя требуемые вещества. После перемешивания проводят повторный анализ. Для улучшения условий фильтрования купаж выдерживают определенное время в аппарате. При этом нерастворимые частицы купажа (взвеси) оседают на дно аппарата. Длительность выдержки купажа от 24 ч до 1 мес в зависимости от вида изделия.

**Фильтрование купажей.** Купаж фильтруют на фильтр-прессах под давлением 200...250 кПа. Как только на асбестоцеллюлозных пластинах образуется фильтрующий слой из взвешенных частиц купажа, первые порции фильтрата возвращают обратно на фильтр. Только совершенно прозрачный фильтрат подают в сборник готовой продукции. При перезарядке фильтра асбестоцеллюлозные пластины удаляют и направляют для извлечения оставшегося в них спирта. Профильтрованные купажи поступают на розлив.

**Выдержка и гомогенизация ликеров.** Некоторые виды изделий, например ликеры, после фильтрования подвергают длительной выдержке. Ликеры выдерживают в дубовых бочках или бутах. При

этом происходит значительное улучшение качества ликеров: аромат становится более тонким, вкус — мягким. При длительной выдержке (от 6 мес до 2 лет) ликеров в зависимости от состава купажа повышается качество последних. В процессе выдержки в ликерах происходят сложные окислительно-восстановительные реакции с участием спирта, дубильных и красящих веществ и других соединений, образуются эфиры, ацетали и другие ароматические вещества. Так как в процессе выдержки происходит снижение крепости ликеров, то закладываемые на выдержку купажи должны иметь повышенную крепость. Купажи выдерживают в сухих вентилируемых помещениях, где поддерживаются определенные условия (температура от 8 до 20 °С и относительная влажность воздуха 50...70 %).

Длительную выдержку в дубовых бочках можно заменять *гомогенизацией* (интенсивным перемешиванием). Гомогенизацию проводят в течение 3 ч в аппаратах при избыточной давлении 15 МПа без доступа воздуха. Такая обработка позволяет получать ликеры, по вкусу и аромату не уступающие ликерам, выдержанным в бочках.

Готовые изделия разливают точно так же, как и водки, но кроме стеклянных бутылок ликеры, настойки и наливки фасуют также в фигурную стеклянную, фарфоровую и керамическую глазурованную посуду различной формы.

Качество готовых ликероводочных изделий оценивается по органолептическим и физико-химическим показателям. По содержанию спирта, сахара и кислот ликероводочные изделия должны соответствовать требованиям действующих стандартов. Запах и вкус определяют в процессе специальной дегустации. Кроме этого оценивается внешний вид тары, фиксируются прозрачность, цвет, наличие или отсутствие мути, полнота налива.

## 32.4. РОЗЛИВ И ОФОРМЛЕНИЕ ЛИКЕРОВОДОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Ликероводочные изделия, имеющие высокую стоимость, разливают в бутылки по объему в точно заданном количестве. Газированные напитки (пиво, минеральные воды, безалкогольные газированные напитки) разливают по уровню (до определенной отметки по высоте). Эти напитки находятся под избыточным давлением и разливают их под давлением и без перепадов давления (изобарически). Для создания изобарического давления в бутылке (бочке) сначала создают давление, равное давлению напитка, а затем заполняют тару.

Наполненные бутылки подают к укупорочным автоматам, различия в конструкции и принципы действия которых обусловлены разнообразием укупорочных материалов.

Затем бутылки просматривают на бракеражном автомате, отби-

рают плохо вымытые, с трещинами и неукупоренные. После этого бутылки поступают на этикетировочные автоматы, где на цилиндрическую часть бутылки наклеивают этикетки. В некоторых случаях на горлышко бутылок наклеивают вторую узкую этикетку (кольберетку), на которой указывают продолжительность выдержки и т. п.

Бутылки укладывают в ящики и сдают на склад готовой продукции.

#### *Контрольные вопросы*

1. Какие виды сырья используются в производстве ликероводочных изделий?
2. Какие требования предъявляются к воде при производстве ликероводочных изделий?
3. Что такое сортировка?
4. Из каких технологических стадий состоит производство получения водок?
5. Какое сырье используют для приготовления ликероводочных изделий?
6. Какие полуфабрикаты используют в производстве ликероводочных изделий?
7. Какие основные операции осуществляются на автоматизированных линиях розлива напитков?

## **Глава 33**

### **ТЕХНОЛОГИЯ ВИНОГРАДНЫХ ВИН И КОНЬЯКОВ**

Виноградарство и виноделие — древнейшие направления деятельности человека. Винодельческая промышленность — одна из ведущих отраслей пищевой индустрии. Вина получают по передовой технологии — в непрерывном потоке. В настоящее время проводится работа по расширению ассортимента и улучшению качества столовых и марочных вин, повышению уровня механизации, созданию заводов-автоматов, разрабатываются и внедряются схемы комплексной переработки винограда, предусматривающие полное использование ценных веществ сырья и отходов производства.

Виноградное вино — напиток, полученный в результате спиртового брожения виноградного сока. При получении виноградного вина не разрешается добавлять какие-либо вещества, кроме предусмотренных Основными правилами производства виноградных вин и действующими стандартами. Поэтому натуральные виноградные вина имеют естественный химический состав, обладают диетическими и лечебными свойствами.

#### **33.1. КЛАССИФИКАЦИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА ВИНОГРАДНЫХ ВИН**

По принятой в настоящее время классификации все вина делятся на два типа (табл. 33.1): тихие вина и вина, содержащие  $\text{CO}_2$ . Типы вин различаются по химическому составу, органолептическим свойствам и технологии получения.



## Классификация вин

Тип вина	Содержание	
	спирта, об. %	сахаров, г/100 см <sup>3</sup>
<i>Тихие вина</i>		
Столовые вина:		
сухие	9...14	До 0,3
полусухие	9...12	До 2,5
полусладкие	9...12	До 8,0
специального типа (кахетинское, херес столовый, эчмиадзинское)	10,5...16	До 0,3
Крепленые вина:		
крепкие специального типа (херес, портвейн, мадера, марсала)	17...20	1,5...12,0
десертные (полусладкие, сладкие, ликерные)	12...17	5,0...35,0
Ароматизированные вина (крепкие, десертные)	16...18	6,0...16,0
<i>Вина, содержащие CO<sub>2</sub></i>		
Советское шампанское (брют, сухое, полусухое, полусладкое, сладкое)	10,5...12,5	0,3...10,0
Игристые вина (белые, розовые, красные, мускатные)	9,0...13,5	6,0...12,0
Газированные и шипучие вина	9,0...12,0	3,0...8,0

Столовые вина представляют собой напитки, полученные в результате брожения свежего виноградного сока без добавления спирта. При производстве сухих столовых вин исходный сок сбраживается полностью, «насухо» (весь сахар используется дрожжами), и в готовом вине сахар практически отсутствует. Полусладкие столовые вина получают в результате неполного сбраживания сока путем остановки брожения (охлаждением, оклейкой, пастеризацией) в момент, когда в бродящем сусле остается необходимое количество сахара (3...8%). Полусладкие столовые вина получают также путем купажа (смешивания) сухих виноматериалов и консервированного виноградного сусла. По цвету различают белые, розовые и красные столовые вина.

Крепленые вина получают путем неполного сбраживания виноградного сока и остановки брожения добавлением ректификованного спирта.

Ароматизированные вина — это напитки, получаемые купажем виноградных виноматериалов, ректификованного спирта, настоев ароматических трав, цветов и корней растений. Кроме перечисленных растений используют полынь, мяту, кориандр, зубровку, липовый цвет, березовые почки, шалфей, ваниль, корицу и др. К группе ароматизированных вин относятся вермуты.

Вина, насыщенные CO<sub>2</sub>, подразделяются на насыщенные CO<sub>2</sub> естественным путем при брожении в герметических сосудах под давлением (игристые, шампанские) и искусственно насыщенные CO<sub>2</sub> способом сатурации (шипучие вина).

Вина выпускают сортовые и купажные. Сортовые вина получают преимущественно из одного сорта винограда (примеси других сортов не должны превышать 15 %). Купажные вина готовят из нескольких сортов винограда.

В зависимости от качества виноградные вина делят на обычные, марочные и коллекционные. Обычными называются вина, выпускаемые без выдержки, но не ранее чем через 3 мес после переработки винограда. Марочные вина — высококачественные, выдержанные в течение 1,5...4 лет (в зависимости от типа) вина, полученные из лучших сортов винограда в определенных винодельческих районах. Наилучшие по качеству марочные вина, которые дополнительно выдерживаются в бутылках не менее 3 лет, называют *коллекционными*.

### 33.2. ХАРАКТЕРИСТИКА СЫРЬЯ

Для получения высококачественного виноградного вина используют зрелый, здоровый, свежий или завяленный виноград определенных сортов. Каждый сорт винограда обладает присущими только ему свойствами. Определенный сорт винограда предназначен для производства соответствующих вин. Так, для получения десертных вин используют сахаристые сорта винограда (Пино серый, Фурминт). Из мускатных сортов винограда изготавливают вина со специфичным сильным ароматом. Для получения столовых вин используют такие сорта, как Рислинг, Алиготе, Каберне, Саперави, Ркацителы и др.

Химический состав ягод винограда, оказывающий значительное влияние на качество получаемого вина, зависит от сорта винограда, почвенно-климатических условий его выращивания и агротехники возделывания.

На качество вина существенное влияние оказывает участие отдельных частей виноградной грозди в технологическом процессе. Гроздь винограда состоит из ягод и гребня. Сок винограда содержит 10...30 % сахаров (глюкоза, фруктоза, сахароза); 0,5...1,7 % органических кислот (винная, яблочная и др.); 0,1...0,9 % белковых веществ; 0,1...0,3 % пектиновых веществ; 0,1...0,5 % минеральных веществ; витамины С, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР; ароматические вещества и др. Ягода винограда занимает 93...97 % массы грозди и состоит из кожицы, мякоти и семян. Кожица составляет 9...11 % массы виноградной ягоды. Она состоит из клетчатки, органических кислот, а также красящих и дубильных веществ. Кроме того, клетки кожицы, соприкасающиеся с мякотью, содержат ароматические вещества, обуславливающие специфический аромат сока винограда. Мякоть, составляющая 85...90 % массы ягоды, содержит основную часть важнейших химических веществ (сахара, кислоты, азотистые вещества, микро- и макроэлементы, эфирные масла и др.). В се-

мена, на долю которых приходится около 3 % массы виноградной ягоды, наряду с клетчаткой входят дубильные вещества, масло, ва­нилин и смолистые вещества.

Гребни, занимающие 3...7 % массы грозди, содержат в основ­ном дубильные вещества и влияют на качество вина, придавая ему терпкий вкус. При длительном контакте гребней с соком вино приобретает неприятный вкус.

Виноград собирают в период технической (промышленной) зрелости при достижении им необходимого для получения данно­го типа вина содержания сахаров и кислот. Для получения столо­вых вин виноград собирают при содержании в нем сахара 17...20 % и кислотности 6...8 г/л, а для производства десертных вин при со­держании сахара не менее 25 % и кислотности 5...7 г/л.

### 33.3. ПОЛУЧЕНИЕ ТИХИХ ВИН

**Столовые вина.** Белые столовые вина готовят по сле­дующей технологической схеме: дробление винограда и отделение гребней, стекание и прессование мезги, осветление сока, броже­ние, снятие вина с осадка, обработка и выдержка вина.

В России белые столовые вина получают на поточных линиях ВПЛ-20 и ВПЛ-20К, обеспечивающих высокий уровень механизации и автоматизации. На рис. 33.1 показана линия ВПЛ-20К. Ви­ноград из бункера-питателя 1 поступает в валковую дробилку-гребнеотделитель 2, откуда раздробленная масса (мезга) насосом 3 направляется в стекатель 4, а затем в пресс 5, в котором отделяется сусло. Затем насос 6 нагнетает сусло в сульфитозатор 7, где оно обрабатывается SO<sub>2</sub>. В резервуарах 8 происходит осветление сусла (отстаивание). Далее насос 9 перекачивает сусло в установки для

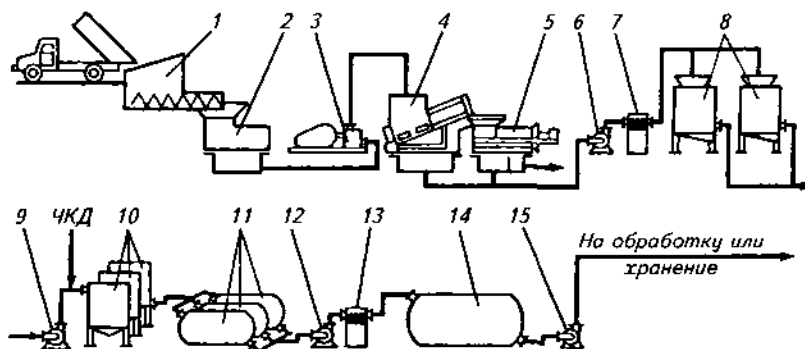


Рис. 33.1. Аппаратурно-технологическая схема производства столовых полусухих и полусладких вин

сбраживания 10, в которые одновременно поступает чистая культура дрожжей (ЧКД). После этого виноматериал поступает в емкости 11, в которых протекает дображивание. Выброженный виноматериал насосом 12 направляется в сульфитодозатор 13, затем в емкость для эгализации (эгализация — это смешивание нескольких партий) 14 и далее насосом 15 на дальнейшую обработку.

Для получения высококачественных столовых и шампанских виноматериалов дробление винограда и отделение гребней осуществляют на валковых дробилках-гребнеотделителях. Эта машина (рис. 33.2) представляет собой дробильное устройство, состоящее из двух восьмиллопастных резиновых валков 1, гребнеотделяющего устройства и сборника для мезги. Гребнеотделяющее устройство состоит из вращающегося перфорированного цилиндра 2, внутри которого вращается вал с бичами 3, служащий для выведения из машины гребней. Раздробленная мезга через перфорированную поверхность поступает в сборник 5, откуда с помощью шнека 6 выводится из машины и направляется через патрубок 7 в стекатель. Гребни выводятся через горловину 4.

Сок извлекается из мезги сначала на стекателях, на которых отделяют сусло-самотек, идущее на приготовление высококачественных белых столовых вин, а затем на прессах. Сусло-самотек получают на корзиночных, ротационных и ленточных стекателях. В настоящее время наиболее широко используются шнековые сте-

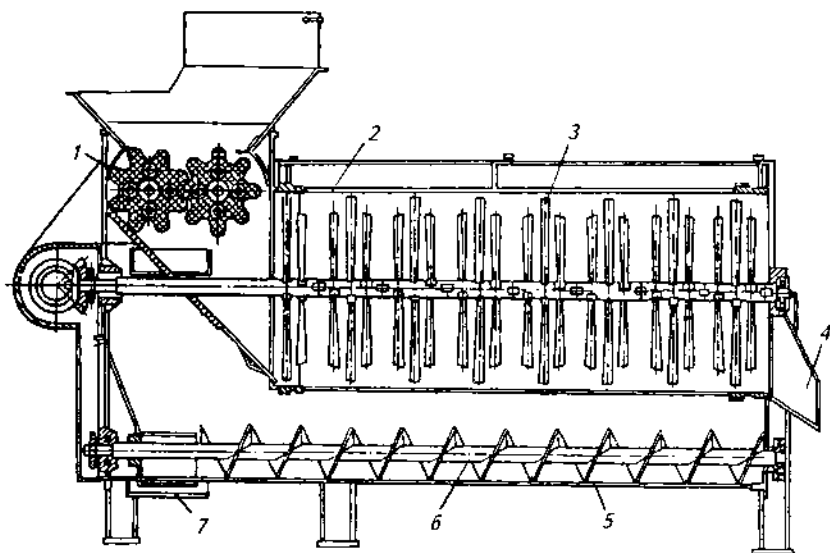


Рис. 33.2. Схема валковой дробилки-гребнеотделителя

катели непрерывного действия, в которых сусло свободно стекает через перфорированную поверхность приемного бункера. Частично осушенная мезга поступает в наклонный цилиндр с вращающимся шнеком, где происходят прессование мезги и получение сусла первого давления. Дальнейшее извлечение сока из мезги осуществляется на прессах периодического или непрерывного действия. Процесс прессования чередуется с перемешиванием мезги. Сусло, полученное прессованием, содержит большое количество взвешенных частиц и используется для приготовления крепленых вин. Полученное сусло должно быть освобождено от взвешенных частиц, обрывков кожицы и мякоти. Для этого сусло выдерживают в отстойных резервуарах в течение 20...24 ч. Одновременно для подавления жизнедеятельности микроорганизмов, находящихся в сусле, в сусло вводят  $\text{SO}_2$  из расчета 75...120 мг/дм<sup>3</sup>. В процессе отстаивания происходит осветление сусла. Перед осветлением сусло может охлаждаться до температуры 10...12 °С. В этом случае продолжительность отстаивания 10...12 ч.

Затем осветленное сусло из отстойных резервуаров подается на брожение. Процесс брожения осуществляется периодическим или непрерывным способом. Для проведения брожения используют бочки, буты, металлические или железобетонные резервуары. При периодическом способе брожения сусло перекачивают в бродительную емкость, вводят разводку винных дрожжей в количестве 2 % объема сусла. Температуру бродящего сусла поддерживают на уровне 15...20 °С. В первые несколько суток происходит размножение дрожжей и начинается медленное брожение. Затем наступает период брожения, характеризующийся бурным выделением диоксида углерода и продолжающийся в течение 8...10 сут. Скорость брожения постепенно снижается, и начинается третий период брожения — дображивание (тихое брожение), которое длится 2...3 недели. В этот период  $\text{CO}_2$  образуется слабо, дрожжи постепенно оседают на дно, происходит осветление молодого вина. Наряду со спиртом и диоксидом углерода в процессе брожения образуются вторичные продукты спиртового брожения (глицерин, альдегиды, кислоты и др.), играющие важную роль в создании вкуса и аромата вина. На накопление вторичных продуктов брожения оказывают влияние состав сусла, раса дрожжей и условия брожения.

При непрерывном способе брожение проводят в бродительных установках, состоящих из бродительных резервуаров вместимостью 2000 дал каждый и пяти напорных баков. Бродительные резервуары соединены между собой системой трубопроводов, обеспечивающей переток сброживаемого сусла из резервуара в резервуар, заполнение и освобождение установки. Сбраживаемое сусло перетекает из резервуара в резервуар последовательно под давлением образующегося диоксида углерода.

При получении красных столовых вин в отличие от белых обеспечивают хороший контакт сусла с мезгой для более

полного извлечения из нее красящих, дубильных и ароматических веществ. Красные столовые вина отличаются интенсивной окраской, характерными вкусом и ароматом. Их готовят из красных сортов винограда с содержанием сахара не менее 17 % и кислотностью 6...9 г/дм<sup>3</sup>. После дробления и отделения гребней мезга поступает в накопительные резервуары, смешиваясь в потоке с SO<sub>2</sub> (75...100 мг/дм<sup>3</sup>). Для получения красных вин существует несколько технологических схем переработки винограда. Сущностью одной из них заключается в том, что полученную мезгу загружают в резервуары, в которых брожение протекает при температуре 28...32 °С. В процессе брожения под действием выделяющегося CO<sub>2</sub> на поверхности бродящего сусла всплывает кожица винограда — образуется так называемая «шапка». С целью лучшего извлечения из нее красящих и дубильных веществ «шапку» периодически, 3...4 раза в сутки, перемешивают. При достижении необходимой окраски и полноты молодое вино отделяют от мезги, а мезгу прессуют. Красные вина можно получать также путем предварительной тепловой обработки мезги при 55...60 °С до приобретения суслом требуемой окраски, после чего мезгу охлаждают и прессуют. Полученное красное сусло сбраживают точно так же, как и белое.

Молодое вино (виноматериал) еще не обладает свойствами, которые присущи выдержанным, зрелым винам. Технологические приемы, с помощью которых виноматериал улучшает свои свойства, приобретает стабильность, осуществляют в соответствии с утвержденными технологическими схемами обработки виноматериалов и вин. Для всех типов вин предусматривается комплексная обработка, включающая следующие операции: купаж, деметаллизацию, оклейку осветляющими веществами, термообработку, фильтрование и др.

При выдержке вин в бочках или бутах используют такой технологический прием, как *доливка* и *переливка* вина. Вследствие испарения вина при хранении в бочке образующееся пространство заполняется воздухом, что отрицательно сказывается на качестве вина. Для того чтобы исключить доступ воздуха к вину, проводят доливку бочек и ботов вином того же сорта и возраста. Допускается использование более старого вина, более молодое использовать нельзя. Вино доливают в период хранения через определенные промежутки времени в зависимости от типа вина и его возраста. Цель переливки — своевременное отделение вина от осадка и приведение всей массы вина в однородное состояние. Переливку проводят открытым способом при свободном доступе воздуха или закрытым. Поглощенный вином кислород участвует в окислительных процессах, происходящих в вине, что способствует накоплению веществ, участвующих в создании букета вина, и осветлению вина. На определенном этапе выдержки переливку осуществляют закрытым способом для предотвращения контакта вина с возду-

хом, так как развитие букета вина происходит в анаэробных условиях.

*Купаж* проводят для получения однородной партии с выравненными показателями по цвету, содержанию кислот, сахара и т. д. Для этого смешивают виноматериалы одного и того же сорта и назначения.

*Деметаллизацию* осуществляют с целью обработки вин гексациано-(II)-ферратом калия ( $K_4[Fe(CN)_6]$ ), фитином, трилоном Б, которые, реагируя с нежелательными компонентами вина — тяжелыми металлами, образуют осадки и выводят их тем самым из вина. Это повышает стабильность и улучшает вкус вина.

*Оклейка вина* — введение органических (желатин, казеин, танин) или неорганических (диатомит, бентонитовые глины) сорбентов, вступающих во взаимодействие с коллоидами вина и образующих хлопьевидные скопления, которые при оседании увлекают за собой взвеси и вещества, способные образовывать муть и придавать вину посторонние привкусы и запахи.

*Охлаждение* ускоряет созревание и стабилизацию вин, так как при низких температурах снижается растворимость виннокислых солей, осаждаются дубильные и красящие вещества, белковые и пектиновые соединения и мельчайшие взвешенные частицы, погибают бактерии и споры грибов.

*Тепловая обработка* (60...65 °С) обуславливает повышение стойкости вина, ускоряет созревание, улучшает вкусовые свойства и придает специфические особенности некоторым типам вин.

*Фильтрация* через различные материалы (диатомит, перлит) — это освобождение вина от частиц, вызывающих образование мути, полное осветление (до прозрачности с блеском).

Для вина применяют и другие способы обработки. Выбор способа обработки определяют в зависимости от состояния и типа изготавливаемого вина.

Технологические приемы по осветлению и стабилизации вин выполняют периодически, полунепрерывным и непрерывным способами. Выбор способа зависит от мощности завода, выпускаемого ассортимента вин и других факторов.

Вино — сложная система, в которой непрерывно протекают различные физические, химические и биохимические процессы. Для каждого этапа создания вина можно выделить наиболее характерные процессы и явления, в соответствии с которыми различают несколько стадий развития вина: образование, формирование, созревание, старение и отмирание.

*Стадия образования* вина связана с алкогольным брожением и рядом сопутствующих процессов. После окончания спиртового брожения вино еще мутное, нестойкое.

*Формирование* вина характеризуется физическими, химическими и биологическими процессами, протекающими в период дображивания, и заканчивается к моменту первой переливки. В этот

период развития вина продолжается алкогольное брожение, происходит образование кристаллов винной кислоты, выпадение в осадок которых улучшает вкус вина и повышает его стойкость. Яблочная кислота разлагается на молочную кислоту и  $\text{CO}_2$ , что обуславливает смягчение вкуса. Идет постепенное оседание дрожжевых клеток, выделение  $\text{CO}_2$ , растворившегося при брожении и осветлении вина. Такое вино еще незрелое, молодое.

*Созревание вина* связано с процессами, которые идут в период выдержки вина, и обусловлено в основном окислительными процессами, протекающими в вине с участием кислорода воздуха. В результате сложных окислительно-восстановительных реакций частично выпадают в осадок белковые, пектиновые и красящие вещества, что ведет к изменению окраски и вкуса вина. В вине развивается букет. В процессе созревания идет целый ряд химических превращений составных веществ вина, например реакции эфиобразования. На стадии созревания вина протекают процессы, способствующие улучшению вкуса, букета и стабилизации вина. Длительность выдержки, в результате которой вино становится зрелым и пригодным к розливу, зависит от целого ряда факторов, важнейшими из которых являются тип и общая экстрактивность вина, количество дубильных веществ, кислотность, условия обработки и выдержки и т. д.

При достижении вином устойчивой стабильности и хорошо развитых дегустационных свойств (зрелого и способного к розливу состояния) дальнейший контакт вина с кислородом воздуха приводит к ухудшению качества вина. Последующее хранение вина должно осуществляться в герметически закрытых емкостях для исключения контакта вина с воздухом. При хранении вина в анаэробных условиях (чаще всего в плотно закупоренных бутылках) происходит *старение* вина, связанное со сложными физико-химическими процессами, которые идут за счет составных частей вина без участия кислорода, т. е. протекают реакции восстановительного характера. В результате этих процессов в вине особенно сильно формируются тонкий вкус и аромат — букет старения. В этот период органолептические свойства вина достигают максимального развития. Срок достижения вином таких качеств весьма длителен и зависит от многих факторов. Для белых, легких, малоэкстрактивных вин — 4...5 лет; для крепких, высокоэкстрактивных вин — 10...12 лет и более.

Старые вина могут долго сохранять высокие показатели качества: белые и красные столовые вина — до 30...35 лет, крепкие вина — до 100 лет и более. Однако через определенное время начинается необратимый распад составных веществ вина: разрушаются и выпадают в осадок красящие вещества, исчезает букет, оно приобретает неприятный вкус и запах продуктов разложения. Происходит *отмирание* вина.

**Крепленые вина.** Готовят путем полного сбраживания виноград-



ного сока из сортов, обладающих способностью к высокому накоплению сахара при созревании или к завяливанию и заизюмливанию при перезревании. Процесс брожения останавливают, добавляя ректификованный спирт. При изготовлении десертных вин спиртование осуществляют на начальных стадиях брожения, когда в сусле остается еще довольно высокое количество сахаров. Введение повышенного количества спирта перед окончанием брожения приводит к получению крепкого вина. Введение спирта не только обуславливает требуемую крепость, но и способствует созданию необходимой устойчивости и характера готового вина. При изготовлении высококачественных десертных вин, отличающихся пониженным содержанием дубильных веществ, гребни отделяют на специальных терках. Для лучшего извлечения из сырья ароматических, красящих и дубильных веществ мезгу до прессования настаивают с перемешиванием, подогревают или спиртуют в зависимости от требований технологии и качества вина.

К крепленным винам относятся следующие типы вин: портвейн, мадера, херес, мускат, токай, кагор и др.

При получении вин типа портвейн используют такие технологические приемы: интенсивное дробление мезги, купажирование виноматериалов из нескольких сортов винограда, тепловую обработку виноматериалов на солнечных площадках, в солнечных камерах или в термокамерах в течение 1...2 летних сезонов.

Для получения вин типа мускат используют ароматические сорта винограда в стадии полной физиологической зрелости и легкого подвяливания с высокой сахаристостью. После отделения гребней сусло настаивают на мезге в течение 24...36 ч, затем проводят частичное спиртование сусла с последующим прессованием мезги. Полученное сусло подбраживают и проводят окончательное спиртование. Мускатные вина выдерживают в бочках от 1 до 3 лет.

Вина типа кагор получают из интенсивно окрашенных сортов винограда с содержанием сахара не менее 20 %. После дробления и отделения гребней проводят сульфитацию мезги, нагревают ее до 75...80 °С и выдерживают при этой температуре в течение 18...24 ч при тщательном перемешивании. После остывания мезги вносят дрожжи и ведут брожение до необходимого содержания сахара, затем сусло-самотек отделяют, а мезгу прессуют. Все фракции сусла смешивают и добавляют спирт, когда в подброженном сусле останется требуемое количество сахара.

Технология приготовления вин типа херес имеет целый ряд особенностей. Виноматериалы для получения хереса получают по технологии белых столовых вин, затем их подспиртовывают до крепости 15...16 об.% и выдерживают при температуре 16...20 °С под пленкой специально выращенных хересных дрожжей. Хересные дрожжи потребляют питательные вещества вина, крепость вина снижается, а количество альдегидов, ацеталей и эфиров воз-

растает. В результате вино приобретает ярко выраженный специфический аромат и вкус. В России разработан метод непрерывного хересования.

**Ароматизированные вина.** Промышленность выпускает вермут крепкий (содержание спирта 18 об.%, сахара — 6...10 %) и десертный (содержание спирта 16 об.%, сахара — 16 %) трех видов: белый, розовый и красный.

С целью получения ароматизированных вин используют вино-материалы со слабовыраженным ароматом.

Для полного удаления красящих и ароматических веществ вино-материалы обрабатывают активным углем. Затем вино-материал подвергают деметаллизации, обрабатывая раствором  $K_4[Fe(CN)_6]$ , оклеивают бентонитом и желатином.

Купаж готовят из обесцвеченного сухого вино-материала, ректификованного спирта, раствора сахарозы в вине и ароматического экстракта. В купаж для красного вермута вводят колер из термически обработанного сахара. В качестве ароматических экстрактов используют отечественные или зарубежные (Италия) настои из культурных и дикорастущих трав (от 20 до 40 видов). Это такие растения, как полынь, тмин, ромашка, мята, зверобой, кориандр, тысячелистник, корица, имбирь, гвоздика, другие тропические пряности, валериана, зубровка, липовый цвет, березовые почки, аир, душица, мелисса, элеутерококк и др.

### 33.4. ПОЛУЧЕНИЕ ВИН, НАСЫЩЕННЫХ ДИОКСИДОМ УГЛЕРОДА

К группе вин, насыщенных  $CO_2$ , относят Советское шампанское, игристые и шипучие вина.

**Советское шампанское.** Советское шампанское — это вино, полученное из шампанских вино-материалов путем вторичного алкогольного брожения в герметических сосудах под давлением. Шампанские вина отличаются приятным, тонким букетом, чистым, гармоничным, освежающим вкусом, имеют бледно-соломенную окраску с оттенком от зеленоватого до золотистого.

Процесс изготовления шампанского состоит из получения вино-материалов и проведения шампаннизации.

Шампанские вино-материалы готовят в основном по технологии белых столовых вин. К сырью предъявляют повышенные требования. Используют лучшие технические сорта винограда (Шардоне, Совиньон, Рислинг, Пинофран и др.), культивируемые только в некоторых виноградарских районах. Виноград должен быть одного сорта, зрелым, здоровым, свежим, с сахаристостью 17...20 % и кислотностью 8...11 г/дм<sup>3</sup>. Для приготовления вино-материалов используют только сусл-самотек и сусл первого пресования с общим выходом не более 50 дал из 1 т винограда. Бро-

жение проводят при пониженной температуре, что способствует лучшему осветлению и сохранению букета. Молодые вина снимают с осадка и объединяют в однородные партии. Виноматериалы, поступающие на заводы шампанских вин, подвергают специальной обработке, состоящей из целого ряда операций, выполняемых в определенной последовательности. Виноматериалы обязательно подвергают деметаллизации и оклейке. После перерыва проводят купаж вин разных сортов и возрастов для получения смеси, отвечающей по химическому составу, аромату и вкусу требованиям производства. Для лучшего осветления приготовленные купажи оклеивают, обрабатывают холодом (при минус 5 °С), фильтруют, а затем из них удаляют кислород. С этой целью в купаж вводят разводку дрожжей, которые потребляют растворенный в вине кислород. Готовые купажи до передачи на шампанизацию хранят в условиях, исключающих контакт с воздухом.

Процесс шампанизации состоит в естественном насыщении вина диоксидом углерода путем вторичного алкогольного брожения и воздействия на составные части вина ферментативных, химических и физико-химических процессов, развивающихся при выдержке шампанского. Существует три способа проведения процесса шампанизации: бутылочный, резервуарный (периодический) и непрерывный.

Производство шампанского бутылочным способом состоит из следующих операций: приготовления тиражной смеси, розлива тиражной смеси в бутылки (*тираж*), выдержки, перевода осадка на пробку (*ремюаж*), удаления осадка (*дегоржаж*), введения экспедиционного ликера, укуповивания, выдержки и оформления бутылок.

Тиражную смесь готовят путем ввода в подготовленный для шампанизации виноматериал разводки дрожжей чистой культуры, растворов танина и рыбьего клея в вине, а также тиражного ликера, представляющего собой раствор сахарозы концентрацией 50 % в виноматериале, подлежащем шампанизации. Вместо танина и рыбьего клея можно использовать бентонит, который способствует образованию зернистого осадка. Готовая перемешанная тиражная смесь должна содержать 10...12 об.% спирта, 2,2 % сахара и иметь титруемую кислотность 7...8 г/дм<sup>3</sup>. Смесь разливают в тщательно вымытые бутылки из толстостенного стекла и закрывают корковой или полиэтиленовой пробкой, которую закрепляют металлической скобой. Бутылки укладывают в штабеля в бродильном отделении. Брожение ведут при температуре 10...12 °С в течение трех и более лет. Под действием дрожжей, введенных при тираже, в бутылках происходит медленное брожение с выделением CO<sub>2</sub>. По мере брожения скапливающийся в свободном пространстве бутылки диоксид углерода создает высокое давление (около 400 кПа), в результате чего CO<sub>2</sub> растворяется в вине. Такое вино называют *кюве*. При выдержке кюве CO<sub>2</sub> вступает в физико-хими-

ческое взаимодействие с составными частями вина, переходя в связанную форму. Наличие диоксида углерода в связанной форме обеспечивает медленное и продолжительное выделение пузырьков  $\text{CO}_2$  из вина, налитого в бокал. Это определяет игристые и пенистые свойства шампанского, его вкусовые и ароматические достоинства. В начальный период выдержки кюве в нем происходит размножение дрожжей, которые потребляют азотистые вещества вина. При отмирании дрожжевых клеток идет автолиз (распад под действием собственных ферментов), что приводит к обогащению вина аминокислотами, витаминами и другими продуктами, которые принимают участие в формировании специфических дегустационных свойств шампанского.

Для получения прозрачного вина после окончания срока выдержки проводят постепенное сведение дрожжевого осадка на пробку (*ремюаж*). Эту операцию осуществляют в специальных станках (пюпитрах), в которых бутылки постепенно за 1,5...2 мес переводят из горизонтального в почти вертикальное положение, что обеспечивает концентрацию осадка на пробке без взмучивания вина. Затем осадок из бутылки удаляют (*дегоржаж*). Для уменьшения потери вина предварительно проводят замораживание. При снятии скобы осадок вместе с пробкой выталкивается из бутылки и сбрасывается в специальный сборник. В открытую бутылку сразу же вводят по объему экспедиционный ликер для корректировки содержания сахара в готовом шампанском. Экспедиционный ликер готовят растворением сахара в выдержанном высококачественном виноматериале с добавлением коньячного спирта и лимонной кислоты. Затем бутылки укупоривают полиэтиленовыми или корковыми пробками, закрепленными металлической уздечкой, и отправляют на контрольную выдержку в течение 10 сут. Шампанское, прошедшее контрольную выдержку, оформляют на специальных автоматах фольгой, этикеткой и кольереткой.

Обеспечивая высокое качество шампанского, бутылочный способ, однако, имеет серьезные недостатки: продолжительный процесс, большой объем ручных операций, требующих высокой квалификации рабочих, потребность в большом количестве производственных помещений с постоянной температурой и др.

Основным способом получения шампанского в России является непрерывная шампанизация в потоке, осуществляемая на линиях шампанских вин (рис. 33.3).

Как видно из схемы, в бродильную батарею, состоящую из 6...8 последовательно соединенных аппаратов (акратофоров) 3 вместимостью 500...1000 дал каждый, в которых постоянно поддерживается избыточное давление 0,5 МПа, непрерывно подают приготавливаемые в потоке компоненты. Их готовят так же, как и для бутылочного метода: обескислороженный купаж нагревают до 50...60 °С, вносят ликер до содержания сахара 2,2 % и направляют

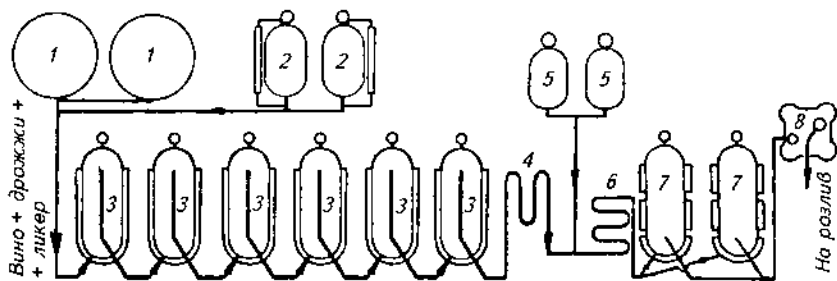


Рис. 33.3. Схема шампанизации вина в непрерывном потоке

в напорный резервуар 1. Там его смешивают в потоке с дрожжевой разводкой, подаваемой из аппаратов 2, и направляют в бродильные аппараты 3. Последний бродильный аппарат в батарее выполняет роль биогенератора: он заполнен насадкой из керамических обрезков труб, на которых задерживается часть дрожжей, подвергающаяся естественному бескислородному автолизу. Вино, подвергаемое шампанизации, проходит через биогенератор в течение 36 ч, обогащаясь биологически активными веществами дрожжевых клеток. Загрузка бродильной батареи начинается с биогенератора с интервалом в 2...3 сут, а заканчивается первым бродильным аппаратом. После выбраживания до требуемого уровня с помощью диоксида углерода создают необходимое давление и устанавливают непрерывный поток сбраживаемой смеси. Шампанизацию проводят при температуре 15 °С. Выходящее из биогенератора вино, обогащенное продуктами жизнедеятельности дрожжей, охлаждают в теплообменниках 4 и 6 до минус 3...минус 4 °С, смешивают с экспедиционным ликером, подаваемым из резервуаров 5, выдерживают в термосах-резервуарах 7. Готовое шампанское подают на фильтр 8, а затем на розлив.

Эта принципиально новая технология шампанизации, разработанная в б. Советском Союзе, позволила с одновременным улучшением качества шампанского сократить длительность технологического цикла с 3 лет до 3 нед, в несколько раз снизить затраты высококвалифицированного ручного труда. Этот метод широко используется не только в России, но и за рубежом.

**Игристые вина.** Получают путем вторичного алкогольного брожения сухих и крепленых виноматериалов в герметически закрытых сосудах по технологии, утвержденной для каждого наименования вина.

Цимлянское игристое вырабатывают на Дону из сухих (содержание спирта 11...12 об.%, сахара — 0,2 %) и крепленых (содержание спирта 12...13 об.%, сахара — 12...18 %) виноматериалов, полученных из винограда Плечистик, Буланы и др. Шампанизацию проводят непрерывным способом.

Игристые мускаты вырабатывают из ароматического винограда мускатных сортов без добавления сахарозы. Купаж получают смешиванием спиртованного виноматериала (мистеля) с шампанским виноматериалом. Процесс шампанизации проводят резервuarным периодическим способом при температуре не выше 18 °С. Игристые мускаты содержат 11,5 об. % спирта и 9...12 % сахара, хорошо пенятся, отличаются своеобразными ароматом и вкусом.

**Газированные (шипучие) вина.** Получают искусственным насыщением диоксидом углерода осветленных вин, прошедших технологическую обработку. Введенный диоксид углерода только растворяется в вине и не вступает в физико-химическое взаимодействие с составными частями вина, что обуславливает быстрое обильное выделение CO<sub>2</sub> при открывании бутылки. Вкус шипучих вин имеет неприятную остроту, свойственную газированным напиткам. Представителями шипучих вин являются Гуниб, Машук, Салют и др.

### 33.5. БОЛЕЗНИ, ПОРОКИ И НЕДОСТАТКИ ВИН

При отклонениях в развитии вина в нем появляются различные дефекты, нарушающие естественный состав напитка, что ухудшает его качество. Ухудшение качества вин связано с развитием в них болезней, пороков и недостатков.

*Болезнь вина* — это состояние вина, при котором в результате жизнедеятельности микроорганизмов происходит глубокое изменение его химического состава, приводящее к порче продукта. «Больные» вина способны заражать здоровые, поэтому в случае обнаружения заболевания вино изолируют от здоровых образцов. Проводят дезинфекцию помещения и всего инвентаря, соприкасавшегося с «больным» вином. Для прекращения деятельности возбудителей болезни применяют пастеризацию или сульфитирование, а затем комплексом мероприятий восстанавливают потребительские свойства вина.

Болезни вина могут вызывать аэробные и анаэробные микроорганизмы. Наиболее часто аэробные микроорганизмы вызывают цвель вина и уксусное скисание.

*Цвель вина*, или винная плесень, возникает обычно в столовых винах, которые после окончания брожения хранят в неполных емкостях при свободном доступе воздуха. Болезнь выражается в появлении на поверхности вина характерной пленки, разложении спирта до диоксида углерода и воды и разложении экстрактивных веществ вина. Вино приобретает неприятный вкус, появляется прогорклый запах. Предупредительной мерой служит хранение вин в заполненных герметически закрывающихся емкостях. Для уничтожения плесени вино обрабатывают SO<sub>2</sub> и пастеризуют.

*Уксусное скисание* (уксуснокислое брожение) — наиболее рас-

пространенное заболевание вин. Болезнь вызывается укусуными бактериями, которые разносятся насекомыми (муха-дрозофила). Лучшее средство борьбы с ними — сульфитирование. Укусуные бактерии также образуют на поверхности вина пленку. В вине происходят глубокие изменения, наиболее существенным из которых является окисление этанола в укусную кислоту. Радикальных способов лечения вин от этой болезни нет, поэтому укусное скисание вин — это весьма опасное и трудно поддающееся лечению заболевание.

Анаэробные микроорганизмы вызывают такие болезни, как маннитное, молочнокислое и пропионовое брожение, прогорканье и др.

*Пороки вина* — это изменения его свойств, ухудшающие качество вина. Пороки вина возникают под воздействием химических, биохимических и физико-химических факторов. Отдельные пороки не вызывают больших изменений в составе вина, и своевременно принятые меры устраняют их без ущерба для его качества. Часть пороков приводит к необратимым, существенным изменениям. Наиболее распространенные пороки вин: черный касс, оксидазный касс, белый касс, медный касс, пороки, вносимые с виноградом и обусловленные нарушением технологии.

*Черный касс* возникает в результате обогащения вин железом, которое образует с дубильными и красящими веществами нерастворимые осадки от голубого до черного цвета. Для предупреждения и устранения черного касса вино обрабатывают гексациано-(II)-ферратом калия.

*Оксидазный касс* (побурение вина) вызывается ферментом эноксидазой, содержащимся в несвежем винограде, и связан с изменением дубильных и красящих веществ вина. Для прекращения действия этого фермента вино обрабатывают  $\text{SO}_2$  или пастеризуют.

*Белый касс* (посизение вина) — это порок, свойственный белым винам, возникающий в малоокислотных винах, содержащих избыток железа и фосфатных соединений. Для устранения белого касса вино обрабатывают гексациано-(II)-ферратом калия и подкисляют лимонной кислотой.

*Медный касс* развивается преимущественно в белых винах вследствие повышенного содержания в вине соединений меди и в результате протекания реакций восстановительного характера. Наилучшее средство предупреждения и устранения этого порока — обработка сула и вина гексациано-(II)-ферратом калия.

Пороки, вносимые с виноградом, обусловленные нарушением технологии, — это чаще всего появление в вине неприятных, несвойственных ему привкуса и запаха.

*Недостатки вина* — это резкие изменения его состава, обуславливающие негармоничность вкуса. Между пороками и недостатками нет резкой границы. Недостатки, как правило, устраняются соответствующей технологической обработкой вина.

### 33.6. ПОЛУЧЕНИЕ КОНЬЯКОВ

**Ассортимент и характеристика коньяков.** Коньяк — крепкий алкогольный напиток, обладающий специфическими цветом, букетом и вкусом, получаемый перегонкой молодых виноградных вин с последующей выдержкой в течение не менее трех лет.

В зависимости от срока выдержки и качества коньяки делят на обычные, марочные и коллекционные.

К *обычным коньякам* относят напитки, полученные из коньячных спиртов со сроком выдержки от 3 до 5 лет. Срок выдержки обозначается звездочками. Крепость обычных коньяков от 40 до 42 об. %.

*Марочные коньяки* готовят из коньячных спиртов со сроком выдержки свыше 6 лет. Крепость марочных коньяков от 40 до 57 об. %.

*Коллекционные коньяки* готовят из марочных коньяков, дополнительно выдержанных не менее трех лет в дубовых бочках или бутах.

Основные технологические операции коньячного производства: приготовление виноматериалов, получение и выдержка коньячных спиртов, купаж, обработка и выдержка коньяков.

**Приготовление виноматериалов.** Виноматериалы для коньяков готовят по белому способу из белых или красных сортов винограда: Сильванер, Плавай, Алый терский, Ркацител и др., имеющих цветочный или нейтральный аромат. В коньячном производстве используют *здоровые неосветленные вина, содержащие дрожжевые клетки, летучие ароматические вещества (энантивый эфир и др.), переходящие при перегонке в дистиллят и способствующие образованию специфического вкуса и аромата.* Вина должны отличаться малой экстрактивностью, отсутствием сильно выраженного аромата и окраски. Вина с ярко выраженным ароматом или с постоянными привкусами и запахами непригодны для выработки коньяка. Коньячные виноматериалы должны содержать не менее 8 об. % спирта, до 0,2 % сахара, не более 1,5 г/дм<sup>3</sup> летучих кислот и не менее 4,5 г/дм<sup>3</sup> титруемых кислот, участвующих в образовании сложных эфиров при перегонке.

**Получение и выдержка коньячных спиртов.** Коньячные виноматериалы перегоняют, чтобы в отгоняемом спирте сохранить часть летучих соединений (эфиры и кислоты), принимающих участие в создании характерного аромата и вкуса коньяка.

Для перегонки коньячных виноматериалов используют простую перегонку с последующей перегонкой спирта-сырца, однократную перегонку с фракционированием дистиллята либо непрерывную перегонку в специальных установках. При простой перегонке сначала выделяют спирт-сырец крепостью 22...35 об. %, содержащий все летучие примеси, который затем подвергают вторичной перегонке. При этом отделяются головные, средние и



хвостовые фракции. Для приготовления коньяка используют среднюю фракцию, крепость которой составляет 62...70 об.%. Коньячные спирты для марочных коньяков получают простой перегонкой.

Коньячный спирт — бесцветная прозрачная жидкость со специфическим ароматом и довольно резким вкусом. Кроме этанола он содержит различные летучие примеси, переходящие из вина в дистиллят и образующиеся в процессе перегонки. Содержание этих соединений в коньячном спирте зависит не только от состава виноматериала, но и обусловлено способами и режимами перегонки.

Коньячные спирты выдерживают в дубовых бочках вместимостью 30...50 дал или в эмалированных резервуарах, в которых равномерно распределена дубовая клепка.

В резервуарах выдерживают только коньячные спирты для ординарных коньяков. При длительной выдержке в дубовых бочках в коньячном спирте происходит ряд сложных физико-химических процессов. В коньячный спирт из дубовой древесины переходят растворимые высокомолекулярные соединения (лигнин, танины, гемицеллюлозы и др.), претерпевающие в процессе выдержки ряд превращений. Лигнин образует ароматические соединения, окисление танинов смягчает вкус, предотвращает окисление ароматических веществ. Гемицеллюлозы под влиянием естественной кислотности коньячного спирта гидролизуются с образованием соответствующих сахаров, что также способствует смягчению вкуса.

В процессе выдержки за счет частичного испарения, а также взаимодействия с составными частями коньячного спирта и кислородом воздуха уменьшается крепость коньячного спирта. Химические процессы, протекающие при выдержке, способствуют созданию характерного букета.

Все процессы, происходящие при выдержке, обуславливают получение коньячного спирта с янтарно-коричневой окраской, сложными гармоничными вкусом и ароматом.

**Купаж, обработка и выдержка коньяков.** Вследствие неоднородности коньячных спиртов по вкусу, аромату и крепости однородные партии получают путем купажирования различных коньячных спиртов.

Так как крепость коньячных спиртов выше крепости изготавливаемых коньяков, крепость коньяков понижают специально подготовленными спиртованными водами, которые получают из дистиллированной или смягченной воды путем смешивания с коньячным спиртом среднего возраста, используемым для купажа, до крепости 20...25 об.%. Затем смеси выдерживают в дубовых бочках в течение месяца, что позволяет получить темноокрашенные ароматические жидкости, уменьшающие крепость коньячных спиртов без снижения экстрактивности и интенсивности окраски.

С целью придания коньякам мягкого вкуса и установления

кондиции по содержанию сахара в купаж вводят сахарный сироп, выдержанный в течение определенного времени в дубовых бочках в смеси с коньячным спиртом крепостью 30...35 об.%, а для ординарных коньяков, не имеющих развитой окраски, вводят колер.

Полученный смешиванием коньячных спиртов, спиртованных вод и сахарного сиропа купаж тщательно перемешивают и выдерживают в дубовых бутах или эмалированных резервуарах с дубовыми клепками не менее 3 мес для ординарных коньяков и не менее 6 мес для коньяков высшего качества. Выдержке предшествует обработка купажа, которая включает оклейку, обработку гексацано-(II)-ферратом калия и фильтрование. После выдержки коньяки обрабатывают холодом при температуре минус 8...минус 12 °С в течение 5...10 сут, фильтруют при этой же температуре и разливают в бутылки.

### **33.7. РОЗЛИВ, МАРКИРОВКА И ХРАНЕНИЕ ВИН И КОНЬЯКОВ**

Виноградные вина разливают в бутылки вместимостью 0,5 и 0,75 дм<sup>3</sup>, а также в посуду другой вместимости в соответствии с действующими технологическими нормами. Игристые вина разливают в бутылки вместимостью 0,4 и 0,8 дм<sup>3</sup>, коньяки — в бутылки вместимостью 0,5; 0,25 дм<sup>3</sup> и сувенирные. На винозаводах используют линии розлива, осуществляющие следующие операции: мойку и подготовку бутылок, розлив напитков, укупорку, бракераж, отделку и упаковку бутылок в ящики.

На этикетках указывают наименование предприятия, название напитка, вместимость, крепость, сахаристость, номер стандарта.

На бутылки с марочным вином наклеивают кольеретку, на которой указывают год урожая винограда, для ординарных коньяков — количество звездочек, а для марочных и коллекционных — название марки или группы коньяков.

Вино хранят при температуре 8...16 °С в темноте. Полусладкие вина хранят при температуре от минус 2 до плюс 8 °С.

Качество вина определяют по органолептическим показателям (прозрачность, цвет, вкус, букет, типичность) и оценивают по десятибалльной системе.

### **33.8. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ ПРОДУКТОВ**

При производстве виноградных вин образуются побочные продукты и отходы производства, представляющие собой ценные вторичные материальные ресурсы. Эти отходы виноделия (виноградные выжимки, гребни, дрожжевые и гущевые осадки и др.) составляют до 20 % объема перерабатываемого винограда. При рацио-

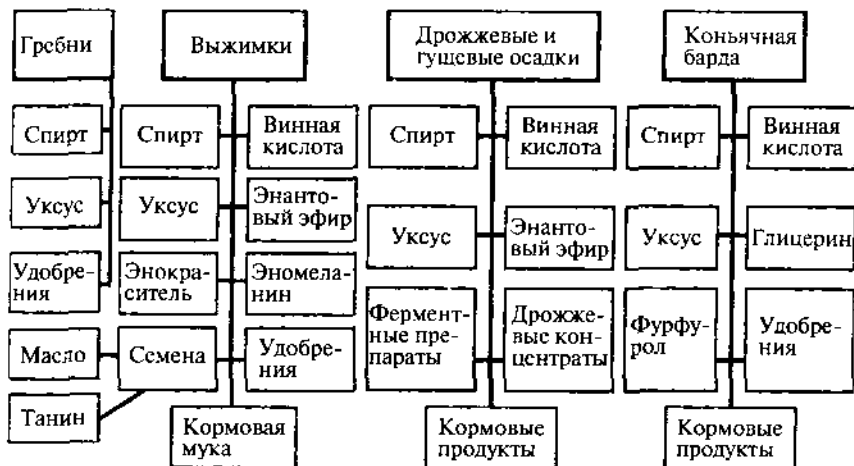


Рис. 33.4. Технологические схемы переработки отходов и получения вторичных продуктов из винограда

нальном использовании вторичного сырья ежегодно можно получать до 5 млн дал этанола, 6 тыс. т винной кислоты, 18 тыс. т виноградного масла, более 150 тыс. т кормовой муки и гранулированных кормов и других ценных пищевых продуктов и кормов. На рис. 33.4 показана технологическая схема переработки отходов виноделия и получения вторичных продуктов комплексной переработки винограда.

#### Контрольные вопросы

1. Как получают столовые вина?
2. В чем отличие игристых вин от шипучих?
3. Каковы особенности производства красных вин?
4. Как получают крепленые вина?
5. С какой целью проводят выдержку вин?

## Глава 34

### ТЕХНОЛОГИЯ БЕЗАЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ

Благодаря своим освежающим и жаждоутоляющим свойствам безалкогольные напитки пользуются широким спросом. Освежающий эффект безалкогольных напитков обусловлен наличием в них растворенного диоксида углерода и/или органических кислот (лимонной, виннокаменной).

## 34.1. АССОРТИМЕНТ БЕЗАЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ

В зависимости от используемого сырья, технологии и назначения безалкогольные напитки, производимые в России, можно разделить на следующие группы: газированная вода; искусственно минерализованные и природные минеральные воды; газированные прохладительные напитки; витаминизированные и тонизирующие напитки; сухие шипучие и нешипучие напитки. В зависимости от степени насыщения диоксидом углерода (%) газированные напитки могут быть сильногазированные — более 0,4; среднегазированные — от 0,3 до 0,4; слабогазированные — от 0,2 до 0,3 и негазированные.

*Газированная вода* — это питьевая вода, насыщенная диоксидом углерода (0,4...0,5 % к массе воды) под давлением в охлажденном состоянии. Такая вода имеет слегка кислостовый вкус, характеризуется своеобразной свежестью и способностью хорошо утолять жажду.

*Искусственно минерализованные воды* представляют собой слабые растворы химически чистых нейтральных и щелочных солей натрия, кальция, магния в воде, насыщенной диоксидом углерода. К ним относятся Сельтерская столовая и Содовая столовая. Данная вода имеет солоноватый вкус, характерный для комплекса минеральных солей, присутствующих в данной воде. Например, в Сельтерской столовой содержание солей составляет (%):  $\text{NaHCO}_3$  — 0,42...0,44;  $\text{NaCl}$  — 0,15...0,16;  $\text{CaCl}_2$  — 0,15...0,16;  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  — 0,0022...0,0023;  $\text{CO}_2$  — 0,4.

*Природные минеральные воды* представляют собой подземные воды, полученные из природных источников, с повышенным содержанием газов, минеральных веществ и соединений. Минеральные воды в зависимости от вида и количества содержащихся в них соединений оказывают на организм человека определенное физиологическое воздействие, что позволяет использовать их в качестве лечебного средства. Важной характеристикой минеральных вод является минерализация, т. е. содержание в воде определенных соединений.

В зависимости от воздействия на организм человека природные воды делятся на столовые, лечебно-столовые и лечебные воды. К *столовым* относят воды, минерализация которых не превышает  $1 \text{ г/дм}^3$  и в состав которых не входят микрокомпоненты, оказывающие на организм человека лечебное действие. К *лечебно-столовым* относятся воды с общей минерализацией  $1...10 \text{ г/дм}^3$ , а также воды с минерализацией менее  $1 \text{ г/дм}^3$ , содержащие биологически активные компоненты в количестве не ниже принятых в стране норм. Воды с общей минерализацией  $10...15 \text{ г/дм}^3$ , а также воды с минерализацией менее  $10 \text{ г/дм}^3$ , но при наличии в их составе повышенных количеств биологически активных микрокомпонентов (например, брома, иода и пр.) относят к *лечебным*.

Наибольшее значение в формировании химического состава минеральных вод оказывают макрокомпоненты, присутствующие в виде катионов ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) и анионов ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ). Между минерализацией воды и ее химическим составом прослеживается следующая связь: в водах с невысокой минерализацией преобладают ионы  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , а в водах с высокой минерализацией —  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ; ионы  $\text{Mg}^{2+}$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  присутствуют в водах, занимающих промежуточное положение между низко- и высокоминерализованными.

В природных минеральных водах находятся как основные, так и сопутствующие газы различного происхождения (биохимического, химического, воздушного, радиоактивного). Растворимость газов в воде зависит от химической природы растворяющихся газов, температуры, минерализации и давления, под которым находится газ над водой. Такие основные газы, как  $\text{CH}_4$  и  $\text{N}_2$ , содержащиеся в природных водах, плохо растворимы в воде, они не вступают с ней в химическое взаимодействие и находятся там в молекулярно-дисперсном состоянии. Газы  $\text{H}_2$ ,  $\text{Ar}$ ,  $\text{He}$ ,  $\text{O}_2$  также плохо растворяются в воде. Хорошо растворимые в воде газы  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{S}$  при растворении образуют угольную и сероводородную кислоты. С повышением температуры и минерализации растворимость газов уменьшается. Согласно закону Генри (см. главу 7) растворимость газов при постоянной температуре изменяется прямо пропорционально давлению. Эти свойства газов необходимо учитывать при добыче, обработке и розливе минеральных вод.

Среди органических веществ в минеральных водах встречаются гуминовые вещества (гуминовые кислоты), битумы (асфальтены, смолы и масла), фенолы, жирные и нафтенновые кислоты. Содержание различных органических веществ варьирует от единиц до десятков  $\text{мг/дм}^3$  воды. Основные источники минеральных вод — почвенные растворы, осадочные горные породы (угли, торф), нефть. Органическая составляющая минеральных вод обладает ярко выраженным биологическим действием, быстро ослабевающим даже при непродолжительном хранении вод.

Микроорганизмы, неизменно сопутствующие минеральным водам, способны изменять их состав не только в природных условиях, но и после розлива вод в бутылки. Особого внимания заслуживают специфические микроорганизмы, участвующие в круговороте  $\text{N}$ ,  $\text{S}$ ,  $\text{Fe}$  и других биогенных элементов. Важную роль в изменении состава вод, разливаемых в бутылки, играют сульфатвосстанавливающие бактерии, а также микроорганизмы, окисляющие соединения серы, железа и др.

Согласно ГОСТ 13273—89 в зависимости от химического состава минеральные воды подразделяют на группы, например, гидрокарбонатная, натриевая, сульфатная, магниевая-кальциевая и др. Далее эти группы по минерализации делятся на типы. Основной ионный состав данного типа минеральной воды предопределяет

ее назначение — столовая, лечебно-столовая и лечебная. Стандартом также предусмотрено указывать на этикетке бутылки местонахождение источника воды.

Химический состав воды принято изображать в виде формулы, представляющей собой псевдодробь: в числителе — анионы, а в знаменателе — катионы, содержание которых превышает  $20 \text{ мг} \cdot \text{экв}/\%$ . Ионы выписывают в убывающей слева направо последовательности. Наименование воды ведут от иона, играющего в составе воды подчиненную роль. Это дает возможность превалирующие в составе воды ионы именовать полностью, а играющие подчиненную роль — кратко. Так, например, Нарзан по химическому составу относится к гидрокарбонатным или сульфатно-гидрокарбонатным магниевым-кальциевым водам с минерализацией  $2...4 \text{ г}/\text{дм}^3$ . Основные ионы представлены анионами  $\text{HCO}_3^-$  и катионами  $\text{Ca}^{2+}$ .

К наиболее распространенным минеральным водам относятся Нарзан, Машук, Боржоми, Нафтуса, Эссентуки, Джермук, Московская, Полюстровская, Славяновская и др.

*Газированные прохладительные напитки* представлены двумя группами: общего и специального назначения.

*Напитки общего назначения* — это водные растворы купажных смесей, насыщенные диоксидом углерода, в состав которых входят сахарный сироп, фруктово-ягодные соки или морсы, натуральные экстракты и концентрированные соки плодов и ягод, экстракты и спиртовые настои цитрусовых и пряно-ароматического и другого сырья, пищевые кислоты, красители, ароматизаторы (эссенции и ароматные спирты) и консерванты. В *напитки специального назначения* для придания сладости входят низкокалорийные искусственные (сахарин, ксилит, сорбит, аспартам) и натуральные (глюкозо-фруктозные сиропы) подсластители.

По способу обработки напитки подразделяют на непастеризованные, пастеризованные, напитки с добавлением консервантов и без них, напитки холодного и горячего розлива.

Ассортимент газированных прохладительных напитков очень разнообразен и постоянно расширяется: Тархун, Байкал, Буратино, Фанта, Пепси-кола и др.

*Тонизирующие и витаминизированные напитки* благодаря таким растениям, как женьшень, чай, элеутерококк, аралия маньчжурская и др., активизируют жизнедеятельность организма, повышают трудоспособность, восстанавливают силы. На их основе созданы напитки Бахмаро, Саяны, Женьшеневый и др.

*Витаминизированные напитки* обогащены витамином С ( $150...160 \text{ мг}/\text{дм}^3$ ), а также витаминами группы В ( $\text{B}_1 — 1...1,2 \text{ мг}/\text{дм}^3$ ;  $\text{B}_2 — 0,6...1,0 \text{ мг}/\text{дм}^3$  и  $\text{B}_6 — 1,5...2,5 \text{ мг}/\text{дм}^3$ ). При употреблении  $200 \text{ см}^3$  такого напитка в день человек восполняет половину суточной потребности витамина С и около  $1/5$  — витаминов группы В.

Промышленность выпускает напитки также с иным витаминным составом.

*Сухие напитки* получают в виде порошкообразных смесей или таблеток для шипучих и нешипучих напитков. Перед употреблением таблетку или порошок растворяют при перемешивании в холодной воде.

Смеси для *нешипучих напитков* готовят из сахара-песка, экстрактов, эссенций, пищевых кислот и красителей, продуктов пчеловодства и цитрусовых настоев. В состав порошкообразной смеси для шипучего напитка наряду с сахаром, кислотами, эссенциями, экстрактами обязательно входит гидрокарбонат натрия (пищевая сода), поэтому при растворении ее в воде выделяется диоксид углерода. В промышленности освоен выпуск широкого ассортимента сухих напитков, отличающихся как по вкусу, так и по аромату. Консерванты в состав сухих напитков не входят. Гарантийный срок хранения продукции в виде таблеток до 1 года, в виде порошка — до 6 мес.

## 34.2. ДОБЫЧА И РОЗЛИВ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД

Промышленное производство природных минеральных вод включает следующие технологические стадии: каптирование, транспортирование, хранение, технологическую обработку, подготовку стеклянной тары и розлив воды в бутылки.

**Каптирование (водозабор).** Минеральные воды, используемые для промышленного розлива, подлежат обязательному каптированию. *Каптаж* — это гидротехническое водозаборное сооружение 4 (рис. 34.1), предназначенное для захвата воды на глубине, выведения ее на поверхность земли при сохранении химического состава и физических свойств. Современный тип каптажа — буровая скважина 3, менее распространенные — шахтные колодцы и штольни. Различают два основных способа подъема воды: самоизлив и принудительный отбор с помощью погружных артезианских насосов 1. Устройство водоприемника 2 обусловлено характером водоносного слоя. Для предохранения воды от попадания механических примесей скважины оборудуют фильтрами из коррозиестойких и механически прочных материалов.

**Транспортирование воды.** Выбор способа транспортирования зависит от расстояния от каптажной установки до предприятия по обработке и розливу воды. Если указанное расстояние не превышает 50 км, то для транспортирования воды используют трубопроводы из нержавеющей стали, стекла или полиэтилена низкой пористости. Для предотвращения дегазации воды и подсоса грунтовых вод транспортирование проводят под небольшим избыточным давлением (до 0,05 МПа), создаваемым  $\text{CO}_2$ .

При доставке минеральных вод на расстояние 50...200 км ис-

пользуют автомобильные цистерны, изготовленные из различных марок нержавеющей стали, эмалированной стали или алюминия. Цистерны предварительно заполняют диоксидом углерода, а затем подают воду со скоростью 0,8 м/с при давлении до 0,05 МПа; такие условия сводят до минимума дегазацию воды.

В тех случаях, когда источники воды находятся на значительном расстоянии от основных потребителей продукта (более 200 км), минеральные воды перевозят в специально оборудованных железнодорожных цистернах, обеспечивающих транспортирование воды в различное время года в изотермических условиях. Технологическую обработку минеральных вод, предназначенных для транспортирования, в этом случае ведут на специальных станциях наполнения и слива.

**Хранение воды.** Для обеспечения бесперебойной работы завода создают необходимый оперативный запас минеральной воды в сборнике 5 (см. рис. 34.1). Воду хранят в условиях, обеспечивающих стабильность химического состава воды и исключающих вторичное бактериальное загрязнение. Все типы железистых и углекислых вод хранят в герметических резервуарах 8 под избыточным давлением  $\text{CO}_2$ , не превышающим 0,05 МПа. Неуглекислые воды разрешается хранить в негерметичных, но обязательно закрытых резервуарах. Срок хранения в резервуарах воды, не прошедшей предварительную обработку, не должен превышать 2 сут, прошедшей первичную обработку — не более 5 сут.

**Технологическая обработка и розлив минеральных вод.** Это сложная многокомпонентная двухфазная система, которая предусматривает как общепринятые приемы обработки (фильтрование, обеззараживание, охлаждение и насыщение диоксидом углерода), так и специальные технологические приемы, обеспечивающие стабилизацию полезных компонентов воды и выведение из их состава веществ, ухудшающих органолептические свойства. Около 44 % объема разливаемых пищевой промышленностью минеральных вод приходится на долю неуглекислых, не содержащих в составе жидкой фазы легко окисляемых компонентов. Технологическая схема добычи и обработки неуглекислых вод приведена на рис. 34.1.

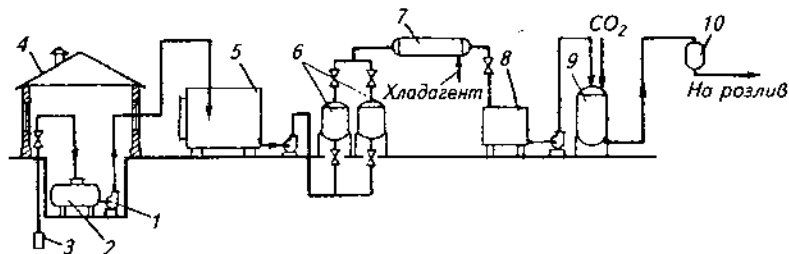


Рис. 34.1. Технологическая схема добычи и обработки неуглекислых минеральных вод



Для полного удаления взвешенных частиц, вызывающих помутнение и снижающих эффективность бактерицидной обработки воды, ее подвергают фильтрованию в напорных фильтрах б (фильтр-прессах, свечных ультрафильтрах). Фильтрующими материалами служат фильтр-картон марки Т, микропористая керамика.

Основная цель обеззараживания природных минеральных вод — уничтожение патогенных микроорганизмов. Степень бактериальной чистоты минеральных вод определяется величиной коли-титра — минимальным количеством воды ( $\text{см}^3$ ), в котором содержится 1 кишечная палочка. Вода, разлитая в бутылки, должна иметь коли-титр не менее 300. При фильтровании минеральных вод через керамические свечные фильтры б происходит частичное обесплотнение, обусловленное тем, что размер пор фильтрующего материала не превышает 1 мкм, а большинство патогенных микроорганизмов имеют размер 1...2 мкм. Для более эффективного обеззараживания воду подвергают специальной обработке: безреагентным или реагентным способом.

Безреагентный способ обеззараживания основан на бактерицидном действии ультрафиолетовых лучей, которые пропускают через минеральную воду. На предприятиях используют бактерицидные напорные установки ОВ-1П с погружным источником излучения 10. При этом способе обработки органолептические показатели минеральных вод не изменяются. На эффективность обеззараживания безреагентным способом существенное влияние оказывают: количество микроорганизмов, содержащихся в обрабатываемой воде; ее прозрачность и бесцветность; солевой состав, особенно присутствие соединений железа.

К реагентным способам обеззараживания минеральных вод относятся серебрение и хлорирование. Водный раствор сульфата серебра ( $7,22 \text{ г/дм}^3$ ) в количестве  $40 \text{ см}^3$  на  $1 \text{ м}^3$  воды через 2...4 ч приводит к полной гибели патогенных и условно-патогенных микроорганизмов. Установку Б7-ВОС-ОИ монтируют на трубопроводе минеральной воды перед фильтрами.

Для обеззараживания вод, не содержащих легко окисляемых компонентов, может быть использован гипохлорит натрия. Развитие кишечной палочки и специфических (сульфовосстанавливающих) бактерий подавляется при остаточной концентрации активного хлора  $0,3 \text{ мг/дм}^3$ . Для достижения обеззараживающего эффекта раствор гипохлорита ( $6...8 \text{ г/дм}^3$ ) вводят в поток или накопительный резервуар минеральной воды с помощью дозаторов различных конструкций, обеспечивающих требуемое содержание остаточного количества активного хлора.

Учитывая, что с понижением температуры растворимость  $\text{CO}_2$  в воде повышается, все минеральные воды перед насыщением диоксидом углерода охлаждают до температуры 4...10 °С. Более глубокое охлаждение нецелесообразно, так как оно приводит к

уменьшению растворимости солей минеральных вод и выпадению некоторых из них в осадок. Для охлаждения используют преимущественно трубчатые и пластинчатые теплообменники 7 различных конструкций.

Независимо от газового состава все минеральные воды перед розливом в бутылки насыщают диоксидом углерода, который способствует сохранению в воде углекислых солей, угнетающе действует на жизнедеятельность микроорганизмов, придает воде определенную гамму вкусовых свойств, увеличивает сроки хранения. В процессе подготовки воды к розливу часть природного диоксида углерода теряется, поэтому все углекислые воды дополнительно насыщают  $\text{CO}_2$ , а неуглекислые воды карбонизируют.

Основная часть диоксида углерода находится в воде в молекулярно растворенной форме, и только около 0,1 % — в форме угольной кислоты ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), придающей ей слабокислые свойства. Насыщение ведут в сатураторах 9 различных конструкций (Е6-АССМ, АСМ, АСК-1, РЗ-ВСВ) при низкой температуре под избыточным давлением, в условиях, обеспечивающих увеличение суммарной поверхности воды, подвергаемой насыщению. Содержание диоксида углерода в лечебных водах, разлитых в бутылки, должно быть в пределах 0,15...0,2 %, в лечебно-столовых — не менее 0,3 %, а в железистых — не менее 0,4 %.

**Розлив воды в бутылки.** При розливе минеральных вод в бутылки стремятся более полно сохранить растворенный диоксид углерода, поэтому используют изобарический способ розлива, при котором избыточное давление, создаваемое  $\text{CO}_2$  в напорном баке разливочной машины, соответствует противодавлению в пустой бутылке, создаваемому диоксидом углерода или воздухом.

С учетом особенностей химического и газового состава питьевых вод разработано и внедрено в производство пять принципиальных технологических схем обработки и розлива вод.

Наполнение бутылок минеральной водой осуществляют по уровню, который определяется глубиной погружения в бутылку воздушного отверстия на сливной трубке разливочного аппарата.

Природные минеральные воды разливают в бутылки из бесцветного, коричневого или зеленого стекла на автоматизированных отечественных или зарубежных линиях мощностью от 3 до 12 тыс. бут/ч и более. Бутылки с разлитой в них минеральной водой герметично укупоривают кроненпробками. Герметичность укупорки гарантирует сохранение качества продукции для железистых вод в течение 4 мес и для остальных — в течение года.

В связи с тем что хлоридные натриевые воды агрессивны, трубопроводы и все оборудование следует изготавливать из коррозионно-стойких материалов.

Учитывая роль  $\text{CO}_2$  в предотвращении солеобразования, процесс обработки и розлива углекислых вод следует вести в условиях, сводящих дегазацию к минимуму. Герметизируют как транс-

портные средства, так и все оборудование, используемое для охлаждения, резервирования и обеззараживания воды.

Все воды, содержащие соединения двухвалентного железа в количестве более 5 мг/дм<sup>3</sup>, обрабатывают и разливают по схеме для железистых минеральных вод, предусматривающей дополнительные технологические приемы, направленные на предотвращение окисления железа и дегазации воды. При розливе железистых вод противодавление рекомендуется создавать диоксидом углерода. Для предотвращения окисления железа в минеральную воду вводят раствор стабилизирующей кислоты — аскорбиновой или лимонной. Такая обработка обеспечивает выпуск готовой продукции без осадка.

Минеральные воды с содержанием сероводорода до 20 мг/дм<sup>3</sup> и гидросульфид-ионов до 30 мг/дм<sup>3</sup> обрабатывают и разливают по схеме для гидросульфидных и гидросульфидно-сероводородных вод. Так как сероводород и гидросульфид-ионы ухудшают органолептические свойства воды, в схему обработки вводят дополнительный технологический прием, направленный на выведение сернистых компонентов из состава минеральных вод. Десульфитирование проводят в барботажном дегазаторе, устанавливаемом в отдельном помещении, оборудованном приточно-вытяжной вентиляцией.

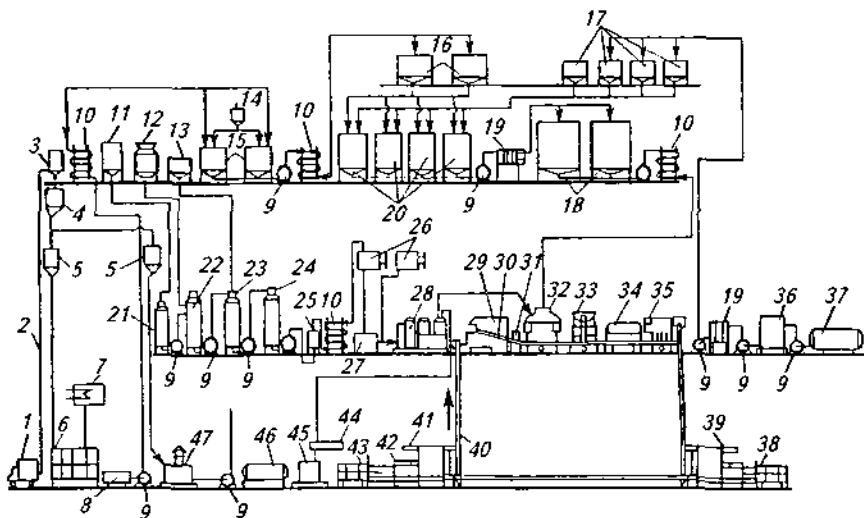
Минеральные воды, содержащие сульфатвосстанавливающие бактерии, подвергают дополнительной обработке, обеспечивающей подавление жизнедеятельности микроорганизмов, развитие которых отрицательно сказывается на органолептических свойствах воды. С этой целью воды дополнительно подвергают микрофльтрации или хлорируют.

### 34.3. ПОЛУЧЕНИЕ БЕЗАЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ

Технология газированных безалкогольных напитков включает следующие стадии: хранение и подготовку сырья и полуфабрикатов, приготовление сахарного сиропа и колера, приготовление и обработку купажного сиропа, насыщение воды или напитков диоксидом углерода и розлив напитков в бутылки.

Аппаратурно-технологическая схема получения безалкогольных напитков приведена на рис. 34.2.

Основными видами сырья в рассматриваемых напитках являются вода, сахар и его заменители. В качестве полуфабрикатов используют плодово-ягодные натуральные соки, спиртованные, сброженно-спиртованные, концентрированные соки, виноградное вакуум-сусло, натуральные плодово-ягодные сиропы, экстракты, морсы, виноградные и плодово-ягодные виноматериалы. К дополнительным видам сырья относятся пищевые кислоты, красители, ароматические вещества в виде настоев, эссенций, эфирных масел, стабилизаторы напитков и диоксид углерода.



**Рис. 34.2. Аппаратурно-технологическая схема получения безалкогольных напитков:**

1 — автомобиль; 2 — трубопровод; 3 — шиклон; 4 — бункер; 5 — дозатор; 6 — сироповарочная станция; 7 — дозатор-подогреватель; 8, 19 — фильтры; 9 — насосы; 10 — теплообменники; 11 — напорный сборник для воды; 12, 13, 14 — сборники растворов соответственно для серной, лимонной кислоты и хлорной извести; 15 — сборники-инверторы; 16, 17 — сборники-мерники; 18 — сборники для купажного сиропа; 20 — купажные чаны; 21 — осветлительный фильтр; 22 — катионный фильтр; 23 — контактный резервуар; 24 — угольный фильтр; 25 — керамический фильтр; 26, 27 — насосы-дозаторы; 28 — синхронно-смесительная установка; 29 — бутылкомоечная машина; 30 — пластинчатый транспортер; 31 — световой экран; 32 — разливочный автомат; 33 — укупорочный автомат; 34 — бракеражный автомат; 35 — пакетировочный автомат; 36 — сборники для хранения соков, морсов и настоев; 37 — цистерна для соков, морсов и настоев; 38, 43 — пакетоформирующие автоматы; 39, 41 — автоматы для выемки и укладки бутылок в ящики; 40 — станция газификации; 42 — ленточный транспортер; 44 — коллектор для понижения давления; 45 — подъемник для бутылок; 46 — цистерна для жидкого диоксида углерода; 47 — варочный котел для колера

Вода, используемая в производстве безалкогольных напитков, должна быть чистой, прозрачной, бесцветной, приятной на вкус, без запаха. Выбор технологии подготовки воды зависит от ее свойств. Воду, не отвечающую санитарным требованиям, очищают и обеззараживают в водоподготовительном отделении завода следующими способами:

отстаиванием и коагуляцией в специальных емкостях (для осветления и удаления взвешенных частиц);

фильтрованием через угольные, угольно-песочные, песочные фильтры, силициновые фильтр-прессы или керамические фильтры, бактерицидные установки (для достижения прозрачности воды и ее обеспложивания);

умягчением известковым или катионитовым и мембранным способами;

хлорированием с последующим дехлорированием и фильтрованием для освобождения от постороннего запаха.

Для придания безалкогольным напиткам сладости, смягчения резкости вкуса, ассимиляции аромата используют сахар-песок, сахар-рафинад, жидкий сахар и сахарозаменители.

Сахарный сироп концентрацией 60...65 % в основном готовят горячим способом, как и для ликероналивочных изделий. Иногда используют холодный способ приготовления сахарного сиропа, когда сахар растворяют в холодной воде с последующим фильтрованием и осветлением сиропа, как на заводах фирмы «Пепсико».

Для получения некоторых напитков готовят инвертированный сахарный сироп. Инверсия основана на гидролитическом расщеплении сахарозы в присутствии слабых кислот — лимонной, молочной или кислот, содержащихся в плодово-ягодных соках.

Колер готовят в варочном котле с электрическим обогревом. В котел загружают взвешенное количество сахара и нагревают до 160...180 °С при непрерывном перемешивании. При этой температуре происходит интенсивная карамелизация. Как только колер будет готов, нагревание прекращают и колер разбавляют водой температурой 60 °С до концентрации сухих веществ 70 %. После охлаждения до 60...65 °С колер перекачивают насосом в напорный сборник.

Купажный сироп представляет собой промежуточный продукт, полученный смешиванием всех компонентов напитка, за исключением газированной воды. Купажированию предшествует подготовка компонентов, входящих в купаж. Плодовые соки и морсы, ароматные настои и эссенции фильтруют через тканевые или пластинчатые фильтры. Плодово-ягодные экстракты, цитрусовые настои разбавляют водой в соотношении 1 : 5, отстаивают, после чего фильтруют. Красители и кислоты предварительно растворяют в воде в соотношении (1 : 5)...(1 : 10). Экстрактивную часть концентратов и композиций перед внесением в купажные чаны предварительно разбавляют горячей водой температурой 40...60 °С до массовой доли сухих веществ 30...35 %. Ароматическую часть концентратов и композиций вносят в купажный чан без подработки.

Купажные сиропы готовят одним из трех способов — холодным, полугорячим или горячим. При этом последними двумя способами получают сиропы с инверсией сахарозы.

Для получения купажного сиропа холодным способом все полуфабрикаты задают в купажный аппарат при перемешивании в следующей последовательности: сахарный сироп, плодово-ягодный сок или экстракт, виноградные вина, раствор кислоты, раствор красителя, цитрусовые или ароматические настои, композиции.

В случае необходимости приготовленный купажный сироп фильтруют до полной прозрачности, затем охлаждают до темпера-

туры 8...10 °С. После технологического контроля купажный сироп направляют в цех розлива напитков.

Полугорячий и горячий способы применяются, если в состав купажного сиропа входят соки или вина и если по условиям производства необходимо сократить объем купажного сиропа и уменьшить дозу его расхода на бутылку.

Процесс насыщения воды и безалкогольных напитков диоксидом углерода называется *сатурацией* или *карбонизацией*. Растворение газа в жидкости — это абсорбционный процесс. Основные принципы и законы, применимые для этого процесса, изложены в главе 7.

На растворимость диоксида углерода в воде и напитках влияют температура, давление, характер и концентрация растворенных веществ.

Вводить  $\text{CO}_2$  в напитки можно двумя способами: насыщением охлажденной деаэрированной воды с последующим введением ее в бутылки, заполненные определенной дозой купажного сиропа, и насыщением смеси деаэрированной воды и купажного сиропа с последующим розливом уже насыщенного напитка.

Насыщение воды диоксидом углерода осуществляется в сатураторах периодического или непрерывного действия, а напитков — только в аппаратах непрерывного действия (сатураторах или синхронно-смесительных установках РЗ-ВНС-1, Б2-ВРР-16 и др.).

Для обеспечения интенсивного массообмена сатурацию проводят при температуре воды не выше 6 °С, а купажного сиропа — не выше 8 °С и рабочем давлении 0,3...0,8 МПа. Удаление растворенного воздуха осуществляется в деаэраторе. Вода распыляется с помощью насадок или форсунок.

В настоящее время наиболее перспективен синхронно-смесительный способ насыщения напитков диоксидом углерода. В установках, работающих по этому принципу, обеспечивается высокая однородность смеси купажного сиропа, воды и  $\text{CO}_2$ , что способствует высокой степени насыщения напитка диоксидом углерода. Все это приводит к экономии сырья и повышению качества напитков. В то же время значительно упрощаются технологический процесс и розлив напитков, существенно сокращается количество обслуживающего персонала.

Розлив газированных безалкогольных напитков включает ряд технологических операций: прием, бракераж и мойку тары; дозирование купажного сиропа в бутылки; заполнение бутылок газированной водой или готовым напитком; герметизацию бутылок с напитком; перемешивание содержимого бутылок; бракераж напитка и этикетирование бутылок.

Во избежание потерь диоксида углерода, растворенного в газированных безалкогольных напитках, наполнение бутылок ведут под избыточным давлением изобарическим способом. Для улуч-

шения качества напитков противодействие рекомендуется создавать не воздухом, а диоксидом углерода.

Оценку качества безалкогольных напитков проводят по физико-химическим (содержание сухих веществ, диоксида углерода и кислотность) и органолептическим показателям (прозрачность, цвет, вкус, аромат).

#### *Контрольные вопросы*

1. На какие группы классифицируются безалкогольные напитки?
2. Какие основные приемы обработки природных минеральных вод вы знаете?
3. На какие пять групп делят природные минеральные воды в зависимости от их состава?
4. Какое сырье и полуфабрикаты используют при производстве безалкогольных напитков?
5. Какие требования к воде предъявляются при производстве безалкогольных напитков?
6. Какие способы подготовки воды вы знаете?
7. Какие способы используют при насыщении безалкогольных напитков диоксидом углерода?

## **Глава 35**

### **ТЕХНОЛОГИЯ КОНСЕРВИРОВАНИЯ ПЛОДОВ И ОВОЩЕЙ**

Фрукты и овощи — скоропортящиеся продукты, они не могут сохраняться в свежем виде длительное время без применения тех или иных методов консервирования.

Консервирование как метод сохранения продуктов от порчи известно с давних пор. Консервы в современном понятии (продукты, укупоренные в герметическую тару) появились в начале XIX в.

#### **35.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ПЛОДОВ И ОВОЩЕЙ**

Для консервирования используют различные виды овощей и фруктов, которые в силу их ботанических особенностей классифицируют следующим образом.

Фрукты в зависимости от их строения подразделяют на четыре группы: семечковые (яблоки, груши, айва, рябина и др.), косточковые (абрикосы, персики, вишня, черешня, слива, кизил), ягоды (виноград, смородина, крыжовник, клюква, брусника, малина, клубника, земляника, инжир и др.), субтропические и тропические плоды (цитрусовые, ананасы, бананы, манго, финики, хурма и др.). Различают плодовую группу овощей, у которых в пищу ис-

пользуются плоды и семена, и вегетативную группу, съедобной частью которых служат корни, клубни, стебли или листья. Каждая из групп подразделяется на подгруппы.

К плодовой группе относятся: томатные — томаты, баклажаны, овощной перец; бобовые — горох, фасоль, бобы; тыквенные — огурцы, кабачки, патиссоны, тыква; а также бахчевые — арбузы и дыни; зерновые — кукуруза.

К вегетативной группе относятся: клубнеплоды — картофель, земляная груша, батат; корнеплоды — морковь, свекла, петрушка, пастернак, сельдерей, хрен; калустные — капуста белокочанная, цветная, брюссельская; шпинатные — шпинат, щавель; салатные — всевозможные виды салатов; луковичные — лук, чеснок; пряные листовые — укроп, базилик, майоран, чабер, эстрагон и десертные — спаржа и артишоки.

Различают физиологическую, потребительскую и техническую стадии зрелости плодов и овощей. Физиологическая стадия характеризуется появлением в плодах семян, в потребительской стадии зрелости они уже готовы к употреблению в свежем виде, в технической — обладают наилучшими качествами для консервирования. Некоторые плоды и овощи (огурцы, зеленый горошек и др.) консервируют недозрелыми.

## **35.2. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ПИЩЕВАЯ ЦЕННОСТЬ ПЛОДОВ И ОВОЩЕЙ**

Наряду с пищевыми продуктами животного происхождения большую роль в питании человека играют плоды и овощи. Они обеспечивают организм такими ценными пищевыми веществами, как углеводы, белки, витамины, минеральные соли, органические кислоты, и содержат в среднем 80...90 % воды от собственной массы. Вода — один из главных факторов, от которого зависит интенсивность протекания биохимических процессов в клетках и качество плодовоовощной продукции. Если содержание воды в плодах и овощах снижается на 5...7 %, то они теряют такое важное товарное свойство, как сочность (свежесть). Вода с растворенными в ней питательными и физиологически активными веществами представляет собой клеточный сок, который содержит углеводы, азотистые, минеральные и ароматические вещества, витамины, органические кислоты и другие компоненты, играющие важную роль в питании человека. Плоды и овощи прекрасно усваиваются организмом человека, способствуют лучшему усвоению таких пищевых продуктов, как мясо, яйца и молоко. Многие виды сочной продукции используют в качестве диетических продуктов и лекарственных средств. Плоды и овощи содержат в среднем 10...20 % сухих веществ, которые подразделяют на нерастворимые и растворимые в воде. Нерастворимые в



воде сухие вещества (в среднем 2...5 %) — это целлюлоза и сопутствующие ей гемицеллюлоза и протопектин, азотистые соединения, минеральные соли, крахмал, жирорастворимые пигменты, т. е. вещества, входящие в основном в состав клеточных стенок и опорных тканей. Количество водорастворимых сухих веществ в плодах и овощах колеблется от 5 до 18 %. К ним относятся углеводы, азотистые вещества, органические кислоты, дубильные вещества, витамины, ферменты, минеральные соли и др. Большая часть их представлена углеводами, главным образом сахарами. Несмотря на то что доля всех остальных растворимых веществ в клеточном соке невелика, значение многих из них как в пищевом, так и в технологическом отношении весьма существенно.

**Азотистые вещества.** Общее количество азотистых соединений в плодах и ягодах колеблется от 0,2 до 1,5 %. В овощах их содержание составляет в среднем 1...2 %, но некоторые виды овощей содержат повышенное количество азотистых соединений, например зеленый горошек — 6,6 %, цветная капуста — 2,5 %.

Азотистые вещества в плодах и овощах представлены белками, амидами, аминокислотами и некоторыми другими азотсодержащими веществами. Кроме перечисленных веществ в плодах и овощах в небольших количествах содержатся глюкозиды, фенольные соединения, алкалоиды, нуклеиновые кислоты (ДНК, РНК) и сложные белки — нуклеопротеиды. Особую группу азотистых веществ белковой природы, регулирующих обмен веществ в живых клетках, составляют ферменты. В процессе хранения и при переработке плодов и овощей азотистые вещества подвергаются существенным изменениям. Так, под действием фермента полифенолоксидазы в плодах может происходить окисление полифенолов с образованием темноокрашенных веществ. На плодах появляются темные пятна, ухудшающие качество продукции.

**Углеводы.** Из углеводов в плодах и овощах содержатся моносахариды (фруктоза, глюкоза), дисахариды (сахароза) и полисахариды (крахмал, инулин), целлюлоза (клетчатка), гемицеллюлоза, лигнин и пектиновые вещества. Содержание углеводов в плодах и овощах невелико, поэтому и калорийность их также невелика, в 100 г овощей калорийность в среднем составляет 25...40 ккал, в 100 г плодов и ягод — 50...70 ккал.

Содержание крахмала в плодах и овощах, за исключением картофеля (15...18 %), невелико, например, в моркови, дыне, капусте оно не превышает десятых долей процента, а в остальных овощах — еще меньше. В фасоли, зеленом горошке, бобах его количество может достигать нескольких процентов, особенно при их перезревании. При этом сокращается количество сахаров, консистенция продукта становится более грубой и ухудшается вкус. По содержанию крахмала в зеленом горошке определяют срок его уборки.

Инулин в большом количестве содержится в клубнях земляной груши (топинамбура) — 13...20 % и в корнях цикория — 17 %. Содержание целлюлозы в плодах колеблется от 0,5 до 2 %, в овощах — от 0,2 до 2,8. Повышенное содержание целлюлозы обеспечивает механическую прочность тканей, транспортабельность и лежкость овощей и плодов. Гемичеселлюлоза наряду с клетчаткой входит в состав клеточных стенок растений. Общее содержание гемичеселлюлозы в плодах и овощах колеблется от 0,2 до 3,1 %. Как правило, оно тем выше, чем больше в них клетчатки. Гемичеселлюлоза химически менее стойкая, чем клетчатка, так как в процессе переработки плодов и овощей она подвергается частичному гидролизу. Содержание гемичеселлюлозы может влиять на качество, главным образом на консистенцию, готового продукта. Лигнин — высокомолекулярное вещество, сопутствующее целлюлозе. В плодах и овощах содержание лигнина незначительно. В плодах и ягодах содержание пектиновых веществ больше, чем в овощах. Так, в яблоках их содержится 0,3...1,8 %, в черной смородине 1,5, а в сливах 0,2...1,5 %. Пектиновые вещества обладают хорошей желирующей способностью. Это свойство пектина успешно применяется при производстве мармелада, джема и пастилы. Хорошей желирующей способностью обладают пектиновые вещества слив, абрикосов, персиков, смородины, крыжовника, клюквы, земляники и слабой — вишни, груши, винограда. При некоторых видах переработки плодоовощной продукции пектиновые вещества приходится удалять, так как они снижают качество получаемой продукции. Например, при получении соков пектиновые вещества, взаимодействуя с дубильными веществами, образуют осадок и вызывают помутнение. Пектиновые вещества используют также в питании человека в качестве лечебно-профилактического средства. Они легко образуют коллоидные растворы, обладающие обволакивающими свойствами, благодаря чему способствуют заживлению язвы желудка или кишечника. Кроме этого пектиновые вещества способны выводить из организма человека соли тяжелых металлов, положительно влияют при радиоактивном поражении организма.

**Органические кислоты.** Органические кислоты могут находиться в составе плодов и овощей как в свободном, так и связанном состоянии. Но даже незначительные количества органических кислот могут оказывать существенное влияние на вкус, цвет и аромат плодов и овощей. В плодах и овощах содержатся яблочная, лимонная и винная кислоты, а в некоторых еще салициловая, бензойная и другие кислоты. Салициловая кислота содержится в малине, землянике, вишне, она обладает жаропонижающими свойствами, поэтому ягоды малины издавна применяют в народной медицине при лечении простудных заболеваний. Бензойная кислота содержится в бруснике и клюкве, обладает антисептическими свойствами, т. е. препятствует развитию микроорганизмов. В не-

которых плодах и овощах в очень незначительных количествах встречаются кофейная, хинная и хлорогеновая кислоты.

Свежие плоды и овощи всегда имеют кислую реакцию среды ( $\text{pH} < 7,0$ ). В зависимости от величины  $\text{pH}$  различают высококислотное ( $\text{pH} 2,5 \dots 5,5$ ) и низкокислотное ( $\text{pH} 5,5 \dots 6,5$ ) растительное сырье. К первой группе относятся плоды семечковых, косточковых, цитрусовых растений и ягоды, а из овощей — томаты, щавель, ревень. Большинство овощей (бобовые культуры, капустные овощи, корнеплоды, баклажаны, перец, тыквенные овощи), кукуруза, шпинат, спаржа и некоторые сорта груш относятся к низкокислотному сырью.

**Гликозиды и алкалоиды.** Гликозиды присутствуют во многих растениях и часто обуславливают их специфический вкус и аромат. **А м и г д а л и н** — гликозид, который содержится в семенах косточковых и семечковых плодов. В отдельных видах количество его может достигать нескольких процентов. Так, в семенах горького миндаля его 2,5...3,0%, сливы — 0,9...2,5, вишни — 1,3...2,4%. Под действием фермента эмульсина или при кислотном гидролизе амигдалин распадается на глюкозу, бензойный альдегид и синильную кислоту (яд). Поэтому горьким миндалем можно отравиться. **Ва к ц и н и и н** — гликозид, который содержится в бруснике и клюкве вместе с бензойной кислотой. Он обеспечивает высокую устойчивость этих ягод к действию микроорганизмов, благодаря чему брусничный и клюквенный соки не сбраживают. **Со л а н и н** содержится во многих растениях семейства Пасленовые. В значительном количестве он присутствует в баклажанах, незрелых томатах и картофеле. При хранении клубней картофеля на свету (при их позеленении) резко возрастает содержание соланина. Употребление в пищу зеленых клубней может привести к отравлению. **А л к а л о и д ы** — азотсодержащие растительные вещества, которые оказывают сильное физиологическое действие на организм человека. В плодах и овощах такие соединения встречаются довольно редко. К ним относятся кофеин, теобромин и никотин. **Д у б и л ь н ы е в е щ е с т в а** в овощах практически отсутствуют, в плодах и ягодах их содержание колеблется от 0,02% — в абрикосах и персиках до 1,7% — в рябине и терне. Несмотря на то что количество их невелико, они придают характерный терпкий вяжущий вкус плодово-ягодной продукции. Так как дубильные вещества образуют с солями железа черно-синее и черно-зеленое окрашивание, нельзя допускать контакта мякоти и сока плодов с металлами. Разрезанные плоды из-за окисления дубильных веществ и образования темноокрашенных соединений могут темнеть. Для предотвращения этого недостатка необходимо обработать плоды соответствующим образом (нагреванием или окуриванием сернистым газом). Дубильные вещества играют положительную роль при производстве соков, осаждая белковые и другие вещества коллоидной природы и способствуя их осветлению.

**Эфирные масла.** Это жирорастворимые летучие соединения, придающие аромат плодам и овощам. Их содержание возрастает по мере роста и созревания плодов. Эфирные масла используют в парфюмерной, пищевой и кондитерской промышленности в качестве ароматических добавок. В плодах citrusовых (лимоны, мандарины) и пряных овощах (лук, чеснок, редька, сельдерей, петрушка, укроп, хрен и др.) их содержание значительное. При повреждении луковичек чеснока и лука образуется аллицин — маслянистая жидкость со специфическим запахом, обладающая бактерицидными свойствами.

**Пигменты.** Некоторые пигменты плодовоовощной продукции водорастворимы, например, антоцианы содержатся в клеточном соке и в значительной мере обуславливают окраску плодов, ягод и овощей. Цвет антоцианов меняется в зависимости от pH среды, наличия ионов металлов и других условий. При консервировании плодов и ягод необходимо особое внимание уделять соблюдению условий переработки, чтобы избежать нежелательного изменения цвета. Например, в присутствии олова антоцианы придают сиропам и плодам фиолетовые и черные оттенки. Такие консервы бракуют. Нежелательные изменения окраски вызывают также и другие металлы, например железо, медь, цинк. Антоцианы черешни, вишни, земляники при нагревании и хранении изменяют свой цвет, поэтому консервы из них, расфасованные в стеклянную тару, следует хранить в темном помещении. Кроме водорастворимых пигментов в плодах и овощах присутствуют жирорастворимые пигменты. Вместе с антоцианами они обуславливают изменение окраски наружных зон и покровных тканей. Наиболее распространенные среди них: хлорофилл, каротин, ксантофилл и ликопин. Хлорофилл находится в хлоропластах и определяет зеленый цвет сочной продукции. По мере созревания продукции содержание хлорофилла уменьшается, а содержание каротиноидов возрастает. Происходят взаимные превращения пигментов. При созревании некоторых плодов и овощей их окраска меняется от зеленых и бело-зеленых тонов до желтых и оранжевых. Изменение цвета продукции при консервировании и кулинарной обработке также связано с превращениями хлорофилла.

Каротин ( $\beta$ -каротин) обуславливает оранжевую окраску моркови, абрикосов, персиков. Он содержится также в листовых овощах, где его присутствие маскируется хлорофиллом. Ксантофилл — желтый пигмент, содержится в кожуре citrusовых, желтозерной кукурузе. Ликопин — красно-оранжевый пигмент, содержится в плодах томатов и шиповника.

**Воски и жиры.** Воски — жироподобные вещества, покрывают поверхность плодов и листьев, выполняют защитную функцию, предохраняя органы растений от испарения влаги, внедрения болезнетворных организмов, проникновения излишнего количества воды. Все воски химически устойчивы, не растворяются в воде и

растворяются в растворах щелочей при нагревании. Это свойство широко используется при сушке слив, винограда и др. Продукт, обработанный в горячей щелочи, быстрее высыхает, так как нарушается целостность воскового налета, на кожице образуются трещинки — сеточка, благодаря чему влага испаряется быстрее. Жиры в мякоти плодов и овощей практически отсутствуют. Они в основном сопутствуют воскам, покрывающим поверхность. В ядрах семян косточковых и бахчевых культур количество жиров весьма значительно и составляет от 20 до 60 %. Поэтому семена этих культур используют для получения масел. Особый интерес представляет облепиховое масло. В плодах облепихи его содержится от 2,5 до 8 %, а в семенах — от 10 до 12 %. Масло из плодов облепихи — важный источник витаминов, в нем содержится значительное количество каротина и витамина Е.

**Витамины.** Многие витамины синтезируются только в растениях. Поэтому плоды и овощи являются необходимой и незаменимой частью пищевого рациона человека.

Из водорастворимых витаминов в плодах и овощах присутствуют витамины группы В: В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>. Особенно богаты витаминами груши, персики, томаты, морковь, свекла, цветная капуста и шпинат. Витамин В<sub>3</sub> в значительных количествах присутствует в зеленных овощах, В<sub>5</sub> (РР), В<sub>6</sub> — в моркови, свекле, горохе, картофеле; В<sub>9</sub> — в салате и капусте. Наиболее богаты витамином С шиповник, сладкий перец, черная, белая и красная смородина, облепиха, земляника, лимон, апельсин, капуста, шпинат, молодая картофель, зеленый лук, горошек и другие плоды и овощи. На содержание витамина С в пищевых продуктах значительное влияние оказывают условия хранения и вид кулинарной обработки плодов и овощей. При различных способах термического консервирования плодовоовощной продукции значительное количество аскорбиновой кислоты разрушается, особенно в присутствии кислорода и на свету, в контакте с металлом. Поэтому при консервировании не следует использовать металлическую и неюкрытую лаком посуду. Особенно велики потери (до 70 %) витамина при сушке. Наилучшим образом витамин С сохраняется при быстром замораживании и последующем хранении плодов, овощей и ягод при отрицательной температуре. В таких продуктах сохраняется до 90 % первоначального содержания витамина С.

Из жирорастворимых витаминов в плодах и овощах содержится провитамин А — каротин. Наиболее богаты каротином морковь, томаты, абрикосы, персики, тыква, рябина, шиповник, шпинат, салат, петрушка и укроп. Каротин довольно термоустойчив и хорошо сохраняется при консервировании продуктов. Продукты, содержащие каротин, желательно подвергать горячей кулинарной обработке в присутствии жиров. При этом каротин растворяется в жире и значительно лучше усваивается организмом.

Витамин Е (токоферол) содержится в облепихе, салате и других зеленных и капустных овощах. Токоферолы обладают высокой устойчивостью и не разрушаются при нагревании и под действием ультрафиолетовых лучей. Зная свойства витаминов, можно в той или иной степени снизить их потери при различных видах технологической обработки. Такие приемы, как правильная механическая обработка сырья, замена воды паром, снижение температуры обработки, исключение контакта со светом, с металлами, кислородом воздуха, позволяют максимально сохранить витамины — биологически активные вещества, необходимые нашему организму.

**Минеральные вещества.** В растительной ткани помимо органических соединений содержатся также минеральные вещества. Они имеют большое физиологическое значение и являются необходимыми составными элементами пищи. Большинство плодов и овощей имеет зольность от 0,25 до 2,5 %.

Минеральные вещества плодов и овощей имеют щелочную реакцию, в то время как минеральные вещества зерновых и животных продуктов питания отличаются кислой реакцией. Щелочно-кислотное равновесие крови и тканевых жидкостей в организме человека должно находиться в пределах нейтральной реакции, только в этом случае обеспечиваются нормальное здоровье и работоспособность. Если в рационе питания недостаток плодов и овощей и преобладают продукты с кислой реакцией, у человека может ослабляться иммунитет и падает работоспособность. Плодоовощная продукция богата солями калия (тыква, кабачки, арбузы, яблоки), кобальта (свекла, клубника, красная смородина), иода (фейхоа), железа (зеленные и капустные овощи, редька, томаты, земляника) и др.

### 35.3. АССОРТИМЕНТ ПЛОДОВООЩНЫХ КОНСЕРВОВ

Консервы, получаемые из различных видов плодов и овощей, разнообразны по своему назначению, обладают различными вкусовыми свойствами и пищевой ценностью. Они могут быть использованы в пищу без какой-либо обработки, после дополнительной кулинарной обработки или служить сырьем для последующей переработки, например сульфитированные плодово-ягодные продукты. Качество готовых консервов должно отвечать требованиям соответствующих стандартов или технических условий. На основании стандартов разрабатываются технологические инструкции по производству тех или иных видов консервов. В этих документах строго регламентированы требования, предъявляемые к качеству сырья и других материалов, показатели качества готового продукта, указаны методы испытаний качества, правила приемки и хранения продукции. Технологический и бактериологический контроль производства на предприятии возложен на лабораторию, которая оформляет качественное удостоверение на готовую продукцию, контролирует качество исходного сырья и

материалов, соблюдение рецептур, технологических режимов производства, санитарных правил на всех его стадиях, режимы хранения продукции на складах, качество оформления и упаковки. На консервных предприятиях из овощей получают следующие виды консервов: овощные натуральные консервы, маринады из овощей, овощные закусочные консервы, овощные соки, обеденные блюда и полуфабрикаты для общественного питания, концентрированные томатные продукты, томатные соусы, квашеные и соленые овощи, из плодов и ягод — компоты, соки, пюре, соусы, маринады, сульфитированные плодово-ягодные продукты, желе, повидло, джем, конфитюр и варенье. Продукты детского питания, диетические продукты и продукты специального назначения готовят как из овощей, так и из различных видов плодов и ягод.

#### **35.4. СБОР, ДОСТАВКА, ПРИЕМ И ХРАНЕНИЕ СЫРЬЯ**

Сбор плодов и овощей может осуществляться как вручную, так и механизированным способом. Необходимым условием для эффективной механизированной уборки является использование специальных сортов плодовых культур с компактным расположением плодов, одновременно созревающих и легко отделяющихся от материнского растения. Технические сорта винограда, некоторые ягоды, плоды с плотной структурой убирают машинами, работающими по принципу встряхивания. Плоды сбрасывают с деревьев, помещая под дерево брезентовый поддон. Основная цель при сборе урожая — сохранить целостность тканей, не допустить механических ударов, приводящих впоследствии к повреждению кожицы и появлению пятен, вытеканию сока, потере сухих веществ. Сырье, предназначенное для консервирования, доставляют на консервные предприятия в основном автотранспортом. Для транспортирования используют ящики различной вместимости, решетчатые контейнеры, картонные коробки, лотки, полиэтиленовые пакеты, тканевые мешки и другую тару, предохраняющую плоды и овощи от механических повреждений. Размер тары и материал, из которого она изготовлена, выбирают с учетом свойств перевозимого сырья. При транспортировании ящики с сырьем массой 16...20 кг устанавливают на деревянные поддоны, которые подают на автомобиль или снимают с него при помощи автопогрузчика с вилочным захватом. Для перевозки овощей используют специальные контейнеры, состоящие из отдельных секций вместимостью от 300 кг до 1 т. Овощи и плоды с легкоповреждаемыми тканями перевозят на стеллажах в самосвалах. Фасоль, сахарную кукурузу, шпинат, тыкву, цветную капусту перевозят в корзинах — поддонах вместимостью около 1 т и т. д. Тара, используемая для транспортирования сырья, должна проходить тщательную санитарную обработку. При приемке качество плодов и овощей определяют по специальным ГОСТам с использованием экспресс-ана-

лизов. Сырье хранят на крытых сырьевых площадках, в сухом, хорошо вентилируемом помещении с цементным или асфальтовым покрытием или в холодильных помещениях. Сроки хранения сырья определяются его физиологическими особенностями, способностью сопротивляться инфекции и дозревать в процессе хранения. Большую роль играет так называемая *инфекционная нагрузка*, т. е. степень зараженности сырья микроорганизмами. Сырье хранят обычно в той таре, в которой оно прибыло на переработку. Ящики устанавливают в штабеля высотой до 2 м, ящичные поддоны и контейнеры — в три яруса. Для циркуляции воздуха между штабелями оставляют расстояние не менее 10 см. Размеры сырьевой площадки определяются часовой производительностью цеха по переработке данного вида сырья. На длительное хранение закладывают сырье после сортирования, просушки и отбора поврежденных экземпляров, которые хранят россыпью в закромах или навалом по всей площади хранилища. Некоторые виды сырья хранят в таре — ящиках, ящичных поддонах и контейнерах.

### **35.5. ОБЩИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ КОНСЕРВИРОВАНИИ ПЛОДОВ И ОВОЩЕЙ**

Плоды и овощи, поступающие на консервирование, проходят следующие подготовительные стадии: мойку, инспекцию, сортирование и калибрование, очистку и измельчение, предварительную тепловую обработку. Последовательность проведения указанных стадий может меняться. Так, если поступает очень загрязненное сырье, например свекла, морковь и др., его сначала моют, а затем инспектируют и сортируют. Плоды, поступающие для производства компотов, сначала сортируют и калибруют, а затем направляют на мойку.

**Мойка сырья.** Мойка сырья играет важную роль, так как в процессе мойки с поверхности сырья удаляются остатки земли, следы ядохимикатов, снижается обсемененность сырья микроорганизмами. В зависимости от вида сырья используют различные типы моечных машин. Например, зеленый горошек моют во флотационной моечной машине, в которой отделяются легковесные и раздробленные зерна и легкие примеси. Тяжелые примеси оседают на дно. Бобы фасоли моют в вентиляторных или встряхивающих машинах; початки кукурузы — в ротационной конусной моечной машине, в барабан которой подают воду под давлением 200...300 кПа. Томаты, баклажаны, кабачки, перец моют последовательно в элеваторной и вентиляторной моечных машинах, а затем инспектируют на транспортере. Свеклу моют последовательно в барабанной и вибрационной моечных машинах, а при сильном загрязнении предварительно обрабатывают в лопастной моечной машине. Зелень (шпинат, салат и др.) моют под душем под давлением воды в водопроводе



200...300 кПа. Косточковые плоды моют в вентиляторных или моечно-встряхивающих машинах, ягоды — под душем.

Вода, применяемая при производстве консервов, должна удовлетворять всем требованиям ГОСТа, предъявляемым к питьевой воде. Она должна быть прозрачной, бесцветной, обладать приятным вкусом, не иметь запаха. Вода не должна содержать болезнетворных микробов, общее количество бактерий в 1 см<sup>3</sup> воды не должно превышать 100. Титр кишечной палочки (коли-титр) должен быть не менее 300. В воде не должно быть токсичных для человека веществ, в том числе аммиака и сероводорода. Большое значение для технологических целей имеет показатель жесткости воды. Общая жесткость воды должна быть не более 7 мг · экв/л.

**Инспекция, сортирование и калибрование.** Большое влияние на получение высококачественных консервов оказывает однородность сырья по размерам, цвету и степени зрелости. От этого зависят выбор технологического режима обработки сырья и качество готовой продукции. Процесс, при котором отбирают гнилые, битые плоды и посторонние примеси, называется *инспекцией*. Инспекция — важный технологический процесс, в результате которого удаляется сырье, легко подвергаемое порче и ухудшающее качество готовой продукции. Инспекцию проводят на ленточных транспортерах, движущихся со скоростью 0,05...0,1 м/с, и сочетают с сортированием, в процессе которого плоды разделяют на фракции по цвету и степени зрелости. Процесс разделения сырья на однородные по размерам партии называют *калиброванием*. Например, зеленый горошек калибруют либо по размерам, либо по плотности в зависимости от сорта. Оба способа позволяют разделить зерна по содержанию крахмала, которое должно быть минимальным. Томаты сортируют по размерам и степени зрелости. Калибрование, предусматривающее сортирование сырья по размерам, позволяет механизировать операции по очистке, резке, фаршированию овощей, регулировать режимы стерилизации, сократить отходы сырья при чистке и резке, улучшить качество готовой продукции. На консервных заводах используют различные типы калибровочных машин: тросовые, валковые, дисковые, шнековые и др. Барабанные калибраторы применяют для плодов и овощей круглой формы (зеленый горошек, картофель и др.); тросовые — для слив, вишен, абрикосов, моркови, огурцов; валиколенточные — для яблок, томатов, лука и огурцов.

**Очистка и измельчение сырья.** Плоды и овощи очищают, удаляя несъедобные части — плодоножки плодов, чашелистики ягод, гребни винограда, кожуру с некоторых видов сырья, семенные камеры и т. д. Очистка — одна из самых трудоемких операций. Ее осуществляют разными способами в зависимости от физиологических особенностей сырья и целей переработки. Так, зеленый горошек очищают от примесей на зерновом сепараторе с системой сит, совершающих колебательное движение. Корнеплоды и клуб-

неплоды очищают от кожицы механическим способом, используя машины с терочной поверхностью, или термическим, при котором на сырье оказывают комбинированное воздействие паром (0,3...0,5 МПа) и температурой (140...180 °С), в результате которого в моечно-очистительных машинах удаляется слой кожицы толщиной 1...2 мм. В некоторых случаях на поверхностный слой плодов и овощей наносят раствор горячей каустической соды различной концентрации. В результате химического воздействия происходит гидролиз протопектина, который находится под кожицей плода, образуется растворимый пектин. Под воздействием щелочи пектин омыляется с образованием натриевых солей пектиновых кислот и метанола, происходит дальнейшая деградация полимеров галактуроновых кислот. Аналогичные процессы идут и в клетках самой кожицы. В результате она отделяется от мякоти плодов и смывается под струями воды. При производстве многих видов консервов сырье приходится измельчать. Степень измельчения определяет в дальнейшем интенсивность других технологических операций и качество продукта. Так, тонкое измельчение плодов позволяет увеличить выход сока при прессовании, но наличие большого количества мелких частиц затрудняет его отделение от мякоти. Плоды и овощи измельчают по-разному. Корнеплоды и картофель режут на брусочки и кубики, кабачки и баклажаны — на кусочки или кружочки, капусту шинкуют и т. д. Эти операции выполняют на специальных машинах, у которых ножи располагаются в одной плоскости (шинковальные) либо в двух взаимно перпендикулярных плоскостях (для резки на брусочки). Для измельчения сырья в пюреобразную массу используют дробилки, дисковые гомогенизаторы, протирочные машины и т. д. Косточки, плодоножки и семена удаляют на специальных машинах, вручную производят только процесс доочистки.

**Предварительная тепловая обработка сырья.** После мойки, очистки, измельчения или резки сырье, как правило, подвергают *бланшированию* — кратковременной тепловой обработке паром, водой или водными растворами солей, сахара или органических кислот. Цель бланширования — инактивировать ферменты растительных тканей, в первую очередь окислительно-восстановительного комплекса, снизить обсемененность продукта микроорганизмами, удалить частично воздух из тканей сырья, а также вещества, придающие ему нежелательный вкус или запах. Бланширование способствует сохранению цвета продукта, улучшает его консистенцию и вкус, повышает проницаемость клеток тканей плодов и овощей, что облегчает последующее извлечение сока или пропитывание их сахарным сиропом. Для предотвращения потерь растворимых в воде ценных компонентов сырье чаще всего бланшируют паром. Для предотвращения потемнения тканей семечковые плоды (яблоки, груши) бланшируют в воде, подкисленной лимонной кислотой (0,1...0,2%-й раствор), что позволяет не только ус-

корить инактивацию ферментов, но и предотвратить окисление фенольных соединений за счет действия кислорода воздуха. Для предупреждения разваривания плодов, особенно кислых, их рекомендуется бланшировать в 35%-м растворе сахарозы при температуре 80...90 °С в течение 4...5 мин. Тепловые аппараты, предназначенные для предварительной обработки сырья, в зависимости от способа и цели нагревания продукта классифицируют на бланширователи, шпарители и подогреватели. Аппараты каждой из этих групп подразделяют на аппараты периодического и непрерывного действия. Они работают при атмосферном давлении, вакууме и избыточном давлении, могут быть снабжены нагревательной камерой и барботерами.

Для сладкого перца, зеленого горошка, капусты, картофеля, яблоч используют водяные и паровые ленточные бланширователи, для других видов сырья — ковшовые, барабанные, шнековые и карусельные бланширователи.

В отдельных технологических схемах для разрушения структуры тканей и облегчения протираания продукта плодоовощное сырье предварительно разваривают в кипящей воде или паром. Процесс разваривания применяют при производстве фруктового или овощного пюре, соков с мякотью, повидла, консервов для детского или диетического питания. Для этих целей используют шнековые и шахтные шпарители (открытые и закрытые) или установки непрерывного действия. Продолжительность разваривания 15...25 мин при температуре 100...110 °С в зависимости от вида сырья, сорта, степени зрелости, размеров и т. д. В консервном производстве часто используют подогрев жидких и пюреобразных продуктов; так, в производстве томатного сока и пюре подогрев помогает размягчить ткани, легче удалить кожицу и семена, снизить отходы за счет перехода части протопектина в растворимый пектин. Предварительный подогрев способствует удалению воздуха из тканей, предотвращая тем самым образование пены в дальнейших операциях, инактивирует ферменты, удаляет часть микрофлоры, обеспечивает более быстрое закипание продукта в выпарных аппаратах. В зависимости от вида продукта и цели подогрев проводят при 85...125 °С в течение различного времени. Для продуктов с низким значением рН, расфасованных в стерильную тару, подогрев может заменять процесс стерилизации. При производстве закусовых консервов, некоторых полуфабрикатов для общественного питания и др. предусмотрены процессы обжаривания овощей или пассерование. Обжаривание придает овощам специфический вкус и золотистый цвет, повышает их калорийность. Масса сырья при этом уменьшается на 30...50 %, овощи впитывают от 4 до 27 % масла (к массе обжариваемого продукта) в зависимости от их вида. Температура масла при обжаривании 120...150 °С. Продолжительность обжаривания зависит от вида и размера продукта, количества удаляемой влаги, температуры, мас-

сы, поверхности нагрева. Продолжительность обжаривания овощей в паромасляных печах составляет от 5 до 20 мин.

**Пассерование овощей** — это легкое непродолжительное обжаривание при температуре 120...140 °С. Потери массы при пассеровании не должны превышать 30 %. Обжаривание и пассерование проводят в растительном масле или животном жире. При пассеровании в продукте происходят различные процессы: выделение и удаление влаги, денатурация белка, клейстеризация крахмала, карамелизация сахаров и т. д., от которых зависят качество продукта, его цвет, вкус и аромат и т. д. Для обжаривания используют паромасляные печи, в которых в качестве теплоносителя используют насыщенный водяной пар.

**Протирание, гомогенизация, деаэрация.** При получении концентрированных томатопродуктов, соков с мякотью, продуктов детского питания для получения тонкоизмельченной однородной массы и отделения кожицы и семян дробленое и подогретое сырье протирают на протирочных машинах. Подогрев продукта до 75...90 °С позволяет перевести частично нерастворимый протопектин в растворимый, инактивировать ферменты и подавить жизнедеятельность микроорганизмов. Для протирания последовательно включают 2...3 протирочные машины, которые состоят из барабанов с ситами и бичей. В некоторых случаях для улучшения качества пюреобразной продукции и предотвращения ее расслаивания проводят гомогенизацию, превращающую продукт в тонкодисперсную массу с размером частиц 20...30 мкм. Чтобы избежать изменения цвета и потерь ценных компонентов в результате действия окислительно-восстановительных ферментов, из продукта удаляют воздух (деаэрация). Деаэратор представляет собой вертикальный цилиндр, внутри которого находится второй цилиндр, изготовленный из перфорированных листов. Сок разбрызгивается форсунками в виде мелких капель, внутри цилиндра создается вакуум, происходит интенсивное удаление кислорода.

**Концентрирование жидких и пюреобразных продуктов.** При производстве повидла, джема, концентратов соков и других продуктов с целью концентрирования сухих веществ из продукта удаляют влагу. Это дает возможность сократить объем жидких полуфабрикатов или получить готовый консервированный продукт. При этом увеличивается плотность продукта, возрастает его вязкость, идет гидролиз сложных органических веществ и реакция меланоидинообразования. Меняются цвет, вкус, аромат продукта. Выпаривание ведут в выпарном аппарате или многокорпусной установке под вакуумом при температуре кипения продукта 75...80 °С. Соки можно концентрировать вымораживанием (криоконцентрирование) при температуре минус 10 ... минус 12 °С. При этом вода выкристаллизовывается в виде чистого льда и удаляется, остается лишь концентрированный раствор. Этот способ позволяет концентрировать до 40...55 % сухих веществ, сохраняя качество про-

дукта. Установки по вымораживанию влаги состоят из кристаллизатора, в котором происходит образование кристаллов льда, и центрифуг для отделения концентрата сока от кристаллов льда. К современным способам концентрирования можно отнести также способ обратного осмоса, основанный на способности специальных селективных мембран пропускать только воду, задерживая сухие вещества, имеющие небольшую молекулярную массу. Если мембраны пропускают молекулы сравнительно большого размера, процесс называется *ультрафильтрацией*. Обратный осмос проводят при высоком давлении, которое для соков с содержанием сухих веществ 10...12 % равно 1,4...1,6 МПа, а для яблочного концентрата, содержащего 40 % сухих веществ, — 9 МПа.

### 35.6. ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА МИКРОФЛОРУ ПРОДУКТОВ

Порча пищевых продуктов, в частности плодов и овощей, вызвана главным образом действием микроорганизмов (гниение, брожение). Плоды и овощи содержат большое количество влаги и питательных веществ (сахара, азотистые, пектиновые вещества и др.) и являются хорошей питательной средой для микробов. В ряде случаев, когда созданы условия, при которых микробы отсутствуют, а ферменты в процессе технологической обработки остались неповрежденными, плоды и овощи или полученные из них продукты могут испортиться и при отсутствии микробов в силу различных биохимических процессов, свойственных самим продуктам и протекающих при обязательном участии ферментов. Таким образом, для того чтобы надежно предохранить плоды и овощи или консервы от порчи, необходимо создать такие условия хранения либо так изменить их свойства, чтобы попавшие в них микробы были уничтожены или не могли развиваться, а ферменты, регулирующие биохимические процессы, были инактивированы.

Выбор способа консервирования всегда связан с воздействием на микрофлору продукта. В зависимости от требуемой конечной цели он может вызвать полный стерилизующий эффект или частично подавить микрофлору. Способы воздействия на микрофлору пищевых продуктов основаны на том или ином принципе консервирования или их комбинации.

В основу всех способов предохранения плодов и овощей от порчи положена биологическая особенность растительного сырья: плоды и овощи как живые организмы обладают естественным иммунитетом к различным заболеваниям. Они защищены от всякого рода внешних воздействий. Во-первых, в кожице или под кожицей почти всегда содержатся эфирные масла и некоторые другие летучие вещества бактерицидного действия, действующие губительно на микроорганизмы. От проникновения микробов внутрь плодов предохраняет кожица, довольно прочная и относительно

толстая, зачастую покрытая восковидным налетом, инертным в химическом отношении и плохо поддающимся воздействию микробов. Проникнуть внутрь клетки микробам мешает протопектин. Этот барьер может быть нарушен под воздействием пектолитических ферментов, в результате которого протопектин гидролизуется до растворимой формы — гидратопектина, плоды размягчаются и теряют свой товарный вид. Следующим барьером является клеточная оболочка, в состав которой входят целлюлоза и протопектин. Наконец, под клеточной оболочкой находится цитоплазматическая мембрана, которая при определенном воздействии также разрушается. Повреждение цитоплазматической мембраны ведет к гибели плодовой клетки, а находящийся в ней сок становится питательной средой для микробов. Таким образом, пока плоды и овощи живут, они во многом сами себя защищают от воздействия микроорганизмов без вмешательства человека. Необходимо учитывать, что растительное сырье — это живые органы растений, которые отделены от самого растения, и поэтому поступление в них питательных веществ прекращено. Протекающие в сырье биохимические процессы приводят к потреблению питательных веществ, запасы их истощаются без возобновления, масса растительного сырья уменьшается, теряется его пищевая ценность.

Регулирование биологических процессов, протекающих в сырье и микроорганизмах, положено в основу всех существующих методов консервирования. Используя биологические принципы, положенные в основу классификации профессора Я. Я. Никитинского, все методы консервирования можно разделить на три основные группы: методы, основанные на принципе биолиза, т. е. на поддержании жизненных процессов в сырье и использовании его естественного иммунитета; методы, основанные на принципе анабиоза, т. е. на замедлении, подавлении жизнедеятельности микроорганизмов в растительном сырье при помощи различных физических, химических и биологических факторов, и методы, основанные на принципе абиоза, т. е. на полном прекращении всех жизненных процессов как в сырье, так и в микроорганизмах. Ни один из принципов, положенных в основу этой классификации, не может быть осуществлен на практике в чистом виде. Чаще всего те или иные методы консервирования основаны на смешанных принципах. Так, например, в первой группе методов, основанных на принципе биолиза, встречаются элементы второй группы, которые характеризуются не поддержанием, а подавлением жизненных процессов. Точно так же в группе анабиотических методов можно различить признаки абиоза. И наконец, в группе методов, основанных на принципе абиоза, всегда присутствуют элементы анабиоза. Однако в каждой из групп всегда преобладает какой-либо один принцип, поэтому классификация Я. Я. Никитинского представляет несомненный интерес и помогает лучше понять сущность методов консервирования.

*Биоз* не является методом консервирования в обычном понимании, а служит лишь системой мер, обеспечивающих поддержание всех жизненно важных процессов в сырье и использование его естественного иммунитета. Фрукты и овощи в свежем виде хранят без какой-либо специальной обработки. Предпринимают лишь меры, направленные на поддержание нормальных жизненных процессов и некоторое ограничение их интенсивности, с тем чтобы уменьшить расход питательных веществ за счет дыхания и снизить потери массы за счет испарения влаги, путем создания оптимального режима хранения. Перед укладкой сырья на хранение прежде всего отбраковывают испорченные экземпляры и сырье размешают так, чтобы не был затруднен доступ воздуха к отдельным плодам, иначе процесс нормального (аэробного) дыхания нарушится и наступит анаэробное дыхание, заключающееся в бескислородном разложении сахаров на спирт и диоксид углерода. Образующийся спирт является ядом для цитоплазмы, он отравляет растительные клетки и приводит их к гибели. Интенсивность процессов дыхания и испарения влаги сильно возрастет с повышением температуры. Поэтому нельзя хранить сырье под открытым небом или в помещении, куда проникают прямые солнечные лучи или теплота. Скорость испарения влаги зависит во многом от влажности окружающего воздуха. При слишком большой сухости воздуха могут возникнуть излишние потери влаги, в результате чего произойдет усушка плодов. Накопление в атмосфере склада очень большого количества углекислоты, образовавшейся в процессе дыхания плодов, также нежелательно, так как нормальное дыхание сырья прекращается. Поэтому следят не только за влажностью атмосферы, но и за ее газовым составом. Наконец, поддержание нормальных жизненных процессов в сырье требует создания условий, при которых сырье как можно меньше бы соприкасалось с возбудителями порчи. Для этого хранилища необходимо содержать в чистоте, а плоды в отдельных случаях завертывать в бумагу. В консервном производстве принцип биоза используется не как самостоятельный метод консервирования, а как способ кратковременного хранения сырья на сырьевых площадках, где сырье хранят только до переработки в течение нескольких суток.

Под *анабиозом* понимают приведение сырья в состояние, при котором резко замедляются все биологические процессы, слабо протекают обменные процессы в клетках, приостанавливается деятельность микроорганизмов и вредителей. Но при изменении условий хранения все эти процессы вновь активизируются. На этом принципе основан ряд способов консервирования: хранение в охлажденном состоянии; замораживание продукта; создание высокого осмотического давления в среде; сушка (частичное или полное обезвоживание продукта); хранение в регулируемой газовой среде; маринование, квашение, спиртование и др.

**Хранение в охлажденном состоянии** (психроанабиоз). Достигается путем охлаждения сырья или продуктов его переработки до температуры не ниже минус 1 ... минус 3 °С. Такой режим хранения способствует значительному замедлению биохимических процессов, протекающих в растительном сырье, а также снижению активности микроорганизмов. С понижением температуры скорость дыхания сильно замедляется, а продолжительность хранения плодов возрастает. Способ холодного хранения дает возможность сохранить сырье при минимальном изменении его натуральных свойств в течение нескольких недель.

**Замораживание** (криоанабиоз). Предусматривает охлаждение сырья и продуктов до температуры, значительно более низкой, чем температура замерзания. Замороженные пищевые продукты и сырье можно хранить в течение многих месяцев, т. е. значительно дольше, чем при использовании умеренных пониженных температур. Это объясняется тем, что в замороженных пищевых продуктах вода превращена в лед и микроорганизмы, питание которых происходит осмотическим путем, прекращают свою жизнедеятельность. Замораживание целесообразно вести при температуре минус 18 ... минус 20 °С, так как при этой температуре образуются мельчайшие кристаллики льда, которые не травмируют клетки продукта, и при размораживании он сохраняет свои товарные свойства. Так как температура замерзания многих видов сырья и пищевых продуктов ниже минус 2 °С, очевидно, что при минус 18 °С подавляющее количество влаги в любых пищевых продуктах вымерзает. При этом сами плоды и овощи как живой организм погибают, а микроорганизмы, присутствующие в них, переходят в состояние анабиоза. Причинами гибели растительной клетки при замораживании являются: непосредственное воздействие низкой температуры; обезвоживание цитоплазмы в процессе образования льда; механическое давление льда на обезвоженную цитоплазму, вызывающее разрушение ткани цитоплазменной мембраны, коагуляцию составляющих ее коллоидов и, как следствие, необратимое увеличение клеточной проницаемости.

Живые объекты, например сухие семена растений, которые содержат небольшое количество воды, выдерживают, не погибая, очень низкие температуры. Многие вегетативные формы микроорганизмов погибают при низких температурах, споры же, содержащие гораздо меньше свободной влаги, выживают, впадая лишь в анабиотическое состояние. Низкая температура, отсутствие капельно-жидкой влаги мешают осуществлению осмотического питания микроорганизмов и замедляют биохимические реакции в клетке. Поэтому пищевые продукты могут сохраняться в замороженном виде длительное время, в течение нескольких месяцев. Осложняет и сдерживает широкое применение метода замораживания тот факт, что, однажды заморозив пищевые продукты до минус 18 °С, следует поддерживать эту температуру до тех пор,



пока продукт не попадет на стол к потребителю. Стоит повысить температуру замороженного пищевого продукта хотя бы до минус 10 °С, как микроорганизмы возвращаются к нормальной жизнедеятельности, которую уже не остановить повторным снижением температуры до минус 18 °С.

В замороженных плодах и овощах протекают некоторые химические изменения: происходит инверсия сахарозы, повышается кислотность, снижается количество дубильных веществ, что в ряде случаев улучшает качество продукта из-за снижения терпкости и улучшения естественного аромата плодов. Иногда, для того чтобы сохранить консистенцию нежных видов растительного сырья, замораживание осуществляют в крепком сахарном сиропе (30...60%-й концентрации). Температура замерзания плодов при этом снижается и образуется меньшее количество льда, травмирующего клетки. Недостатком способа является некоторое сморщивание плодов из-за осмотического удаления из них влаги и их излишняя сладость.

Таким образом, замораживание позволяет сохранять сырье и пищевые продукты в течение более длительного времени, чем хранение в охлажденном состоянии, однако качество замороженного сырья в ряде случаев снижается.

**Консервирование с помощью повышения осмотического давления в среде.** Высокие концентрации осмотических веществ способствуют плазмолизу растительных микробных клеток, в результате чего микроорганизмы впадают в анабиотическое состояние (осмоанабиоз) и теряют способность портить пищевые продукты. В качестве осмотических веществ для консервирования пищевых продуктов применяют сахар и соль. Чтобы надежно сохранить пищевые продукты этим способом, следует вызвать стойкий плазмолиз микробных клеток, который достигается при концентрации сахара не менее 60...70 % (варка варенья, джема, повидла) и соли — 10...12 % (соленье продуктов). Принцип анабиоза в этом случае состоит в том, что микроорганизмы, которые могут попасть в готовую продукцию при ее хранении, не смогут там развиваться из-за высокого осмотического давления в окружающей среде. Полной гарантии долгосрочного хранения пищевых продуктов этот способ не дает, поэтому консервирующее действие сахара часто дополняют пастеризацией продуктов, расфасованных в герметичную тару.

**Сушка (ксероанабиоз).** Этот способ консервирования также приводит к анабиозу микроорганизмов. Минимум влажности, при котором возможно развитие бактерий, составляет 25...30 %, плесневых грибов — 10...15 %. Попадая в сухую среду, микробные клетки осмотически отдают свою влагу, происходит плазмолиз клетки. При высушивании влажность овощей и плодов доводят до 8...25 %, т. е. до уровня, который препятствует развитию микроорганизмов.

При подготовке к сушке и в процессе самой тепловой сушки

жизнедеятельность плодов и овощей прекращается. При этом погибают и микроорганизмы. Следовательно, принцип анабиоза применительно к сушке означает плазмолиз микроорганизмов, которые попали на поверхность сушеных продуктов в процессе хранения. Эти микроорганизмы сохраняются длительное время в состоянии анабиоза. Если высушенный продукт увлажнить, микробы вновь оживают, начинают размножаться и вызывают порчу продукта. Сушка как способ консервирования имеет много достоинств: технология и применяемая аппаратура достаточно просты; масса и объем сырья в процессе сушки уменьшаются в несколько раз; сушеные продукты не требуют особых условий для хранения, не нуждаются в герметичной упаковке, не требуют особых хранилищ. Однако качество сушеной продукции, особенно плодов и овощей, как правило, не очень высокое. Основным недостатком заключается в плохой восстанавливаемости их естественных свойств при вторичном увлажнении перед употреблением в пищу.

Эффективным способом, позволяющим получать продукцию высокого качества, является сублимационная сушка. В этом случае сырье замораживают в атмосфере глубокого вакуума, в результате чего влага переходит из твердого агрегатного состояния в парообразное, минуя жидкую фазу (возгонка), молекулярная структура материала мало изменяется, высушенный материал отличается высокой пористостью. Первоначальные свойства сырья быстро восстанавливаются при увлажнении продукции. Высушенные сублимационным способом пищевые продукты сохраняют первоначальный объем, цвет, запах, вкус и биологическую ценность. Однако этот способ сушки достаточно дорогой и требует использования герметичной тары для хранения высушенных продуктов.

**Хранение сырья в регулируемой газовой среде (наркоанабиоз).** Если хранить плоды в газонепроницаемом помещении, то кислород из атмосферы будет расходоваться на дыхание и замещаться равным объемом диоксида углерода. При полном отсутствии кислорода начнется анаэробное дыхание, сопровождаемое дальнейшим накоплением углекислоты и образованием спирта. Полное прекращение аэробного дыхания приводит растительную клетку к гибели, но при содержании диоксида углерода в атмосфере хранилища не более 10 % дыхание плодов не прекращается, а только замедляется. Благодаря этому снижается расходование питательных веществ самой клетки и срок хранения сырья удлиняется. Точно так же повышенная концентрация углекислоты действует на микроорганизмы. Хранение плодов в регулируемой газовой среде позволяет значительно увеличить срок их хранения, но состав среды зависит от вида сохраняемой продукции. Однако способ не получил широкого распространения в промышленности именно из-за сложности подбора и поддержания оптимального состава газовых смесей для различных видов сырья. Одним из вариантов примене-

ния регулируемой газовой среды является хранение растительного сырья в пленках, селективно-проницаемых (избирательно проницаемых) для разных газов. Способ заключается в том, что плоды упаковывают в полиэтиленовые пакеты, ящики с полиэтиленовыми вкладышами или в полиэтиленовые контейнеры. Диоксид углерода легче проникает сквозь полиэтиленовые пленки, чем кислород, поэтому образующийся при дыхании диоксид углерода выходит из пакета или контейнера в большем количестве, чем кислород, в результате в емкости создается вакуум, пакет сжимается, а парциальное давление азота увеличивается. Так как азот проникает сквозь пленку полиэтилена, в пакете возрастает вакуум и пленка пакета под давлением наружного воздуха прижимается к плоду. В результате в таких емкостях создается модифицированная микроатмосфера, которую в известной мере можно регулировать, подбирая пленки с различной селективной проницаемостью для газов, учитывая особенности хранения различных сортов плодово-овощной продукции, качество плодов и температуру в хранилище. Итак, хранение плодов и овощей в регулируемой газовой среде основано на анабиозе, в который впадают как микроорганизмы, так и растительное сырье под влиянием диоксида углерода и пониженного содержания кислорода в атмосфере.

**Маринование, квашение и спиртовое брожение.** Эти способы консервирования основаны на невозможности большинства микроорганизмов, особенно гнилостных, развиваться в кислой среде (рН меньше 5) или в среде, содержащей спирт. Для повышения кислотности используют уксусную кислоту. Концентрация уксусной кислоты в маринадах колеблется от 0,6 до 1,2 %, что недостаточно для полного прекращения развития плесеней, уксуснокислых бактерий и других микроорганизмов, поэтому для увеличения срока хранения маринованные продукты фасуют в герметичную тару и пастеризуют или хранят при пониженных температурах. Термин «квашение» обычно используют применительно к капусте, термин «соление» — для огурцов и томатов, а термин «мочение» — для яблок. Все эти продукты консервируют с помощью молочнокислого брожения, в результате чего в продукте накапливается молочная кислота в количестве 1...2 %, которая предохраняет продукт от порчи.

На принципе *абиоза*, т. е. полного прекращения жизнедеятельности клеток сырья и микроорганизмов, основано большое количество способов консервирования: тепловая стерилизация, применение электрического переменного тока высокой и сверхвысокой частоты, использование антисептиков, антибиотиков и др.

**Тепловая стерилизация.** Это обработка продукта под действием высокой температуры, при которой микроорганизмы гибнут в результате необратимых изменений, происходящих в протоплазме клетки, коагуляции белков и разрыва цитоплазменной оболочки клетки. Таким образом, возбудители порчи, находящиеся внутри

консервных банок, при тепловой обработке погибают, а находящиеся в окружающей среде благодаря герметичности тары внутрь тары попасть не могут, ферменты, сохранившиеся в продукте к началу стерилизации, инактивируются. Консервированные таким способом пищевые продукты могут сохраняться в течение многих лет. Готовые консервы хранят в обычных складах, перевозят в обычных железнодорожных вагонах и на автомобилях. В этом состоит большое преимущество способа. Данный способ консервирования — основной в промышленности и наиболее надежный среди всех способов хранения пищевых продуктов. При использовании оптимальных режимов стерилизации для каждого конкретного вида пищевого продукта химические изменения в нем и изменения его естественных свойств будут минимальными. Принцип абиоза в этом способе соблюден как в отношении микроорганизмов, так и консервируемого сырья.

**Применение электрического тока высокой (ВЧ) и сверхвысокой частоты (СВЧ).** Один из особых способов тепловой стерилизации пищевых продуктов. Если пищевой продукт поместить в электрическое поле переменного тока высокой частоты (диапазон электромагнитных волн порядка 20...30 МГц), структурные элементы продукта поглощают электрическую энергию, в результате переменной поляризации приобретают колебательное движение, которое благодаря внутреннему трению преобразуется в теплоту. Поскольку поглощение электрической энергии происходит одновременно, продукт в поле ВЧ разогревается быстро (всего за 1,5...2 мин), одновременно и равномерно по всему объему. Кратковременный эффективный нагрев позволяет получать консервы высокого качества, особенно в тех случаях, когда при обычной стерилизации качество ухудшается из-за разваривания плодов (компоты). Еще более эффективен сверхвысокочастотный нагрев при частоте 2400 МГц, который позволяет осуществить непрерывный процесс стерилизации на конвейере в рабочей камере. Однако внедрение процессов ВЧ- и СВЧ-обработки в практику консервирования сдерживается из-за сложности оборудования, относительной дороговизны процессов, трудностей контроля температурного режима в банке при обработке и т. д.

**Консервирование с помощью антисептиков.** Основано на способности антисептиков уничтожать микроорганизмы, предохраняя тем самым продукт от порчи. Проникая в клетку микроба, эти вещества вступают во взаимодействие с белками протоплазмы, парализуя при этом ее жизненные функции и приводя микробную клетку к гибели.

Антисептики, пригодные для сохранения пищевых продуктов, должны удовлетворять следующим требованиям: быть ядовитыми для микробов в небольших дозах (порядка долей процента), однако в применяемых дозах не оказывать вредного воздействия на организм человека; не вступать во взаимодействие с пищевыми

веществами и не придавать продукту неприятного запаха или привкуса; не реагировать с материалом технологического оборудования или консервной тары; легко удаляться из продукта перед употреблением его в пищу. Антисептика, который полностью удовлетворял бы этим требованиям, пока не обнаружено. Многие из них оказывают вредное действие не только на микробы, но и на организм человека. Для консервирования плодов и ягод, фруктового пюре и плодово-ягодных соков применяют диоксид серы, бензойную кислоту или ее натриевую соль и сорбиновую кислоту.

Наилучшим антисептиком считается диоксид серы. Необходимая концентрация его невелика — 0,15...0,20 %, но в этой концентрации он ядовит для человека и придает продукту неприятный запах и привкус, связывается с некоторыми веществами плодов и овощей, например сахарами, вызывает коррозию металлических частей оборудования. Однако очень большое достоинство этого антисептика — почти полное удаление его из продукта перед употреблением в пищу путем нагревания. В консервном производстве он применяется для сохранения фруктовых полуфабрикатов и заготовок, которые впоследствии можно использовать для варки джемов, повидла и т. п. Диоксид серы более токсичен для плесеней и бактерий, чем для дрожжей. Кроме того, он ингибирует и некоторые ферменты, в частности те, которые вызывают ферментативное побурение плодов и овощей, благодаря чему плоды не темнеют. Диоксид серы также способствует сохранению в продукте витамина С.

Бензоат натрия (натриевая соль бензойной кислоты) представляет собой кристаллический порошок без запаха и вкуса, который оказывает консервирующее действие в концентрации 0,1 %. Он удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к антисептикам (за исключением легкого привкуса бензоата), однако удалить его из полуфабриката перед употреблением в пищу невозможно. На бактерицидное действие бензойной кислоты влияет кислотность среды. Поэтому соли бензойной кислоты рекомендуется использовать для консервирования кислых продуктов.

В консервном производстве кроме перечисленных успешно используют сорбиновую кислоту или ее калиевую соль, которая оказывает консервирующее действие в небольших концентрациях (0,05...0,1 %), не придает продуктам постороннего привкуса или запаха и безвредна для человека. Попадая вместе с продуктами в организм человека, сорбиновая кислота окисляется до образования веществ, безвредных для человека.

**Консервирование с помощью антибиотиков.** Основано на бактерицидном характере их действия. Они отличаются от антисептиков по происхождению и способу получения: антисептики получают чисто химическим путем из неорганических продуктов (диоксид серы) или органических веществ (бензойная и сорбиновая кислоты), а антибиотики, которые продуцируются живой клет-

кой, получают биохимическим путем. Наиболее распространены такие антибиотики микробного происхождения, как пенициллин, стрептомицин, грамицидин и др. Кроме перечисленных используются антибиотики растительного происхождения, так называемые фитонциды, которые входят в состав лука, чеснока, хрена, горчицы и других растений. Антибиотики в сотни раз эффективнее антисептиков, оказывают консервирующее действие в концентрациях, которые измеряются несколькими десятитысячными долями процента. Однако нужно иметь в виду, что систематическое употребление антибиотиков небезопасно для здоровья человека, так как приводит к появлению в организме человека рас микроорганизмов, устойчивых к их действию, и обесцениванию антибиотиков как лекарственных средств. Поэтому единственным антибиотиком, получившим разрешение органов здравоохранения для консервирования пищевых продуктов, да и то при особых условиях, является хлортетрациклин, или биомицин. Ценной в технологическом отношении особенностью его является способность полностью разлагаться при непродолжительном кипячении, поэтому биомицин разрешено применять только для консервирования сырья животного происхождения — мяса, рыбы, птицы, которое употребляется в пищу после горячей кулинарной обработки. Применять биомицин при консервировании плодов и овощей, которые употребляют также в сыром виде, не разрешается. Органы здравоохранения рекомендуют использовать в пищевой промышленности антибиотики, не применяющиеся в медицине. К таким антибиотикам относится низин, бактерицидное действие которого проявляется в первую очередь в отношении бактерий. Его рекомендуется использовать для введения в консервы с целью смягчения режимов стерилизации в количестве 0,01...0,02 %. В процессе нагревания около 75 % низина разрушается, что позволяет вносить повышенное количество его для получения необходимых результатов.

Из фитонцидов наиболее подходящим для консервирования является эфирное масло, получаемое из семян горчицы, так называемое аллилгорчичное масло (изородановый эфир аллилового спирта). Введение этого антибиотика, например в маринады, в количестве 0,002 % позволяет сохранить эти продукты больше года при условии герметичной укупорки банки без порчи, даже если они не были пастеризованы.

**Обеспложивающая фильтрация.** Это фильтрация абсолютно прозрачного жидкого пищевого продукта через специальный материал, задерживающий микробы. Фильтрующим материалом служит прессованная асбестоцеллюлозная масса, размеры пор которой меньше микробной клетки. Фильтрующий материал изготавливается в виде пластин, каждая из которых представляет собой стерилизующий фильтр (СФ). Таким образом, сущность обеспложивающей фильтрации заключается не в уничтожении микро-

организмов, а в механическом их отделении от продукта. Так как в технологическом процессе не предусмотрен нагрев продукта, все ферменты в нем полностью сохраняются. Биохимические процессы, протекающие с участием ферментов, могут приводить в процессе хранения к появлению нежелательных посторонних привкусов и запахов в пищевых продуктах и в итоге к порче. Поэтому перед стерилизующей фильтрацией продукт приходится нагревать, чтобы инактивировать ферменты. Способ консервирования обеспложивающей фильтрацией применим к ограниченному числу пищевых продуктов, отличающихся полной прозрачностью. Кроме того, проведение этого способа на практике связано с рядом трудностей: чтобы получить стойкие при хранении консервы, должны быть созданы абсолютно стерильные условия как в помещении, так и внутри и снаружи оборудования. Обслуживающий персонал должен принимать особые меры предосторожности, чтобы не внести инфекцию в продукт. Только при соблюдении всех этих условий можно избежать порчи продукта при хранении.

**Ультрафиолетовое излучение.** Охватывает область электромагнитных колебаний с длинами волн  $(0,136...4)10^{-7}$  м, обладает большой энергией, поэтому оказывает сильное химическое и биологическое действие. В зависимости от длины волны действие различных участков ультрафиолетового спектра неодинаково. Наибольшим воздействием на бактерии, подавляющим их жизнедеятельность и приводящим живые клетки к гибели, обладают лучи с длиной волны  $(2,0...2,95)10^{-7}$  м. Данная область ультрафиолетовых лучей называется *бактерицидной*. Максимум бактерицидного действия оказывают лучи с длиной волны около  $2,6 \cdot 10^{-7}$  м.

Широкое использование бактерицидного эффекта ультрафиолетовых лучей для консервирования пищевых продуктов лимитируется их малой проникающей способностью, не превышающей доли миллиметра. УФ-лучи не пропускают стенки жестяной и стеклянной тары. Поэтому УФ-спектр может быть использован в основном для поверхностной стерилизации продуктов. Ультрафиолетовые лучи можно использовать для обеззараживания воздуха и поверхностей стен камер на пищевых предприятиях, для стерилизации тары, а также молока при условии обработки его в тонком слое.

**Ионизирующие излучения.** Данные излучения обладают высокой энергией, способны вызывать ионизацию электрически нейтральных атомов и молекул и стимулировать в облученных материалах однотипные химические реакции. Ионизирующие излучения можно получать двумя способами: механическим, используя рентгеновские аппараты или аппараты для получения потока ускоренных электронов; путем радиоактивного распада различных изотопов типа кобальта-60 и др. Как известно, при радиоактивном распаде образуются потоки элементарных частиц, которые называются  $\alpha$ -лучами (положительно заряженные ядра гелия) и  $\beta$ -лучами

(поток электронов или позитронов), а также электромагнитные колебания высокой частоты, которые называются  $\gamma$ -излучением. Два вида излучения — рентгеновские и  $\gamma$ -лучи оказывают ионизирующее действие,  $\alpha$ - и  $\beta$ -лучи имеют малую проникающую способность, и их влияние на облучаемые материалы незначительно.

При определенной дозировке ионизирующих излучений можно подавить жизнедеятельность микроорганизмов либо вовсе их уничтожить. На этом основаны такие способы консервирования пищевых продуктов, как радуризация и радаппертизация.

При радуризации, производимой дозами  $(250...800)10^3$  рад, микроорганизмы уничтожаются лишь частично, в результате чего плоды, овощи, мясо и рыба могут сохраняться в свежем виде дольше, чем без радиационной обработки.

Радаппертизация, или радиационная стерилизация, оказывает точно такое же действие на микроорганизмы, что и тепловая стерилизация, но при этом требуются очень большие дозы ионизирующих излучений, порядка  $(1,5...2)10^6$  рад, ибо микроорганизмы, особенно споры анаэробов, очень устойчивы к радиационному фактору. Но такие большие дозы приводят к появлению посторонних запахов и привкусов в продукте, разложению пищевых веществ, особенно аскорбиновой кислоты, образованию токсичных соединений, поэтому для обработки пищевых продуктов они не используются. Перспектива широкого внедрения радаппертизации в пищевую промышленность невелика. Гораздо реальнее и эффективнее использование радиационного фактора для удлинения срока хранения картофеля. Порча этого вида сырья связана в основном не с действием фитопатогенных микроорганизмов, а с прорастанием клубней. Ионизирующие излучения в относительно небольшой дозе (всего  $1 \cdot 10^4$  рад) убивают ростовые элементы клеток. Картофель теряет способность прорасти и может после радиационной обработки сохраняться в течение года.

## 35.7. ТАРА ДЛЯ КОНСЕРВОВ

В консервной промышленности применяют два вида тары — герметичную и негерметичную. Выбор тары зависит от способа консервирования, вида продукта и его назначения. К герметичной таре относятся металлические (жестяные, алюминиевые) банки и тубы, стеклянные банки, бутылки, бутыли, стаканы, коробки, пакеты из полимерных материалов. В герметичную тару фасуют продукты, подлежащие стерилизации или пастеризации. К негерметичной таре относятся деревянные бочки и ящики, фанерные ящики, картонные коробки, бумажные мешки, пластмассовые ящики и лотки. Для фасования повидла, джема, соленой томат-пасты, соленых и квашеных овощей, плодовых полуфабрикатов применяют бочки вместимостью от 50 до 100 дм<sup>3</sup>, которые изго-



тавливают из бука, дуба, осины и других пород дерева. Для придания герметичности при фасовании в сухую бочку вкладывают полиэтиленовый мешок из пленки толщиной 0,2 мм. В деревянные ящики фасуют пастилу, цукаты и повидло, в фанерные ящики — сухие фрукты и овощи, а в парафинированные картонные коробки — замороженные продукты. Картонные коробки и пластмассовые ящики используют для упаковывания и транспортирования готовой продукции. Жестяные банки применяют в основном для стерилизованных пищевых продуктов. Жестяные банки изготавливают из белой жести горячего или электролитического лужения, иногда из черной (нелуженой) жести. Для предупреждения коррозии жечь (иногда готовые банки) прокрывают пищевыми лаками, эмалью или наносят на поверхность жести тонкую пленку из оксидов олова. Для изготовления банок и крышек используют также тонкий лакированный алюминий. Для фасования джема, меда и томат-пасты успешно применяют алюминиевые тубы. По действующему стандарту геометрические размеры банок (диаметр, высота, вместимость и др.) регламентированы, каждой банке присвоен соответствующий номер. Для производства плодоовощных консервов используют 8 номеров банок.

В консервной промышленности очень широко используют стеклянную тару. Она хорошо дезинфицируется, переносит нагревание и охлаждение, обладает высокой устойчивостью к действию солей и кислот. Стеклянную тару укупоривают металлическими крышками из жести и алюминия с резиновыми уплотняющими кольцами. В консервной промышленности используют банки вместимостью от 100 до 10 000 см<sup>3</sup>, бутылки с узким горлом от 200 до 500 см<sup>3</sup>. В настоящее время для фасования консервов довольно широко используется полимерная тара, которая может быть выполнена в виде коробок, пакетов, стаканов, мешков и т. д. из лакированного целлофана, полиэтилена, полипропилена, а также из комбинированных материалов, состоящих из нескольких слоев. В нее упаковывают свежие, сушеные, замороженные плоды и овощи, джем, повидло и варенье. Для мягкой или полужесткой тары, в которую фасуют соки, соусы, готовые вторые блюда, используется алюминиевая фольга или фольгированный картон с нанесенным с обеих сторон полиэтиленом. Продукцию фасуют в такую тару в асептических условиях или с добавлением консервирующих веществ. Для транспортирования сырья и полуфабрикатов используют также ящики из полимерных материалов.

### **35.8. ВИДЫ БРАКА КОНСЕРВОВ В ГЕРМЕТИЧНОЙ ТАРЕ**

При нарушении технологического процесса производства консервов возникает несоответствие нормируемых показателей качества продукта требованиям ГОСТа. Различают три вида брака

консервной продукции: микробиологический, физический и химический. При осмотре готовых консервов определяют дефекты как внешнего вида тары, так и самого продукта. К дефектам внешнего вида относятся: негерметичность тары, следствием которой являются подтеки на банках, бомбаж, ржавчина, перекос и деформация крышек на стеклянных банках, трещины или скол стекла и др. Иногда при нажатии на один из концов металлической банки внешне нормальных консервов слегка выгибается ее противоположный конец, т. е. банка слегка вздута. Это так называемые вибрирующие консервы. Данный дефект появляется при тепловой обработке консервов или их замораживании. Вздутие исчезает при приобретении консервами комнатной температуры. К бомбажным консервам относят консервы, упакованные в металлическую, стеклянную или другую тару, если тара имеет вздутия, которые не исчезают при нажатии на нее пальцами руки.

**Микробиологический брак.** Микробиологическая порча консервов возникает вследствие жизнедеятельности микроорганизмов. Бомбаж банок происходит под действием газов, образующихся внутри банки. Газ может образовываться в результате жизнедеятельности микроорганизмов (микробиологический бомбаж), в результате коррозии жести или накопления солей тяжелых металлов (химический бомбаж), может образоваться в переполненных продуктом банках и при замерзании консервов (физический бомбаж). Микробиологический брак консервов происходит за счет процессов брожения, плесневения, прогоркания продукта и др. В консервах может появиться кислый, гнилостный, затхлый, дрожжевой запах, запах масляной, уксусной или другой кислоты, несвойственный качественному продукту. Эти дефекты устанавливаются при вскрытии банок. Микробиологический брак может быть вызван рядом причин: недостаточной термической обработкой консервов, нарушениями, вызванными при закладке сырья, особенно снижением количества вносимой кислоты для получения определенного значения рН, а также неудовлетворительной санитарной подготовкой тары и оборудования.

**Химический брак.** Химический брак — это коррозия на внешней или внутренней поверхности (или крышек на стеклянных банках) в виде ржавчины на банках с плохим оловянным покрытием или плохо отлакированных, коррозия, возникающая под действием паров уксусной кислоты. При коррозии в результате взаимодействия металла тары и консервированного продукта образуется водород, который является причиной появления бомбажных банок и банок с вибрирующими концами. Если бомбаж носит химическую природу, то в консервах, расфасованных в банки из белой жести, можно обнаружить повышенное содержание олова и железа, из хромированной жести — содержание хрома и железа

и т. д. На внутренней поверхности таких банок видны явные следы коррозии.

**Физический брак.** Физический брак подразделяют на механический и собственно физический. Механический брак возникает при негерметичности тары и неправильном закатывании банок. К физическому браку относят банки с вибрирующими концами и бомбажные банки, если дефект возник при замораживании консервов, переполнении банок продуктом или в результате растяжения концов банок при нарушении режимов стерилизации.

### **35.9. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ КОНСЕРВНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Примерно 30 % всех перерабатываемых овощей составляют томаты. Семена томатов после сушки направляют на получение масла, которое используется в пищевой, парфюмерно-косметической промышленности и на технические цели. Жмых, который остается после извлечения масла, содержит 13...14 % белка и может быть использован для обогащения белком продуктов питания, например мясных консервов и др.

При переработке зеленого горошка отходами являются ботва и стручки (створки) горошка. Они представляют собой ценный белково-витаминный корм, который может быть использован в свежем, силосованном или сушеном виде.

Около 70 % всех перерабатываемых плодов составляют яблоки. При получении яблочного сока образуются яблочные выжимки, из которых получают пектин, широко используемый в кондитерской промышленности.

При производстве виноградного сока образуются выжимки, гребни и отстой, которые используют для получения уксуса, спирта, винно-каменной извести и красителя (из окрашенных сортов винограда).

Отходами при переработке косточковых плодов (вишня, черешня, абрикосы и др.) являются косточки. Из ядер косточек получают масло и миндальную пасту. Масло поступает в кондитерскую, фармацевтическую, парфюмерную промышленность, а жмых — на получение кормовой муки и удобрения.

#### *Контрольные вопросы*

1. Какую роль в питании человека играют плоды и овощи?
2. Какие способы консервирования основаны на принципе анабиоза?
3. Какие способы консервирования основаны на принципе абиоза?
4. Как осуществляют сбор, доставку и хранение плодоовощной продукции?
5. Что понимают под инспекцией, сортированием и калиброванием сырья?
6. Какие виды брака консервов делают их непригодными к употреблению?

## Глава 36

# ТЕХНОЛОГИЯ ЧАЯ

Чай — это продукт, приготовленный из сортового чайного листа ручного или механизированного сбора.

Для выработки чая собирают флешы — молодые побеги, содержащие 2...3 листочка с нераспустившейся почкой верхнего листочка.

Клейкие нераспустившиеся почки — главный источник аромата чая, чем их больше, тем качественнее чай. Для производства чая могут быть использованы 4 и более листьев чайного растения, однако качество напитка при этом ухудшается.

Сбор флешей ведут в течение сезона (с апреля по октябрь) 4...5 раз. Чайное сырье, собранное в июле—августе, идет на получение черного чая самого высокого качества, так как именно в сырье летнего сбора содержится наибольшее количество фенольных соединений. На производство зеленого чая используют сырье весеннего и осеннего сбора с меньшим количеством фенольных соединений.

Собранный лист сразу поступает на фабрику для переработки. Различают два типа чайных предприятий: фабрики первичной переработки чайного листа, расположенные вблизи чайных плантаций, и чаеразвесочные фабрики, осуществляющие вторичную переработку чайного листа и находящиеся в районах потребления. На предприятиях первого типа получают фабричные сорта чая путем технологической обработки зеленого листа, на фабриках второго типа — торговые сорта чая путем вторичной переработки (купажа) однотипных фабричных сортов чая с последующим их фасованием, а также прессованные чаи, концентраты чая и тонизирующие напитки на чайной основе.

### 36.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ЧАЯ

В зависимости от применяемого сырья и технологии производства вырабатывают множество видов чая, которые можно классифицировать по различным признакам. Наиболее часто чай классифицируют по внешнему виду и степени ферментации.

По внешнему виду чаи делят на рассыпные (байховые), прессованные и быстрорастворимые.

Байховым называют чай, состоящий из отдельных, не соединенных друг с другом чайнок. Цвет байхового чая может быть различным и зависит от степени ферментации, в процессе которой происходит окисление танино-катехиновой смеси (ТКС) и чай приобретает свойственную ему окраску и приятный вкус.

В соответствии с этим признаком чаи делятся на следующие категории:

неферментированные чай, не прошедшие или прошедшие слабую ферментацию (окисление ТКС не более 12 % от исходного содержания). К ним относится зеленый чай;

слабоферментированные чай (окисление ТКС 13...20 % в желтом и 21...30 % в красном чае);

ферментированные (окисление ТКС 31...50 %). К этой категории относится черный чай.

В России выпускают зеленый байховый и черный байховый чай, каждый из которых может быть трех видов: крупный (листовой), мелкий и гранулированный. Смешивать крупный чай с мелким и гранулированным не допускается, в то же время можно смешивать два последних вида чая. Лучшие виды крупного и мелкого чая получают из самых нежных чаинок, полученных в основном из почки и первого листа чайного флеша. Чай, содержащий чаинки, полученные из второго листа, дает продукт пониженного качества. Еще более низкое качество чая получают при использовании третьего и последующих листьев.

По качественным показателям чай делят на сорта: байховый зеленый и байховый черный. Байховый черный чай выпускается следующих сортов: «букет», высший, первый, второй и третий.

Байховый черный чай сорта «букет» характеризуется полным букетом, нежным тонким ароматом, приятным, сильно терпким вкусом. Он должен давать яркий, прозрачный, интенсивный настой и однородный красный цвет разваренного листа. По внешнему виду чай должен быть ровным, однородным, чаинки хорошо скручены. По мере снижения сорта чай в большей или меньшей степени теряет аромат и терпкий вкус, у настоя снижается прозрачность, у цвета разваренного листа в той или иной мере появляется коричневый оттенок. По внешнему виду чай становится неровным, снижается степень скрученности, у мелкого чая могут появиться пластинчатые частицы. Разные сорта зеленого байхового чая отличаются от черного байхового цветом настоя — от светло-зеленого с желтоватым оттенком у сорта «букет» до темно-желтого с красноватым оттенком для третьего сорта и цветом разваренного листа — от однородного с зеленоватым оттенком до неоднородного темно-желтого.

Прессованные чай в зависимости от формы, технологии и используемого сырья могут быть выполнены в виде кирпичиков, плиточек и таблеток. В соответствии со стандартом выпускают зеленый кирпичный и черный плиточный чай. Сырьем для их получения является менее качественное сырье и отходы производства — высевки и крошка. Высевки — наиболее мелкие фракции чая, а крошка — пылеобразный продукт, получаемые при сортировании резаного чая. Кирпичный зеленый чай получают из огрубевших и грубых листьев и побегов чайного растения, а также из листьев весеннего и осеннего сбора. Для получения этого вида чая используют два вида сырья: более грубое (в основном это на

85...86 % грубые побеги с небольшим количеством листьев), из которых изготавливают внутренний материал, и более тонкое (91 % листьев и незначительное содержание огрубевших побегов) для получения облицовочного материала. Зеленый кирпичный чай отличается резким вяжущим вкусом и слабовыраженным ароматом, дает темно-желтый с красноватым оттенком непрозрачный настой. Плиточный черный чай представляет собой спрессованные высеки и крошки, образующиеся при выработке байховых чаев. По своим показателям он почти не отличается от черного байхового чая соответствующего качества. Таблетированные чаи мало отличаются от плиточных, однако имеют свои особенности: для их получения используют высококачественную крошку.

Быстрорастворимый чай — это чайный концентрат, который является таким же полноценным продуктом, как и обычный чай. Его получают из черного и зеленого чая в сухом и жидком виде.

## 36.2. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ, БИОЛОГИЧЕСКАЯ И ПИЩЕВАЯ ЦЕННОСТЬ ЧАЯ

Химический состав чая зависит от сорта чайного растения, условий его выращивания, времени сбора и других факторов. Составы листового и мелкого байхового черного чая отличаются друг от друга так же, как отличаются по содержанию ряда веществ черный байховый и зеленый байховый чаи. Средний химический состав черного байхового чая следующий (%): вода — 8,5; белки — 20,0; моно- и дисахариды — 4,0; клетчатка — 11,0; минеральные вещества — 5,5; органические кислоты (в пересчете на яблочную кислоту) — 1,2. Кроме того, в чае содержатся фенольные соединения, эфирные масла, алкалоиды, витамины, пигменты, пектиновые вещества и ферменты.

Качество чайного напитка оценивается содержанием в нем водорастворимых экстрактивных веществ, которое в зависимости от вида чая и его сорта меняется от 28 до 35 %. К этим веществам относятся вышеперечисленные соединения, кроме отдельных нерастворимых в воде минеральных веществ, водонерастворимого белка, клетчатки, гемицеллюлозы и лигнина. Чем выше сорт чая, тем больше в нем содержание водорастворимых экстрактивных веществ.

В процессе получения чая отдельные составляющие чайного растения претерпевают определенные изменения. Чайный лист содержит 75...80 % влаги, в то время как влажность зеленого и черного байхового чая составляет 7...8 %, а плиточного черного и зеленого кирпичного чая — соответственно 9 и 12 %.

Важнейшей группой веществ, содержащихся в чайном листе и чае и определяющих его особенности как напитка, являются фенольные соединения, представленные танино-катехиновой сме-

стью (ТКС). На долю этих соединений приходится 25...30 % сухой массы чайного листа, причем преобладающее количество (до 70 %) составляют катехины. Накопление катехинов происходит в почке и первом листе чайного растения, особенно в середине лета, поэтому это сырье является наиболее ценным для производства черного чая. При ферментативном окислении фенольных соединений, в первую очередь катехинов, под действием полифенолоксидазы и пероксидазы образуются вещества, придающие приятный слабовяжущий вкус, терпкость и яркий цвет чайному напитку. Важное свойство катехинов — высокая Р-витаминная активность. Катехины укрепляют стенки кровеносных капилляров, снижая их проницаемость и увеличивая эластичность, оказывают сосудорасширяющее действие, что важно при спазмах сосудов. Витамин Р, содержащийся в чайном настое, способствует лучшему усвоению витамина С и его накоплению в организме. Оба эти витамина являются мощными антиоксидантами, связывая свободные радикалы в организме человека. Продукты окисления фенольных соединений обладают гораздо меньшей Р-витаминной активностью. В этом отношении наиболее ценен зеленый чай, в котором содержание катехинов выше, чем в черном. Содержание катехинов (мг на 1 г сухой массы) в зеленом чае составляет 110...220, в черном — 25...80, т. е. суточная потребность организма в витамине Р может быть удовлетворена 2...3 стаканами чая.

Очень важную роль в образовании аромата чая играют эфирные масла, представляющие смесь различных органических соединений: углеводов, альдегидов, кетонов, спиртов, кислот, фенолов и др. В чайном растении наибольшее количество эфирных масел содержится в почке, первом и втором листьях. Содержание эфирных масел в чайном листе резко увеличивается при его завяливании и особенно при скручивании и несколько снижается в полуфабрикате, оставаясь в то же время гораздо большим по сравнению с зеленым листом. Отдельные компоненты чайного эфирного масла могут иметь запах розы, меда, лимона, жасмина и др., обуславливая в комплексе аромат напитка.

В состав чайного листа входят алкалоиды: кофеин, теобромин и теофиллин, которые являются биологически активными веществами, оказывающими возбуждающее действие на организм человека. Содержание кофеина, который накапливается во всех наземных органах растения, особенно в молодых растущих листьях, может достигать 3...5 % сухого вещества. Суммарное количество теобромина и теофиллина не превышает 0,6...0,8 %. Высокое содержание кофеина указывает на хорошее качество чая; высокосортный чай содержит 3...4 % кофеина, а чай из грубого сырья — до 1 %. При переработке чайного листа содержание кофеина несколько снижается, так как он вступает в соединения с фенольными веществами, в частности с танином, образуя соединения, вызывающие помутнение крепкого чая после его остывания.

Кофеин чая снимает усталость, повышает умственную и физическую активность, стимулирует работу сердца, головного мозга, органов дыхания. Однако по силе воздействия он слабее, чем кофеин кофе. Поэтому употребление чая не вызывает сердцебиение, бессонницу. Другие алкалоиды чая оказывают минимальное воздействие на организм по сравнению с кофеином.

Чайный лист и готовый напиток весьма богаты различными витаминами. Кроме Р-витаминных свойств катехинов зеленый лист содержит значительное количество аскорбиновой кислоты (витамина С) — до 200 мг%, уступая в этом отношении лишь некоторым сортам шиповника. В зеленом чае содержится больше витамина С, чем в черном, так как при ферментации значительная его часть теряется. Другим важным компонентом является витамин К, повышающий способность крови к свертыванию. Кроме того, чай содержит витамины В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР, пантотеновую кислоту и витамин Е.

Растворимые в воде углеводы в чае представлены в основном глюкозой, фруктозой, сахарозой, раффинозой, стахиозой, а нерастворимые — клетчаткой, целлюлозой и незначительным количеством (менее 1 %) крахмала. Сахара чайного листа, несмотря на их невысокое содержание, играют важную роль в образовании вкуса, внешнего вида и аромата чая, так как при повышенной температуре взаимодействуют с аминокислотами и образуют альдегиды с различными запахами (цветочным, фруктовым, медовым и др.). Нерастворимые углеводы чая ухудшают его качество. Пектиновые вещества чайного листа могут быть представлены как в растворимой, так и нерастворимой в воде форме. Высококачественный чайный лист, собранный в июле—августе, содержит значительное количество (до 2,0...3,5 %) растворимых пектиновых веществ. В процессе получения чая количество растворимых пектиновых соединений снижается до 1,5...2,0 %.

Чайный лист содержит белки, причем в нежных листочках количество белка может достигать 30 %, а в зрелых листьях содержание белка значительно ниже. При переработке листа, особенно в процессе завяливания и при дальнейшей обработке, происходит гидролиз белковых веществ с образованием аминокислот, которые наряду с сахарами принимают участие в образовании вкуса и аромата чая при ферментации и сушке чайного листа. В процессе сушки белок денатурирует.

Пигменты чайного листа представлены хлорофиллом, каротиноидами и флавоноидами. Два последних имеют желтый цвет. Хлорофилл — составная часть зеленых листьев, играет центральную роль в протекании реакций фотосинтеза. В процессе переработки чайного листа при производстве черного чая большая часть хлорофилла разрушается. Содержание зеленых пигментов в готовом чае ухудшает его качество, так как придает настою зеленоватый цвет, травянистый привкус. Каротиноиды содержатся в чай-



ном листе в гораздо меньшем количестве, чем хлорофилл, их окисление ведет к образованию альдегидов, влияющих на аромат черного чая. Флавоноиды чайного листа также влияют на аромат чая, так как при их распаде идет образование ароматических веществ (спиртов, альдегидов). Больше всего флавоноидов содержится в нежных листьях чайного растения.

В чайном листе присутствуют органические кислоты (яблочная, щавелевая, лимонная, янтарная, пировиноградная и др.); их количество меняется в зависимости от возраста растения и качества листа, а также от стадии переработки. Высокое содержание органических кислот ухудшает вкус чая.

Из минеральных веществ в чайном листе и чае больше всего соединений калия (примерно половина их общего количества), высокое содержание соединений фосфора, железа, кальция, магния. Кроме того, чай содержит фтор, иод и другие элементы. По мере старения чайного листа общее количество минеральных веществ увеличивается, а наиболее ценная растворимая часть — уменьшается.

### 36.3. ПОЛУЧЕНИЕ ЧАЯ И ДРУГИХ ВИДОВ ЧАЙНОЙ ПРОДУКЦИИ

**Черный байховый чай.** Классическая технология получения чая включает в себя следующие стадии: завяливание, скручивание, ферментацию, сушку чайного листа, сортирование полуфабриката и упаковывание чая.

Для получения чая необходимо ослабить тургор клеток и придать листу эластичность. Это достигается удалением из листа определенного количества влаги, т. е. его завяливанием. Одновременно в сырье начинают протекать биохимические процессы: за счет частичного окисления фенольных соединений увеличивается активность оксидоредуктаз и гидролаз, в результате образования аминокислот, сахаров и пектиновых веществ возрастает содержание водорастворимых веществ (пектиновые вещества придают клейкость завяленному листу); увеличивается количество эфирных масел; снижается содержание витамина С. В результате комплекса этих изменений происходит физическая подготовка листа для скручивания и биохимическая — для его ферментации. Завяливание можно проводить естественным и искусственным способами, причем первый способ применим только в районах с устойчивым жарким климатом. Обычно эту операцию проводят на завялочных машинах, которые по устройству напоминают ленточные сушилки. Нормально завяленный лист должен содержать 63..65 % влаги. Длительность этой стадии (от 3 до 6 ч) зависит от влажности листа и температуры воздуха, которая составляет 38..44 °С.

Скручивание сопровождается физическими изменениями, свя-

занными с разрушением клеточной структуры, что способствует выходу клеточного сока на поверхность и интенсификации ферментативных процессов. Биохимические процессы, лишь начавшиеся при завяливании, усиливаются при скручивании чайного листа и в полной мере протекают на стадии ферментации. Они связаны в первую очередь с окислительными превращениями фенольных соединений и образованием сложной смеси продуктов различной степени окисления и конденсации, в результате которых чайный лист приобретает характерный медно-красно-коричневый цвет. Постепенно исчезает горький вкус недоокисленных катехинов и появляется приятный терпкий вкус. Значительные изменения претерпевают эфирные масла и альдегиды зеленого чайного листа: исчезает запах зелени свежих листьев и появляется характерный аромат чая. Как отмечалось выше, в образовании аромата, вкуса и цвета чая кроме ТКС принимают участие аминокислоты, сахара, каротиноиды, флавоноиды и некоторые другие соединения. Регулируя глубину этих процессов, можно получать чай с различными органолептическими показателями. Одновременно при скручивании и ферментации часть таниновой фракции, соединяясь с белками, переходит в нерастворимое состояние, что снижает ценность чая. Этот процесс усугубляется при продолжительном проведении этих стадий, а также при высокой температуре ферментации (свыше 35...37 °С).

Скручивание листа проводят на роллере (рис. 36.1), который представляет собой цилиндр 1 без дна, расположенный над круглым столом 2 так, чтобы между ними был небольшой зазор. В центре стола расположена ребристая кювета 3 в форме усеченной пирамиды. Цилиндр расположен эксцентрично относительно стола. Наличие ребристой кюветы увеличивает раздавливающую способность роллера, способствуя скручиванию листа. Цилиндр с ребристой кюветой крепится к станине 4, опирающейся на ножки 5. Роллер приводится в движение от электродвигателя 8 через клиноремennую передачу 7 и редуктор 6. Роллеры могут быть одинарного и двойного действия. В первых вращается только цилиндр, во вторых — и стол, и цилиндр, причем вращение происходит в противоположных направлениях. В цилиндре может быть установлен пресс в виде поршня. При наличии поршня роллер будет закрытого типа, а без него — открытого. Скручивание ведут в три этапа: на первом обычно применяют роллеры открытого типа, а на втором и третьем — закрытого типа. Процесс скручивания на каждом этапе занимает 30...45 мин. После каждого скручивания чайный лист сортируют. Из-за неоднородности чайного листа разные части флеша скручиваются по-разному. На первом этапе скручиваются наиболее нежные листья, которые отделяют при сортировании и направляют на ферментацию. Эта фракция идет на изготовление высших сортов чая. Основная масса листа передается на второе, затем на третье скручивание.

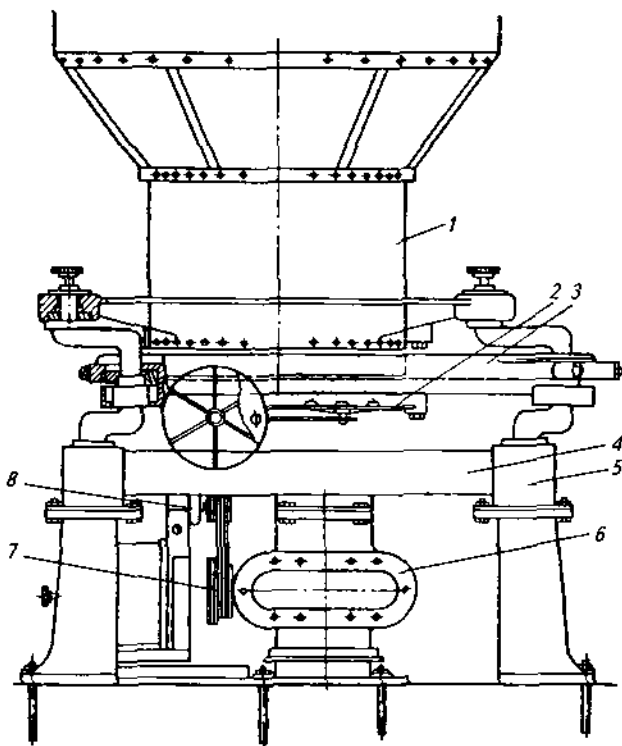


Рис. 36.1. Схема роллера

*Ферментация* — основной этап производства черного чая, определяющий в итоге его качество. Для ферментации чайный лист помешают в ферментационные ящики, распределяя его толщиной 4...8 см в зависимости от отобранной фракции (для первой фракции толщина слоя меньше). Чтобы исключить подсыхание верхних слоев чайного листа и сохранить оптимальную температуру (22...24 °С) в помещении, где проводят ферментацию чая, поддерживают высокую относительную влажность воздуха (95...98 %).

Для интенсивного протекания окислительных процессов обеспечивают доступ к листку достаточного количества кислорода воздуха. Ферментация продолжается 2...3 ч.

Ферментированный чайный лист обладает всеми свойствами готового черного чая. Для сохранения этих свойств его высушивают, при этом не только удаляется влага, но и происходит инактивация ферментов. Сушку ведут при температуре 95...100 °С. Чай считается высушенным, если чайинки не сгибаются, а ломаются.

После сушки получают полуфабрикат чая, представляющий со-

бой неоднородную смесь, которую необходимо разделить на фракции путем сортирования. Предварительное сортирование проводят после каждого этапа скручивания, окончательное — после сушки. При этом нежные чайники отделяются от грубых чаинок и от примесей (нескрученных пластинок, чайной пыли, волосков и др.). В итоге получают чай, соответствующий стандартам предприятия, используемый затем для приготовления торговых смесей.

**Зеленый байховый чай.** Вырабатывают из сортового чайного листа, как и черный чай, но в силу особенностей получения он является более ценным продуктом, чем черный чай, что связано с высоким содержанием в нем катехинов (при получении зеленого чая сохраняется 90 % катехинов), других биологически активных веществ, в том числе витамина С. Зеленый чай обладает сильным возбуждающим, освежающим и тонизирующим действием. Если при получении черного чая основной стадией является ферментация и происходящие при этом изменения ТКС, то в производстве зеленого чая, наоборот, основная цель — не допустить окисления катехинов и других изменений чайного листа. Чем меньше таких изменений происходит в ходе технологического процесса, тем выше качество зеленого чая. С этой целью при производстве зеленого чая вместо процессов завяливания, скручивания и ферментации предусмотрен процесс поджаривания (китайский способ) и пропаривания (японский способ) чайного листа, необходимые для инактивации ферментов, т. е. фиксации зеленого чайного листа. Кроме того, при подобной обработке из-за разрушения хлорофилла исчезает запах свежей зелени, лист приобретает некоторую эластичность. Термическая обработка ведет к образованию новых вкусовых и ароматических веществ в зеленом чае, и хотя изменения химического состава листа незначительны, они необходимы для получения высококачественного продукта.

Технология получения зеленого байхового чая включает в себя следующие стадии: фиксацию, подсушку, скручивание фиксированного листа, сушку, сортирование и упаковывание. Фиксация осуществляется в пропарочных агрегатах, состоящих из двух конвейеров — пропарочного и охлаждающего. В пропарочном отделении чайный лист в течение 2...3 мин подвергается обработке острым перегретым паром температурой 120 °С и выше, а в охлаждающем — обдувается воздухом. Подсушку пропаренного листа проводят с целью удаления излишней влаги и подготовки его для проведения операции скручивания. Подсушка аналогична процессу завяливания при производстве черного чая. Влажность чайного листа при такой обработке снижается с 80 до 58...62 %. Продолжительность процесса 12...15 мин, оптимальная температура 100...110 °С.

Фиксированный и подсушенный чайный лист подвергают скручиванию. В отличие от производства черного чая, где на этой стадии в чайном листе протекают глубокие биохимические пре-

вращения, при получении зеленого чая скручивание представляет в основном физический процесс, необходимый для придания листу завитка. Скручивание проводят в роллерах открытого типа в течение 80 мин. При скручивании листа образуется большое количество комков из-за наличия вязких пектиновых веществ, поэтому при сортировании скрученного листа для равномерного удаления влаги при сушке комки разбивают. После сушки зеленый чай сортируют. Эту стадию проводят так же, как и при получении черного чая. Полученная при сортировании сходовая фракция идет на выработку чайных концентратов и тонизирующих безалкогольных напитков на основе чая. Мелкие чайники зеленого чая — высевки и крошки, как и при получении черного чая, используют для выработки гранулированного чая.

**Красный и желтый чай.** Красный и желтый чай занимает промежуточное положение между черным и зеленым чаем, причем желтый ближе к зеленому, а красный — к черному чаю. В этих видах чая гармонично сочетаются аромат и вкус черного чая с высокой физиологической активностью и лечебными свойствами зеленого чая. В связи с тем что при изготовлении красного и желтого чая лист подвергается частичной ферментации, содержание ТКС и других ценных веществ в них выше, чем в черном. Кроме того, частичное протекание окислительных реакций обуславливает более приятный аромат, терпковатый вкус и интенсивный настой по сравнению с зеленым чаем. Основным производителем этих видов чая является Китай.

Технология получения красного чая имеет свои особенности. Завяленный лист подвергают лишь легкому скручиванию, при котором разрушается не вся его поверхность, а только клетки, расположенные по краям. В ходе последующей ферментации окислительные процессы, связанные с превращениями ТКС, интенсивно протекают именно на этих участках. Фиксации подвергают не сырье, а частично сферментированный продукт. При фиксации, проводимой путем обжаривания листа, происходит инактивация ферментов, прекращается окисление ТКС и одновременно усиливаются теплохимические процессы, характерные для производства зеленого чая. Немаловажную роль в образовании аромата красного чая играет процесс термообработки, который ведут в течение 2...5 ч при температуре 65...70 °С.

Хорошие сорта красного чая (оолонги) содержат максимальное количество эфирных масел, отличаются интенсивным цветочным ароматом, высокой экстрактивностью, по содержанию катехинов почти вдвое превосходят черный чай. Регулируя степень ферментации, можно получить чай, отличающийся по внешнему виду и цвету настоя.

Технология получения желтого чая включает в себя следующие стадии: завяливание, фиксацию, скручивание, сушку чайного листа, термическую выдержку полуфабриката и сортирование чая.

Для получения качественного желтого чая необходимо замедлить протекание окислительных процессов в чайном листе. Этого добиваются путем использования завяленного и фиксированного чайного листа, ибо в первом комплекс окислительных ферментов содержится в неизменном виде, а во втором — ферменты инактивированы, но почти полностью сохранены исходные вещества свежего листа. Возможное соотношение завяленного и фиксированного листа от 2 : 1 до 3 : 1. При совместном скручивании завяленного и фиксированного листа происходит частичное окисление фенольных соединений, что обеспечивает получение чая, обладающего желто-красным настоем, приятным ароматом и терпковатым вкусом. Эта технология была предложена Институтом биохимии им. А. Н. Баха РАН и НПО чайной промышленности.

**Прессованный чай.** В России производят два вида прессованного чая: зеленый кирпичный и черный плиточный. Зеленый кирпичный чай вырабатывают по специальной технологии из грубого чайного листа, непригодного для изготовления качественного байхового чая.

Технология получения зеленого кирпичного чая состоит из двух этапов: получения полуфабрикатов (лао-ча) и прессования лао-ча. Полуфабрикат кирпичного чая вырабатывают на чайных фабриках первичной переработки и только в период сбора листа. Прессование ведут на специальных фабриках в течение всего года. Как отмечалось выше, полуфабрикат получают, используя два вида сырья: один вид идет на изготовление внутреннего материала чая, а другой — для облицовочного материала, т. е. для наружных частей кирпича. Для облицовочного материала используют более качественное сырье, чем то, которое используют для внутреннего материала.

Технология получения полуфабриката (лао-ча) включает следующие стадии: обжарку, скручивание, термическую выдержку и сушку чайного листа. Обжарку листа ведут в течение 2...3 мин, при этом его температура возрастает до 65...75 °С, что ведет к частичной инактивации ферментов, разрушению хлорофилла, появлению у листа эластичности. В результате исчезает горьковатый привкус зеленого чайного листа, появляется оливковый оттенок. После скручивания обжаренного листа он направляется на термическую выдержку, которую проводят в специальных емкостях. Поступающий лист под действием собственной массы уплотняется и выдерживается в таком состоянии несколько часов. За счет протекающих окислительных процессов температура листа поддерживается на постоянном уровне в пределах 65...75 °С. Кроме окисления фенольных соединений протекают другие процессы, за счет которых образуются красящие вещества, положительно влияющие на цвет настоя чая. Кроме того, происходит взаимодействие фенольных соединений с белками с образованием нерастворимых в воде соединений, снижается доля свободных аминокислот; в то

же время увеличивается содержание редуцирующих веществ и растворимого пектина. Следствием этих превращений является снижение содержания экстрактивных веществ (на 15...20 %) по сравнению с их количеством в обжаренном листе. Затем чайный лист сушат в течение 10...15 мин при температуре 85...95 °С до остаточной влажности 8 %. Полученный полуфабрикат лао-ча идет на получение готового продукта.

Полученный с фабрик первичной переработки полуфабрикат сортируют по категориям и отдельно хранят партии, пригодные для изготовления облицовочного материала, и партии лао-ча — для изготовления внутреннего материала.

Зеленый кирпичный чай получают из полуфабриката следующим образом. Составляют смеси облицовочного и внутреннего материалов, которые отдельно пропаривают. Цель этой операции — размягчение полуфабриката и повышение вяжущих свойств за счет содержащихся в материале пектиновых веществ, что облегчит получение прочных кирпичей на последующих стадиях. Затем пропаренный материал укладывают в разогретые до 60...70 °С пресс-формы, засыпая в каждую по 200 г облицовочного материала, затем 1600 г внутреннего материала и снова 200 г облицовочного материала. В итоге получают кирпич массой 2 кг. Прессование ведут на гидравлических прессах под давлением 10...11 МПа. Готовый кирпич выдерживают в пресс-форме 1 ч, чтобы он остыл и затвердел. Затем его извлекают из пресс-формы, обрезают боковые грани и отправляют на сушку. При высушивании удаляют всего 3...4 % влаги, снижая влажность до 12 %, однако процесс занимает 15...20 сут. Кирпичный чай нельзя сушить при высокой температуре, так как происходит преждевременное высыхание и растрескивание поверхностных слоев, в то время как внутренний материал остается влажным. Сушку проводят при температуре 34...36 °С и относительной влажности воздуха 50...55 %. Зеленый кирпичный чай должен быть хорошо спрессованным и не разламываться руками, массовая доля танина в нем должна быть не менее 3,5 %; настой — красно-желтого цвета, цвет разваренного листа — темно-зеленый с темно-коричневым оттенком.

Черный плиточный чай вырабатывают в виде плиток массой 125 и 250 г, получаемых купажированием и прессованием высевок и крошек, образующихся после сортирования полуфабриката черного чая на первичных фабриках. Черный плиточный чай выпускается высшего, первого, второго и третьего сортов. Влажность чая — не более 9 %. С повышением сорта чая содержание кофеина увеличивается с 1,8 до 2,2, а содержание танина с 8,0 до 9,1 %. По органолептическим показателям черный плиточный чай должен отвечать следующим требованиям: настой чая меняется от чистого коричневатого с темно-красным оттенком у высшего сорта до мутноватого темно-коричневого с буроватым оттенком у третьего сорта; аромат чая высшего сорта приятный, полный; вкус с неко-

торами оттенками терпкости, по мере снижения сорта аромат слабеет, появляется грубоватый и даже грубый вкус.

Все прессованные виды чая отличаются пониженной гигроскопичностью, компактностью и транспортабельностью.

**Чайные концентраты и чайные красители.** Производство этих продуктов позволяет рационально и более полно использовать сырьевые ресурсы чайной промышленности. Чайные концентраты и чайные красители мгновенно растворяются в холодной и горячей воде, транспортабельны, имеют более длительный срок хранения, чем обычный чай, отличаются высокой биологической активностью, так как в достаточном количестве содержат присущие чаю ценные химические компоненты: ТКС, кофеин, аминокислоты, органические кислоты, витамины и др.

Сырьем для производства чайных концентратов могут быть: свежий чайный лист, как правило, некондиционный; готовый чай любого вида и сорта, чаще всего низкосортный, а также сходовые фракции, полученные при сортировании байхового чая. Зеленый и черный чайные концентраты выпускают в сухом и жидком виде. Биологическая ценность зеленых концентратов выше, чем черных.

При производстве сухих концентратов сырье подвергают горячей экстракции. Полученный экстракт фильтруют и сушат. Сушку можно производить распылительным способом, но при этом теряется значительная часть ароматических веществ, и более дорогим — сублимационным, позволяющим в максимальной мере сохранить аромат исходного сырья. Содержание влаги в сухом концентрате чая не выше 4%, танина 1,6...5,5, кофеина 0,3...0,75%.

Жидкий концентрат чая — это натуральный чайный экстракт, полученный сгущением до содержания сухих веществ не менее 60%, а затем подвергнутый стерилизации (для прекращения окислительных процессов ферментативного и неферментативного характера с целью стабилизации качества, особенно при длительном хранении продукта) в герметичной упаковке.

Жидкие и сухие концентраты чая вырабатывают без добавок или с добавлением сахара, лимонной кислоты, эфирных масел и других веществ.

Для получения чайных красителей используют главным образом грубый чайный лист и формовочный материал, получаемый при ежегодной подрезке чайного растения. Чайные красители представляют собой сухие порошки зеленого, желтого, коричневого и красного цветов. В основе их получения лежит принцип регулирования глубины окислительных процессов в чайном сырье путем термической обработки. Останавливая действие окислительных ферментов в начале переработки сырья, получают зеленые красители, при их частичном действии — желтые, а при длительном воздействии — коричневые. Далее сырье экстрагируют



водой или этанолом, после чего экстракт сушат до порошкообразного состояния.

Особое значение имеет способ получения натуральных красителей, богатых витамином Р, из столовой свеклы и чайного сырья желтого, коричневого и красного цветов. Красные красящие вещества свеклы нестойки и быстро разрушаются. Для предотвращения этого процесса к столовой свекле добавляют чайные красители. Фенольные соединения чайных красителей оказывают ингибирующее действие на ферменты свеклы, разрушающие пигменты. Чайные красители содержат не более 4 % влаги, не менее 6 % танина. Они используются в кондитерской промышленности, одновременно повышая биологическую ценность изделий.

**Тонизирующие безалкогольные напитки на чайной основе.** Хорошая растворимость жидких концентратов зеленого и черного чая обуславливает их использование в безалкогольной промышленности. Кроме того, тонизирующие напитки на чайной основе обогащены присущими чаю биологически активными веществами, обладают освежающими и приятными вкусовыми свойствами, превосходя мировые образцы прохладительных напитков типа Пепси-кола, Кока-кола.

Тонизирующие напитки (Бахмаро, Тбилисоба, Колхури и др.) вырабатывают из концентратов черного и зеленого чая с добавлением вкусовых и ароматических веществ (сахара, лимонного эфирного масла, лимонной кислоты, фруктовых соков, особенно мандаринового, сахарного колера и др.) и воды, насыщенной диоксидом углерода.

#### *Контрольные вопросы*

1. Каков химический состав чая и в чем проявляется его биологическая и пищевая ценность?
2. В чем сущность процесса ферментации чайного листа и как он влияет на внешний вид и биологическую ценность чайного напитка?
3. Как получают черный байховый чай?
4. Как получают зеленый байховый чай?
5. Что служит сырьем для производства зеленого и черного плиточного чая? В чем особенности их получения?
6. Что представляют собой чайные концентраты?

# ПРИЛОЖЕНИЯ

## Приложение 1

Таблица 1

### Энергетическая ценность некоторых пищевых веществ

Вещество	Теплота сгорания, кДж/г	Энергетическая ценность при окислении в организме	
		ккал/г	кДж/г
Белки	23,66	4,00	16,7
Жиры <sup>1</sup>	39,18	9,00	37,7
Усвояемые углеводы	15,71	3,75	15,7
Этанол (этиловый спирт)	29,62	7,00	29,3
Кислота:			
уксусная	14,62	3,49	14,6
яблочная	10,04	2,39	10,0
молочная	15,17	3,62	15,1
лимонная	10,35	2,47	10,3
Глицерин	18,06	4,31	18,0

<sup>1</sup> Энергетическая ценность жиров в зависимости от длины углеводородной цепи жирных кислот может колебаться от 9,35 (с длинной цепью) до 5,5 ккал (с короткой цепью). Для жиров природных пищевых продуктов принята величина 9,00 ккал (37,7 кДж).

Таблица 2

### Химический состав (г) и энергетическая ценность некоторых пищевых продуктов

Продукт	Содержание, г							Энергетическая ценность	
	вода	белки	жиры	общие угле- воды	моно- и дисаха- риды	клет- чатка	зола	ккал	кДж
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

#### Зерновые:

пшеница:									
мягкая озимая	14,0	11,6	1,6	68,7	2,6	2,4	1,7	318	1331
мягкая яровая	14,0	12,7	1,6	66,6	2,6	3,4	1,7	315	1318
твердая	14,0	12,5	1,9	67,5	2,1	2,3	1,8	320	1339
рожь	14,0	9,9	1,6	70,9	3,5	1,9	1,7	320	1339
овес	13,5	10,1	4,7	57,8	1,2	10,7	3,2	300	1255

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ячмень	14,0	11,5	2,0	65,8	3,6	4,3	2,4	311	1301
просо	13,5	11,2	3,8	60,7	2,5	7,9	2,9	307	1284
гречиха	14,0	11,6	2,3	59,5	1,5	10,8	1,8	290	1213
рис	14,0	7,3	2,0	63,1	3,1	9,0	4,6	284	1188
сорго	13,5	11,1	3,3	66,4	1,6	3,5	2,2	323	1351
кукуруза (в среднем)	14,0	10,3	4,9	67,5	2,7	2,1	1,2	338	1414
кукуруза высоколи- зиновая	14,0	9,3	5,8	67,3	—	2,0	1,6	342	1431
горох	14,0	23,0	1,2	53,3	4,2	5,7	2,8	303	1268
фасоль	14,0	22,3	1,7	54,5	4,5	3,9	3,6	309	1293
чечевица	14,0	24,8	1,1	53,7	2,9	3,7	2,7	310	1297
соя	12,0	34,9	17,3	26,5	9,0	4,3	5,0	395	1653
Мука:									
пшеничная:									
высшего сорта	14,0	10,3	0,9	74,2	1,8	0,1	0,5	327	1368
I сорта	14,0	10,6	1,3	73,2	1,7	0,2	0,7	329	1377
II сорта	14,0	11,7	1,8	70,8	1,8	0,6	1,1	328	1372
обойная	14,0	12,5	1,9	68,2	3,4	1,9	1,5	323	1351
ржаная:									
сеяная	14,0	6,9	1,1	76,9	3,9	0,5	0,6	326	1364
обдирная	14,0	8,9	1,7	73,0	5,1	1,2	1,2	325	1360
обойная	14,0	10,7	1,6	70,3	5,6	1,8	1,6	321	1343
соевая:									
исобезжиренная	9,0	38,5	20,2	25,0	9,0	2,6	4,7	429	1795
полубезжиренная	9,0	45,6	6,3	31,0	10,3	2,9	5,2	355	1485
обезжиренная	9,0	48,9	1,0	33,0	11,5	2,8	5,3	328	1372
ячменная	14,0	10,0	1,6	71,5	3,7	1,5	1,4	322	1347
кукурузная	14,0	7,2	1,5	75,8	1,3	0,7	0,8	327	1368
Крупа:									
манная	14,0	11,3	0,7	73,3	1,3	0,2	0,5	326	1364
гречневая:									
ядрица	14,0	12,6	2,6	68,0	2,0	1,1	1,7	329	1377
продел	14,0	9,5	1,9	72,2	2,1	1,1	1,3	326	1364
рисовая	14,0	7,0	0,6	77,3	1,1	0,4	0,7	323	1351
пшено	14,0	12,0	2,9	69,3	1,7	0,7	1,1	334	1397
толокно	10,0	12,2	5,8	68,3	1,7	1,9	1,8	357	1494
овсяная	12,0	11,9	5,8	65,4	2,9	2,8	2,1	345	1444
овсяные хлопья «Геркулес»	12,0	13,1	6,2	65,7	3,3	1,3	1,7	355	1485
перловая	14,0	9,3	1,1	73,7	1,6	1,0	0,9	324	1356
ячневая	14,0	10,4	1,3	71,7	1,5	1,4	1,2	322	1347
пшеничная:									
«Полтавская»	14,0	12,7	1,1	70,6	2,5	0,7	0,9	325	1360
«Артек»	14,0	12,5	0,7	71,8	1,7	0,3	0,7	326	1364
кукурузная	14,0	8,3	1,2	75,0	2,0	0,8	0,7	325	1360
горох лущеный	14,0	23,0	1,6	57,7	3,4	1,1	2,6	323	1351

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Макаронные изделия:</b>									
высшего сорта	13,0	10,4	0,9	75,2	1,8	68,5	0,1	332	1389
I сорта	13,0	10,7	1,3	74,2	1,7	67,9	0,2	333	1393
высшего сорта яичные	13,0	11,3	1,9	73,4	2,0	66,5	0,1	338	1414
высшего сорта с увеличенным содержанием яиц	13,0	11,8	2,4	72,5	2,0	65,6	0,1	341	1427
высшего сорта молочные	13,0	11,5	2,7	72,2	4,6	62,7	0,1	341	1427
<b>Хлеб:</b>									
ржаной простой формовой	47,5	6,5	1,0	40,1	0	1,1	2,5	190	795
ржано-пшеничный простой формовой	46,9	7,0	1,1	40,3	0	1,1	2,5	193	808
орловский штучный формовой	43,0	6,1	1,1	46,3	0,5	0,6	2,0	211	883
столовый формовой	42,4	6,8	1,2	46,4	2,0	0,6	1,7	215	900
батоны нарезные	36,3	7,4	2,9	51,4	3,3	0,2	1,5	250	1046
Сахар-песок	0,14	0	0	0	99,8	0	0,03	374	1565
Сахар-рафинад	0,1	0	0	0	99,9	0	Следы	375	1569
Патока кукурузная	21,0	Следы	0,3	35,0	43,3	0	0,4	295	1238
<b>Крахмал:</b>									
картофельный	20,0	0,1	Следы	79,6	Следы	Следы	0,3	299	1251
кукурузный	13,0	1,0	0,6	85,2	То же	То же	0,2	329	1377
Пектин	10,0	—	—	78,4	11,2	—	0,4	336	1406
Агар пищевой	18,0	4,0	—	76,0	—	—	2,0	301	1259
Желатин пищевой	10,0	87,2	0,4	0,7	—	—	1,7	355	1485
Сорбит пищевой (94,5 % основного вещества)	5,0	—	—	—	—	—	0,5	354	1481
Ксилит пищевой (97,8 % основного вещества)	2,0	—	—	—	0,1	—	0,1	367	1536
Мед натуральный	17,2	0,8	—	5,5	74,8	—	0,5	308	1289
Какао тертое	2,2	13,5	54,0	13,6	2,0	9,7	2,8	606	2536
<b>Ядро ореха:</b>									
миндаль сладкого	4,0	18,6	57,7	13,6	—	2,6	3,4	645	2699
кешью	5,3	25,2	53,6	5,1	7,5	—	3,2	631	2640
фундука	4,8	16,1	66,9	9,9	—	—	2,3	704	2946
<b>Карамель:</b>									
леденцовая	3,6	Следы	0,1	12,4	83,3	—	0,1	362	1515
с фруктово-ягодной начинкой	6,8	0,1	0,1	11,2	80,9	0,1	0,1	348	1456
с ликерными начинками	6,7	Следы	0,1	13,4	79,2	Следы	0,1	350	1464
с помадными начинками	4,4	То же	0,1	11,2	83,5	То же	0,1	358	1498
<b>Шоколад:</b>									
без добавлений	0,8	5,4	35,3	5,4	47,2	3,9	1,1	540	2259

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
молочный	0,9	6,9	35,7	2,9	49,5	2,0	1,6	547	2289
молочно-сливочный	1,2	7,6	37,2	1,8	49,0	1,3	1,6	557	2330
молочно-ореховый	0,9	7,3	34,5	3,3	49,8	2,1	1,6	541	2264
пористый молочный	0,9	6,9	35,5	2,9	49,4	2,1	1,6	545	2280
Какао-порошок	4,0	24,2	17,5	24,4	3,5	17,4	5,0	373	1561

Таблица 3

## Химический состав (г) и энергетическая ценность растительных жиров

Растительное масло	Содержание, г					Энергетическая ценность	
	вода	белки	жиры	угле-воды	зола	ккал	кДж
<b>Рафинированное масло</b>							
Подсолнечное		0,1	0	99,9	0	Следы	899 3761
Арахисовое		0,1	0	99,9	0	То же	899 3761
Кунжутное		0,1	0	99,9	0	»	899 3761
Соевое		0,1	0	99,9	0	»	899 3761
Оливковое		0,2	0	99,8	0	»	898 3757
Кукурузное		0,1	0	99,9	0	»	899 3761
Хлопковое		0,1	0	99,9	0	»	899 3761
Какао		0,1	0	99,9	0	»	899 3761
Конопляное		0,15	0	99,85	0	»	899 3761
Рапсовое		0,15	0	99,85	0	»	899 3761
<b>Нерафинированное масло</b>							
Кокосовое		0,1	0	99,9	0	»	899 3761
Пальмоядровое		0,3	0	99,7	0	»	897 3753
Горчичное		0,2	0	99,8	0	»	898 3757

Таблица 4

## Химический состав и энергетическая ценность некоторых видов мучных кондитерских изделий

Изделие	Содержание, %							Энергетическая ценность, кДж на 100 г
	вода	белки	жиры	углеводы			зола	
				моно- и дисаха-риды	крах-мал	клет-чатка		
Печенье сахарное из муки первого сорта	5,5	7,4	10,0	25,6	50,6	0,1	0,4	1699
Печенье затяжное из муки первого сорта	6,5	7,8	8,1	19,8	56,8	0,1	0,4	1644
Галеты из муки первого сорта	12,0	10,6	1,3	3,6	70,2	0,2	0,6	1406
Крекеры из муки высшего сорта	8,5	9,2	14,1	2,8	63,3	0,1	0,4	1745
Пряники заварные	14,5	4,8	2,8	43,0	34,7	Следы	0,2	1406
Пряники сырцовые	14,5	6,2	2,0	34,9	42,2	То же	0,2	1389

Продолжение

Изделие	Содержание, %							Энергетическая ценность, кДж на 100 г
	вода	белки	жиры	углеводы			зола	
				моно- и дисаха- риды	крах- мал	клет- чатка		
Вафли с жирсодержащей начинкой	1,0	3,4	30,2	44,5	20,2	Следы	0,2	2218
Вафли с фруктовой начинкой	12,0	3,2	4,8	63,8	16,3	0,8	0,2	1431
Пирожное бисквитное	21,0	4,7	9,3	55,6	8,6	0,4	0,4	1439
Пирожное миндальное	8,0	8,5	16,2	56,3	9,2	0,7	1,1	1778
Торт слоеный, прослоенный кремом	13,0	5,0	37,4	16,6	27,4	Следы	0,3	2188

## Приложение 2

Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц в их наименований

Множитель	Приставка		
	наименование	обозначение	
		русское	международное
1 000 000 000 000 000 000 = 10 <sup>18</sup>	экса	Э	E
1 000 000 000 000 000 = 10 <sup>15</sup>	пета	П	P
1 000 000 000 000 = 10 <sup>12</sup>	тера	Т	T
1 000 000 000 = 10 <sup>9</sup>	гига	Г	G
1 000 000 = 10 <sup>6</sup>	мега	М	M
1 000 = 10 <sup>3</sup>	кило	к	k
100 = 10 <sup>2</sup>	гекто	г	h
10 = 10 <sup>1</sup>	дека	да	da
0,1 = 10 <sup>-1</sup>	деци	д	d
0,01 = 10 <sup>-2</sup>	санти	с	c
0,001 = 10 <sup>-3</sup>	милли	м	m
0,000 001 = 10 <sup>-6</sup>	микро	мк	μ
0,000 000 001 = 10 <sup>-9</sup>	нано	н	n
0,000 000 000 001 = 10 <sup>-12</sup>	пико	п	p
0,000 000 000 000 001 = 10 <sup>-15</sup>	фемто	ф	f
0,000 000 000 000 000 001 = 10 <sup>-18</sup>	атто	а	a

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ауэрман Л.Я. Технология хлебопекарного производства /Под ред. Л. И. Пучковой. — 9-е изд., перераб. — СПб.: Профессия, 2002. — 416 с.
2. Биологически активные добавки в питании человека/ В. А. Тутельян, Б. П. Петухов, А. Н. Австриевских и др. — Томск.: Изд-во научно-технической литературы, 1999. — 294 с.
3. Бредихин С.А., Космодемьянский Ю.В., Юрин В.Н. Технология и техника переработки молока. — М.: Колос, 2003. — 400 с.
4. Бутковский В.А., Мерко А.И., Мельников Е.М. Технология зерноперерабатывающих производств. — М.: Интерграфсервис, 1999. — 472 с.
5. Гореньков Э.С., Горенькова А.Н., Усачева Г.Г. Технология консервирования. — М.: Агропромиздат, 1987. — 351 с.
6. Крахмал и крахмалопродукты/Под ред. Н. Г. Гулюка. — М.: Агропромиздат, 1985. — 240 с.
7. Крылова Г.Д. Основы стандартизации, сертификации, метрологии. — М.: Аудит, ЮНИТИ, 1998. — 479 с.
8. Мартинчик А.Н., Масв И.В., Петухов А.Б. Питание человека (основы нутрициологии). — М.: ГОУ ВУНМЦ МЗ РФ, 2002. — 576 с.
9. Маршалкин Г.А. Технология кондитерских изделий. — М.: Колос, 1994. — 272 с.
10. Медведев Г.М. Технология макаронного производства. — М.: Колос, 1998. — 272 с.
11. Нечаев А.П., Кочеткова А.А., Зайцев А.Н. Пищевые и биологически активные добавки. — М.: Колос, 2001. — 256 с.
12. Новаковская С.С., Шишацкий Ю.И. Производство хлебопекарных дрожжей. — М.: Агропромиздат, 1990. — 335 с.
13. Общая технология сахара и сахаристых веществ/Под ред. А. Р. Сапронова. — 2-е изд., перераб. — М.: Агропромиздат, 1990. — 397 с.
14. Павловская Л.Ф., Дуденко Н.В., Эйдельман М.М. Физиология питания. — М.: Высшая школа, 1989. — 368 с.
15. Позняковский В. М. Гигиенические основы питания и экспертизы продовольственных товаров. — Новосибирск.: Издательство Новосибирского университета, 1996. — 430 с.
16. Политика здорового питания. Федеральный и региональный уровни/ В. И. Покровский, Г. А. Романенко, В. А. Княжев и др. — Новосибирск.: Сибирское университетское издательство, 2002. — 342 с.
17. Пилат Т.Л., Иванов А.А. Биологически активные добавки к пище (теория, производство, применение). — М.: Аввалон, 2002. — 710 с.
18. Сапронов А.Р. Технология сахарного производства. — 2-е изд., перераб. — М.: Колос, 1999. — 495 с.
19. Технология крахмала и крахмалопродуктов/Под ред. Н. Н. Трегубова. — 5-е изд., перераб. и доп. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. — 492 с.
20. Технология консервирования плодов и овощей и контроль качества

продукции /А. Ф. Загибалов, А. С. Зверькова, А. А. Титова и др. — М.: Агропромиздат, 1992. — 352 с.

21. Технология переработки жиров/Под ред. Н. С. Арутюняна. — М.: Агропромиздат, 1985. — 368 с.

22. Технология производства растительных масел/Под ред. В. М. Копейковского. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. — 416 с.

23. Технология спирта/ В. Л. Яровенко, В. А. Маринченко, В. А. Смирнов и др./ Под ред. В. Л. Яровенко. — М.: Колос, 2002. — 464 с.

24. Тутельян В. А., Спиричев В. Б., Суханов Б. П. Микронутриенты в питании здорового и больного человека (справочное руководство по витаминам и минеральным веществам). — М.: Колос, 2002. — 424 с.

25. Фараджева Е. Д., Федоров В. А. Общая технология броидильных производств. — М.: Колос, 2002. — 408 с.

26. Федеральный реестр биологически активных добавок к пище/Под ред. Т. Л. Пилат. — М.: Леовит нутрио, 2002. — 688 с.

27. Флауменбаум Б. Л., Танчев С. С., Гришин М. А. Основы консервирования пищевых продуктов. — М.: Агропромиздат, 1986. — 404 с.

28. Хоперия Р. М. Технология производства чая. — М.: ВО Агропромиздат, 1988. — 160 с.

29. Хорунжина С. И. Биохимические и физико-химические основы технологии солода и пива. — М.: Колос, 1999. — 312 с.

30. Широков Е. П. Технология хранения и переработки плодов и овощей с основами стандартизации. — М.: Агропромиздат, 1988. — 319 с.



## ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ



- Абсорбция 119  
Авитаминоз 317  
Автоокисление 504  
Агар 294, 480  
Агароид 480  
Адгезия 179  
Адсорбенты 538  
Адсорбция 126  
Активаторы роста 561  
Альгинаты 294  
Аминокислоты 3, 12—14  
Анабиоз 715  
Анаболизм 7  
Аниониты 659  
Антикристаллизатор 452  
Антиокислители 307  
Антиоксиданты 31, 504  
Антисептики 210  
Аппарат  
— заторный 598  
— отстойный 602  
Ароматизаторы  
— идентичные натуральным 292  
— искусственные 292  
— натуральные 291  
— пищевые 290  
Асептирование 631  
Аскорбинатоксидаза 191  
Ассимиляция 201  
Ассортимент хлебобулочных изделий 368—369  
Ацилглицерины  
— ди- 498  
— моно- 498  
— три- 500  
Афлатоксины 211, 531  
Аффинаж 411  
Аффинация 410, 411  
Аэрозоль 166, 169  
БАД 309, 310  
Бактерии молочнокислые 622  
— гетероферментативные 200  
— гомоферментативные 200  
Барда 587, 589  
Безопасность пищевых добавок 285  
Белки 11—15  
— нестойкорастворимые 595  
— стойкорастворимые 595  
Бланширование 710  
Болезни  
— хлеба 211  
— вина 682, 683, 684  
Бражка 581, 583, 585  
Брак консервов 725—727  
— микробиологический 726  
— физический 727  
— химический 726  
Брожение 200  
— верховое 202  
— главное 581  
— лимоннокислое 203  
— маслянокислое 204  
— молочнокислое 20  
— низовое 204  
— спиртовое 204, 715  
— уксуснокислое 201  
Бурачная 393  
Быстрорастворяющиеся изделия 387  
Вакуумирование теста 379—380  
Варка 391, 408, 409  
Величина физическая 224  
Вентилирование 393

- Вещества**  
 — пектиновые 20—22, 702  
 — подслащивающие 289  
 — — подсластители 290  
 — — сахарозаменители 289  
 — эссенциальные 313  
**Взбраживание** 581  
**Витаминоподобные вещества** 313  
**Витамины** 23—31, 313, 417, 705  
**Влага**  
 — вегетационная 554  
 — конституционная 554  
**Вода** 32, 33, 708—709  
 — дезодорация 659  
 — лютерная 589  
 — свободная 174  
 — связанная 174  
 — умягчение 659  
**Воды**  
 — газированные 688  
 — искусственно минерализованные 688  
 — лечебно-столовые 688  
 — лечебные 688  
 — природные минеральные 688  
 — столовые 688  
**Воски** 500  
**Выделение** 427  
**Вымораживание** 532, 536  
**Выпаривание** 96, 407, 408  
**Выпечка хлеба** 359—364  
 — печи 361—364  
 — режимы 360—361  
**Выход** 411, 423  
 — хлеба 266, 365  
**Галактозиды** 19  
**Гелеобразование** 177  
**Гелеобразователи** 293  
**Гель** 177  
**Генерация** 603  
**Гидратация** 532  
**Гидрогенизация** 541  
**Гидрозоль** 167  
**Гидроколлоиды** 293  
**Гидролиз** 436—439  
 — кислотно-ферментативный 438  
 — кислотный 436  
 — крахмала 157—158  
 — пектиновых веществ 157—158  
 — сахарозы 155—157  
 — ферментативный 439  
**Гидропероксиды** 503  
**Гиповитаминоз** 317  
**Глазирование** 475  
**Глюкоза** 19, 441  
 — кристаллическая гидратная 441—442  
 — медицинская ангидридная 442, 443  
 — пищевая 444  
 — техническая 444  
**Глютен** 427  
**Глянцевание** 457  
**Госсипол** 528  
**Градиент** 44  
**Движущая сила процесса** 43  
**Деаэрация** 712  
**Дегидратация** 159—160  
**Деторжаж** 679  
**Дезинфекция** 210  
**Дезодоратор** 539  
**Дезодорация** 532, 539  
**Дека** 604  
**Декстрин** 454  
**Деметаллизация** 675  
**Десорбция** 126  
**Десульфитация** 455  
**Дефекация** 400—403  
**Диаметр эквивалентный** 67  
**Диатомит** 611  
**Диспергирование** 167  
**Дисперсность** 164  
**Диссимиляция** 7, 207  
**Дистилляция** 526  
**Диффузия** 113, 397  
**Добавки пищевые** 281  
**Дображивание** 581, 607  
**Дражирование** 457  
**Дробина** 594, 599  
 — хмелевая 600  
**Дробление** 425  
**Дрожжи** 201, 622, 627, 630, 637  
 — естественно-чистые 634  
 — засевные 632  
 — культивирование 580  
 — маточные 632  
 — прессованные 627  
 — расы 201  
 — семенные 603  
 — сушеные 627, 637, 639  
 — товарные 632  
 — хлебопечкарные 343—344  
 — чистые 633

- Дыхание 509  
 — анаэробное 188—189  
 — аэробное 188—189
- Единицы измерения 225
- Жаровни 519  
 Жир 16,17, 498  
 — влияние на качество теста и хлеба 345  
 — применение в хлебопечении 345  
 — «сырой» 505  
 Жом 411
- Забел 605  
 Заводка кристаллов 408  
 Загустители 293, 297  
 Закваска комбинированная 623  
 Закон  
 — Генри 120  
 — Дальтона 121  
 — Дарси 46, 80  
 — Фика 113, 397  
 — Фурье 86  
 — Шукарева 117  
 Замачивание 424  
 — воздушно-водяное 557  
 — воздушно-оросительное 558  
 — в непрерывном потоке воды и воздуха 557  
 — оросительное 557  
 — пневматическое 558  
 Замораживание 716  
 Зародыш 428  
 Затор 593  
 Затирание 594  
 Зерно  
 — замачивание 424  
 — кондиционирование 329  
 — основные свойства зерновой массы 248—249  
 — подготовка к помолу 326—330  
 — помол 330—332  
 — созревание и послеуборочное дозревание 246—247  
 — типы помола 332  
 — хранение 247—248  
 Знак соответствия 232  
 Золь 166
- Идентификационный номер 282  
 Измельчение 426, 709  
 Измерения 224  
 — косвенные 224  
 — прямые 224  
 — совместные 224  
 — совокупные 224  
 Изолят белковый 531  
 Изотермы адсорбции 127  
 Изрезывание 396  
 Иммуитет 713, 714  
 Инвариант подобия 55  
 Индекс производительности 75  
 Индикаторы подобия 58  
 Инспекция 609  
 Инфекция 708
- Кагат 393  
 Калибрование 709  
 Калорийность 13  
 Камеди 294  
 Каптаж 691  
 Карбонизация 610, 612, 698  
 Каррагинаны 294, 299  
 Катиониты 659  
 Качество пищевых добавок 282  
 Кашка 412—414  
 — картофельная 419—421  
 — кукурузная 426  
 — рафинадная 412—416  
 Квас 618  
 — брожения 619  
 — газированный 619  
 Кинетическая устойчивость 168  
 Кислотное число 503  
 Кислоты жирные 499  
 — арахидоновая 499  
 — лауриновая 499  
 — линолевая 499  
 — линоленовая 499  
 — миристиновая 499  
 — насыщенные 499  
 — незаменимые 506  
 — ненасыщенные 499  
 — — *цис*-изомеры 506  
 — олеиновая 499  
 — пальмитиновая 499  
 — полиненасыщенные 506  
 — рицинолевая 499  
 — стеариновая 499  
 — эруковая 499

- эссенциальные 506
- Кислоты карбоновые 15, 17
- Кларификаторы 631
- Клейстеризация 174, 436
- Клерование 412
- Клерс 413
- Коагулятор 535
- Коагуляция 659
  - неполная 600
  - скрытая 600
  - явная 600
- Коалесценция 169
- Кодификация цифровая 282
- Колер 697
- Конденсация 93
- Консерванты 306
- Консервирование 699
- Контракция 173, 660
- Концентрат
  - фосфолипидный 535
  - чайный 740
- Концентратор 408
- Конширование 464
- Коэффициент
  - гидравлического сопротивления 69
  - дыхательный 189
  - извлечения 423
  - измельчения 419
  - испарения 585
  - массоотдачи 114
  - массопередачи 45, 106, 118
  - молекулярной диффузии 113
  - пересыщения 408, 410, 442
  - ректификации 586
  - самоиспарения 99
  - сладости 463
  - температуропроводности 87
  - теплоотдачи 89
  - теплопередачи 45, 86
  - теплопроводности 87
  - формы 71
- Красители пищевые 286
  - минеральные 287
  - натуральные 288
  - синтетические 288
  - чайные 741
- Крахмал 416—418, 423, 424, 428, 429, 430—434
  - ацетилованный 434
  - замещенный 433
  - картофельный 416
  - кукурузный 424—429
  - модифицированный 294, 431—433
  - набухающий 432
  - окисленный 432
  - расщепленный 431
  - свободный 419, 420
  - фосфатный 433
- Кристаллизация 408—410, 442
  - лактата кальция 651
  - лимонной кислоты 647
- Критерий
  - Архимеда 71
  - Био (диффузионный) 116
  - Галилея—Грасгофа 93
  - гидродинамического подобия 59
  - гомохронности 61
  - Кутателадзе 93
  - Нусельта 90
  - определяемый 62
  - определяющий 62
  - Пекле 91
  - Прандтля 88
  - Рейнольдса 59
  - Фруда 60
  - Эйлера 59
- Крупы
  - быстрого приготовления 336
  - виды и сорта 333—334
  - не требующие варки 337
  - производство 334—336
- Купаж 669, 675
- Ламинатор 490
- Лецитин 17
- Лиозоль 167
- Липаза 192, 504
- Липиды 15—19
  - запасные 501
  - простые 498
  - сложные 498
  - структурные 501
- Липоиды 15
- Липоксигеназа 191
- Лузга 513
- Мальтоза сырая 594
- Маргарин 548
- Маринады 719
- Материалы
  - вспомогательные 281
  - несоложенные 591

- Матрица 380—382  
 Международная организация по стандартизации ИСО 231, 234, 237  
 Мезга 421, 427—428, 519  
 Меланины 190, 360  
 Меланоидинообразование 158—159, 360  
 Меласса 411, 583, 630  
 Метод анализа размерностей 63  
 Метрология 221  
 Микронутриенты 319  
 Микроорганизмы  
 — ацидофильные 206  
 — базофильные 206  
 — мезофильные 207  
 — нейтрофильные 206  
 — психрофильные 207  
 — термофильные 207  
 Мисцелла 521  
 Множитель масштабного преобразования 56  
 Моделирование 49  
 Молоко  
 — дрожжевое 627, 636  
 — известковое 400  
 — солодовое 568  
 Моносахариды 19  
 Морс спиртованный 664  
 Мука  
 — виды 250  
 — выход и сорта 250, 331  
 — макаронная 375  
 — общего назначения 250  
 — подготовка к производству 341—342  
 — показатели качества 250—252  
 — пшеничная хлебопекарная 250  
 — созревание 340  
 — способы хранения и транспортирования 340—341  
 — химический состав 332—333  
 Мята 516  
 Набухание 172  
 Нагрузка инфекционная 708  
 Напитки безалкогольные газированные прохладительные  
 — витаминизированные 690  
 — нешипучие 691  
 — общего назначения 690  
 — специального назначения 690  
 — сухие 691  
 — тонизирующие 690  
 Настой спиртованный 664  
 Натяжение поверхностное 171  
 Недорух 514  
 Недостатки вина 683  
 Нейтрализация 439  
 — масла 536  
 — щелочная 532  
 Неоднородные системы 66  
 Неомыляемые вещества 505  
 Несахара 392, 400  
 Неустойчивость агрегативная 165  
 Нефрас 521  
 Номенклатура показателей качества 228  
 Нутрицевтики 309, 312  
 Обеззараживание 210, 693  
 Обдужка 382  
 Обезвоживание 429  
 — механическое 430  
 Обеспложивающая фильтрация 615  
 Обмен веществ 7—8  
 Обрушивание 477, 513  
 Объект стандартизации 215  
 Овес  
 — строение 242—243  
 — химический состав 245  
 Оклейка вина 675  
 Окончательная расстойка теста 358—359  
 Округление теста 355—356  
 Омыление 503  
 Оптимизация 47  
 Органозоль 167  
 Осадок холодный 60  
 Осаждение 67, 68  
 Осахаривание 436, 439, 576  
 Осветление пива 607  
 Осмос 717  
 Отбеливание масла 532, 538  
 Отварка 596  
 Отливка 474  
 Отмирание вина 676  
 Отсадка 475  
 Отсдобка 344  
 Оттек 408—411  
 Отходы производства 411, 727  
 Пар вторичный 97  
 Парафармацевтики 309, 323

- Пассерование 711  
 Пастеризация пива 614  
 Патока 434—441  
 Пауза  
 — белковая 593  
 — мальтозная 593  
 — осахаривания 593  
 Пектины 296, 479  
 Пенообразование 171  
 Пенообразователь 171  
 Пены 170, 180  
 Пептизация 175  
 Перезамачивание 558  
 Переливка вина 674  
 Перезэтерификация 545  
 Период  
 — накопительный 635  
 — отборочный 635  
 Пероксиды 503  
 Питание 3—39  
 Плазмолиз 205  
 Подобие физическое 56  
 Подобное преобразование 57  
 Показатели качества хлеба 369—370  
 Поле 43  
 — концентрации 44  
 — температурное 43  
*Полифенолоксидаза* 190—191, 420, 731  
 Помутнение пива  
 — биологическое 614  
 — клейстерное 615  
 — коллоидное 614  
 — окислительное 615  
 — смоляное 615  
 — холодное 615  
 Порозность 72  
 Пороки вина 683  
 — белый касс 683  
 — медный касс 683  
 — оксидазный касс 683  
 — черный касс 683  
 Порядок реакции 151  
 «Поседение» шоколада  
 — жировое 465  
 — сахарное 464  
 Послеуборочное дозревание 246—247  
 Потенциал 44  
 — *окислительно-восстановительный*  
 206  
 Потери  
 — температурные 102, 103  
 — фитопатологические 393  
 Поток тепловой 45  
 Правило фаз Гиббса 105  
 Пребиотики 325  
 Предварительная расстойка теста 356  
 Предельно допустимая концентрация (ПДК) 285  
 Прессование макаронного теста 378—382  
 Приготовление пшеничного теста  
 — безопасный способ 348  
 — на жидких дрожжах и заквасках 349—350  
 — опарный способ 348—349  
 — ускоренный способ 350  
 Приготовление ржаного теста  
 — на густых заквасках 351  
 — на жидких заквасках 352  
 — особенности 350—351  
 Примеси  
 — головные 586  
 — концевые 586  
 — промежуточные 586  
 — хвостовые 586  
 Пробеливание 309, 409—410  
 Пробиотики 323  
 Прогоркание 16, 503  
 Прокатка 474, 489  
 Проминка 456  
 Простагландины 506  
 Противок 47  
 Протираие 712  
 Процессы при выпечке хлеба 359—360  
 Прямоток 47  
 Пшеница  
 — виды 240  
 — стросние 244  
 — химический состав 245  
 Равновесие фаз 104, 127  
 Разваривание 574  
 Разводка 463  
 Разделка теста 353—359  
 Размазывание 474  
 Раствор межкристальный 409  
 Рафинад 412  
 Рафинация 528, 531— 532  
 — *бесщелочная* 532  
 — дистилляционная 532  
 — щелочная 528  
 Рафинирование 421

- Регламент технический 214
- Режимы выпечки хлеба 360—361
- Резка 396
- Ректификация спирта 585
- Ремюаж 679
- Рожь
  - строение 241
  - химический состав 245
- Розлив 694
- Рушанка 513
  
- Саломас 542, 544
- Сатурация 404—405, 698
- Сахар-песок 391
  - влияние на качество теста и хлеба 344
  - жидкий 401
- Свободнодисперсные системы 176
- Свод правил 215
- Сгущение 401, 407
- Сегнерово колесо 556
- Седиментация 168
- Семеновейка 515
- Сертификат соответствия 232
- Сертификация 231
  - добровольная 232
  - обязательная 232
- Сечение живое 42
- Сечка 514
- Силикагель 128
- Синбиотики 325
- Синерезис 177, 179
- Сироп
  - инвертный 155—157
  - купажный 626, 697
- Система 165
  - грубодисперсная 165
  - дисперсная 165
  - коллоидные 165
  - связнодисперсные 176
- Скисание уксусное 682
- Складка 632
- Смесь сокоотружечная 398
- Соапсток 529
- Созревание
  - вина 676
  - муки 340
- Сок
  - клеточный 392, 420
  - спиртованный 664
- Соли-модификаторы 480
  
- Солод
  - виды 252—253
  - диафарин 568
  - жженный 568
  - карамельный 568
  - показатели качества 253—255
  - полированный 592
  - применение 253
  - просяной 567
  - ржаной 569
- Солодоращение 559
- Соломур 477
- Сольватация 172
- Сополимер 434
- Сорбенты 538
- Сортирование 709
- Сортировка волок 660
- Спирт
  - ароматный 665
  - коньячный 685
  - ректификат 589
  - сырец 586, 587, 684
  - элюрат 588
- Способы проращивания зерна 561—563
  - пневматическое 561
  - статическое 563
  - токовое 561
- Среда дисперсионная 164
- Средства измерений 223
  - лабораторные 223
  - полевые 223
  - производственные 223
  - рабочие 223
- Стабилизаторы 293, 299
- Стандарт 215
  - международный 216
  - методы контроля 216
  - национальный 216
  - на продукцию 216
  - на процессы 217
  - организации 216
  - основополагающий 216
  - терминологический 217
- Стандартизация 213
  - международная 215
  - национальная 215
  - региональная 215
- Старение вина 676
- Степень
  - аэробности 206
  - набухания 173

- Стерилизация 719—720  
 — способом сульфитации 720  
 — тепловая 719  
 — токами высокой и сверхвысокой частоты 720  
 Студнеобразователи 178  
 Студни 172, 178  
 Степень изменения концентрации 111  
 Сульфитация 161—162, 401, 405  
 Сусло 579  
 — концентрат квасного 619, 620  
 Суспензия 168  
 — крахмало-белковая 427  
 Сушильная способность воздуха 383  
 Сушка 135, 409, 430, 717  
 Сушка макаронных изделий  
 — высокотемпературные режимы 387  
 — особенности 383—384  
 — с изменяющейся сушильной способностью воздуха 386  
 — с постоянной сушильной способностью воздуха 386  
 — трехстадийный режим 385  
 Сырая мальтоза 594
- Танк лагерный 608  
 Тарелка холодильная 602  
 Темперирование 462  
 Теорема подобия 61  
 Термовлагопроводность 137  
 Тесто хлебопекарное  
 — процессы при брожении 346—348  
 — процессы при замесе 345—346  
 Тиксотропия 177, 179  
 Тостер 529
- Уваривание 410, 441  
 Углеводы 19—23, 701  
 Уголь  
 — активный 413, 662  
 — — регенерация 662  
 — гранулированный 413  
 Удельный расход  
 — воздуха 142  
 — пара 101  
 — теплоты 144  
 Упек хлеба 364  
 Уравнение  
 — критериальное 61, 62  
 — Лангмюра 127  
 — материального баланса 42
- Навье—Стокса 49  
 — неразрывности потока 42  
 — основное кинетическое 45  
 — рабочей линии 105  
 — фильтрация Дарси 46  
 — Фрейндлиха 126  
 — Фурье 86  
 — энергетического баланса 43  
 Усилители вкуса 292  
 Условия однозначности 62  
 Устойчивость седиментационная 168  
 Усушка хлеба 364  
 Утфель 408—411
- Фаза**  
 — дисперсная 164  
 — ферментативная 56  
 — физиологическая 564  
 — химическая 565  
 Фактор разделения 75  
 ФАО 282  
 Ферментные препараты 185—186, 194, 196—199  
 Ферменты 14, 15  
 — амилолитические 193—195, 350—351  
 — лектолитические 196—197, 702  
 — протеолитические 195—196  
 Фиксаторы окраски 288  
 Фильтрование 67, 78, 406—407  
 Форпресс 520  
 Фосфолипиды 302, 303, 500, 533  
 Фракция эфиромальгидная 588  
 Фуруцелларан 480
- Холестерин 17, 506  
 Хранение хлеба 364—365
- Цвель вина 682  
 Целлюлозы модифицированные 295  
 Целяк 514  
 Ценность  
 — пищевая 18, 21—22  
 — хлеба 368, 369  
 — энергетическая 10  
 Центрифуги 75  
 Центрифугирование 410  
 Циклоны 76
- Чай**  
 — виды 729—730  
 — категории 729



— получение 733, 738—740  
— сорта 729  
Черствение хлеба 364—365  
Число единиц переноса 108

**Шампанизация** 679  
«Шапка» 674  
**Шпарка** 455  
**Шпунт-аппарат** 608  
**Шпунтование** 608  
**Шрот** 524

**Экстракт** 428  
— кукурузный 631  
**Экстрактор** 522

**Экстракция** 397  
— прямая 507  
**Эмульгатор** 169, 293, 300  
**Эмульсия** 168  
— «вода в масле» 547  
— обратная 169  
— прямая 169  
**Энергозатраты** 8  
**Энтеросорбенты** 312  
**Эталон** 223  
**Этанол** 570, 589  
**Эффект Пастера** 202

**Ячмень**  
— строение 242  
— химический состав 245

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Раздел I. ПИЩЕВАЯ ЦЕННОСТЬ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ</b> .....	3
<b>Глава 1. ПИТАНИЕ И ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА (Г. М. Мелькина)</b> .....	3
1.1. Концепция Государственной политики в области здорового питания населения РФ .....	4
1.2. Основные приоритеты в области улучшения питания населения России ....	5
<i>Контрольные вопросы</i> .....	6
<b>Глава 2. ОСНОВНЫЕ СОСТАВНЫЕ ВЕЩЕСТВА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ И ИХ РОЛЬ В ПИТАНИИ ЧЕЛОВЕКА (Г. М. Мелькина)</b> .....	7
2.1. Общее представление об обмене веществ и энергии в организме .....	7
2.2. Физиологическое значение отдельных составных частей пищи .....	11
2.2.1. Белки .....	11
2.2.2. Липиды .....	15
2.2.3. Углеводы .....	19
2.2.4. Витамины .....	23
2.2.5. Минеральные вещества .....	31
2.2.5.1. Вода .....	32
2.2.5.2. Макроэлементы .....	33
2.2.5.3. Микроэлементы .....	36
2.2.5.4. Ультрамикроэлементы .....	38
<i>Контрольные вопросы</i> .....	40
<b>Раздел II. НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ</b> .....	41
<b>Глава 3. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ЗАКОНЫ (В. И. Горбатюк)</b> .....	41
3.1. Два вида переноса .....	41
3.2. Движущая сила процесса .....	43
3.3. Законы переноса массы и энергии .....	45
3.4. Классификация основных процессов .....	46
3.5. Принципы оптимизации технологических процессов .....	47
<i>Контрольные вопросы</i> .....	48
<b>Глава 4. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПОДОБИЯ. ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ ПОДОБИЕ (В. И. Горбатюк)</b> .....	48

4.1. Уравнения Навье—Стокса .....	49
4.2. Геометрическое подобие .....	54
4.3. Физическое подобие .....	56
4.4. Критерии гидродинамического подобия. Подобное преобразование уравнений Навье—Стокса .....	57
4.5. Метод анализа размерностей. $\pi$ -Теорема .....	63
<i>Контрольные вопросы</i> .....	66
<b>Глава 5. РАЗДЕЛЕНИЕ НЕОДНОРОДНЫХ СИСТЕМ (В. И. Горбатюк) ...</b>	<b>66</b>
5.1. Классификация неоднородных систем .....	66
5.2. Классификация процессов разделения неоднородных систем .....	67
5.2.1. Осаждение .....	68
5.2.2. Фильтрация .....	78
<i>Контрольные вопросы</i> .....	84
<b>Глава 6. ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ (В. И. Горбатюк) .....</b>	<b>84</b>
6.1. Основное уравнение теплопередачи .....	85
6.2. Три способа переноса теплоты .....	86
6.3. Опытные данные по теплоотдаче .....	92
6.4. Теплоносители и их свойства .....	94
6.5. Процессы выпаривания .....	96
<i>Контрольные вопросы</i> .....	103
<b>Глава 7. МАССООБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ (В. И. Горбатюк) .....</b>	<b>104</b>
7.1. Основы массопередачи .....	104
7.2. Законы массопередачи .....	113
7.3. Абсорбция .....	119
7.3.1. Закон Генри. Равновесие при абсорбции .....	119
7.3.2. Расчет абсорберов .....	121
7.4. Адсорбция .....	126
7.4.1. Уравнения Фрейндлиха и Лангмюра. Равновесие при адсорбции .....	126
7.4.2. Адсорбенты .....	128
7.4.3. Расчет адсорберов .....	129
7.5. Экстракция .....	131
7.6. Сушка .....	135
7.6.1. Виды связи влаги с материалом .....	135
7.6.2. Кинетика сушки .....	137
7.6.3. Расчет конвективной сушилки .....	140
7.6.4. Определение удельных расходов воздуха и теплоты с помощью $I-d$ -диаграммы .....	143
7.6.5. Расчет рециркуляционной сушилки .....	147
<i>Контрольные вопросы</i> .....	149
<b>Глава 8. ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ (Н. Н. Шебершинева) .....</b>	<b>149</b>
8.1. Факторы, влияющие на скорость химических реакций .....	150

8.2. Сущность отдельных химических процессов и их роль в пищевой промышленности .....	155
<i>Контрольные вопросы</i> .....	163
<b>Глава 9. ДИСПЕРСНЫЕ СИСТЕМЫ (И. С. Шуб)</b> .....	164
9.1. Классификация дисперсных систем .....	165
9.2. Коллоидные системы .....	166
9.3. Микрогетерогенные системы .....	168
9.4. Молекулярные коллоиды (растворы высокомолекулярных соединений) .....	171
9.5. Структурообразование в дисперсных системах .....	176
<i>Контрольные вопросы</i> .....	181
<b>Глава 10. БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ (Н. Н. Шебершинева)</b> .....	181
10.1. Факторы, влияющие на скорость биохимических процессов .....	181
10.2. Строение, свойства и классификация ферментов .....	184
10.3. Ферментные препараты .....	185
10.4. Роль ферментов при производстве и хранении пищевых продуктов .....	188
<i>Контрольные вопросы</i> .....	199
<b>Глава 11. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ (И. С. Шуб)</b> .....	199
11.1. Основные группы микроорганизмов, используемых в пищевой промышленности .....	199
11.2. Типы энергетического обмена у микроорганизмов .....	203
11.3. Необходимые условия для регулирования обмена веществ микроорганизмов .....	205
11.4. Производственная инфекция и дезинфекция .....	209
<i>Контрольные вопросы</i> .....	212
<b>Раздел III. ОСНОВЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ И СЕРТИФИКАЦИИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ (О. М. Аношина)</b> .....	213
<b>Глава 12. ГОСУДАРСТВЕННАЯ И МЕЖДУНАРОДНАЯ СИСТЕМЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ</b> .....	213
12.1. Сущность стандартизации .....	213
12.2. Нормативные документы по стандартизации .....	214
12.3. Объекты стандартизации, виды стандартов .....	215
12.4. Органы и службы стандартизации .....	217
12.5. Международные организации по стандартизации и контролю качества продукции .....	218
<i>Контрольные вопросы</i> .....	218
<b>Глава 13. РАЗРАБОТКА, ВНЕДРЕНИЕ И ОБРАЩЕНИЕ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ</b> .....	219
13.1. Порядок разработки стандартов .....	219
13.2. Обозначение и срок действия стандартов .....	220

13.3. Термины и определения основных понятий в области стандартизации в пищевой промышленности .....	220
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	221
<b>Глава 14. ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ</b> .....	221
14.1. Метрологическая служба .....	222
14.2. Средства и методы измерений .....	223
14.3. Физические величины и единицы измерений .....	224
<i>Контрольные вопросы</i> .....	225
<b>Глава 15. КАЧЕСТВО ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ</b> .....	226
15.1. Понятие о качестве пищевой продукции .....	226
15.2. Федеральный закон о качестве и безопасности продуктов питания ..	227
15.3. Классификация и номенклатура показателей качества .....	228
15.4. Повышение качества продукции в современных условиях .....	229
<i>Контрольные вопросы</i> .....	231
<b>Глава 16. РОЛЬ СЕРТИФИКАЦИИ В ГАРАНТИРОВАНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ</b> .....	231
16.1. Основные термины и определения .....	231
16.2. Правовые основы и нормативная база сертификации .....	233
16.3. Международные и региональные организации по сертификации .....	233
16.4. Структура системы сертификации РФ .....	234
16.5. Правила и порядок проведения сертификации .....	235
16.6. Система управления качеством продукции .....	236
<i>Контрольные вопросы</i> .....	238
<b>Раздел IV. СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ</b> .....	239
<b>Глава 17. ОСНОВНОЕ СЫРЬЕ</b> .....	239
17.1. Зерновые культуры ( <i>Н. Н. Шебершинева</i> ) .....	239
17.1.1. Стандарты на зерно .....	243
17.1.2. Морфологическая характеристика, анатомическое строение и состав злаковых культур .....	243
17.1.3. Созревание и послеуборочное дозревание зерна .....	246
17.1.4. Хранение зерна .....	247
17.1.5. Основные свойства зерновой массы .....	248
17.2. Мука ( <i>Н. Н. Шебершинева</i> ) .....	249
17.2.1. Классификация муки .....	249
17.2.2. Стандарты на муку .....	250
17.3. Солод ( <i>Н. Н. Шебершинева</i> ) .....	252
17.3.1. Виды солода .....	252
17.3.2. Стандарты на солод .....	253
17.4. Масличное сырье ( <i>В. Г. Щербаков, А. П. Нечаев</i> ) .....	255
17.4.1. Семена и плоды масличных растений .....	255

17.4.2. Маслосодержащие отходы пищевых производств .....	263
17.5. Крахмал и крахмалопродукты ( <i>Г. М. Мелькина</i> ) .....	264
17.5.1. Сухой кукурузный и картофельный крахмал .....	266
17.5.2. Патока .....	267
17.5.3. Глюкоза .....	268
17.6. Сахар ( <i>Г. М. Мелькина</i> ) .....	268
17.6.1. Сахар-песок .....	269
17.6.2. Жидкий сахар .....	270
17.6.3. Сахар-рафинал .....	270
17.7. Молоко и молочные продукты ( <i>В. С. Шикина</i> ) .....	271
17.7.1. Молоко коровье .....	271
17.7.2. Молоко сгущенное .....	273
17.7.3. Сухие молочные продукты .....	273
17.7.4. Сливочное масло .....	274
17.7.5. Топленое масло .....	276
17.8. Вода ( <i>В. С. Шикина</i> ) .....	276
17.9. Яйца и яйцепродукты ( <i>В. С. Шикина</i> ) .....	278
<i>Контрольные вопросы</i> .....	279

## Глава 18. ПИЩЕВЫЕ И БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ДОБАВКИ

( <i>А. А. Кочеткова, А. П. Нечаев</i> ) .....	280
18.1. Пищевые добавки .....	281
18.1.1. Гигиеническая регламентация пищевых добавок .....	285
18.1.2. Вещества, улучшающие внешний вид пищевых продуктов .....	286
18.1.3. Вещества, влияющие на вкус и аромат пищевых продуктов .....	289
18.1.4. Добавки, изменяющие структуру и физико-химические свойства пищевых продуктов .....	293
18.1.5. Вещества, способствующие увеличению сроков хранения .....	305
18.1.6. Общие подходы к подбору и применению пищевых добавок .....	307
18.2. Биологически активные добавки .....	309
18.2.1. Гигиеническая регламентация БАД к пище .....	310
18.2.2. Общие сведения о получении БАД .....	311
18.2.3. Нутрицевтики .....	312
18.2.4. Парафармацевтики .....	323
18.2.5. Пробиотики .....	323
<i>Контрольные вопросы</i> .....	325

## Раздел V. ТЕХНОЛОГИИ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ .....

326

### Глава 19. ТЕХНОЛОГИЯ МУКИ, КРУПЫ, ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

ИЗ ЗЕРНА ( <i>Н. Н. Шебершинева</i> ) .....	326
19.1. Переработка зерна в муку .....	326
19.2. Переработка зерна в крупу .....	333
19.2.1. Виды круп .....	333
19.2.2. Производство крупы .....	334

19.3. Рациональное использование продуктов переработки зерна .....	337
<i>Контрольные вопросы</i> .....	338
<b>Глава 20. ТЕХНОЛОГИЯ ХЛЕБА И ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ</b> <i>(Н. Н. Шебершинева)</i> .....	339
20.1. Хранение и подготовка муки к производству .....	340
20.2. Хранение и подготовка дополнительного сырья к производству .....	342
20.2.1. Вода .....	342
20.2.2. Соль .....	342
20.2.3. Дрожжи .....	343
20.2.4. Сахар-песок, жир .....	344
20.3. Приготовление теста .....	345
20.4. Разделка теста .....	353
20.5. Выпечка хлеба .....	359
20.6. Хранение хлеба .....	364
20.7. Расчет выхода хлебобулочных изделий .....	365
20.8. Поточно-механизированные линии производства хлебобулочных изделий .....	366
20.9. Ассортимент хлебобулочных изделий .....	367
20.10. Пищевая ценность хлебобулочных изделий .....	368
20.11. Показатели качества хлеба и хлебобулочных изделий .....	369
20.12. Болезни хлеба .....	370
<i>Контрольные вопросы</i> .....	371
<b>Глава 21. ТЕХНОЛОГИЯ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ (Н. Н. Шебершинева)</b> .....	371
21.1. Классификация макаронных изделий .....	372
21.2. Технологические схемы производства макаронных изделий .....	372
21.3. Хранение и подготовка сырья к производству .....	375
21.4. Приготовление теста .....	376
21.5. Формование макаронных изделий .....	378
21.6. Разделка сырых макаронных изделий .....	382
21.7. Сушка макаронных изделий .....	383
21.8. Охлаждение, упаковывание и хранение макаронных изделий .....	388
21.9. Учет расхода сырья .....	389
<i>Контрольные вопросы</i> .....	389
<b>Глава 22. ТЕХНОЛОГИЯ САХАРА (Г. М. Мелькина)</b> .....	389
22.1. Получение сахара-песка .....	390
22.1.1. Характеристика сахарной свеклы .....	390
22.1.2. Прием и хранение сахарной свеклы .....	393
22.1.3. Доставка свеклы на завод и отделение примесей .....	393
22.1.4. Мойка свеклы .....	394
22.1.5. Измельчение свеклы в стружку .....	396
22.1.6. Получение диффузионного сока .....	397
22.1.7. Очистка диффузионного сока .....	400
22.1.8. Фильтрование сока (сиропа) .....	406

22.1.9. Стушение сока до сиропа .....	407
22.1.10. Варка утфеля I кристаллизации, получение кристаллического сахара .....	408
22.1.11. Переработка оттеков утфеля I кристаллизации .....	409
22.1.12. Использование отходов свеклосахарного производства .....	411
22.2. Получение жидкого сахара .....	411
22.3. Получение сахара-рафинада .....	412
22.4. Переработка тростникового сахара-сырца .....	414
<i>Контрольные вопросы</i> .....	415
<b>Глава 23. ТЕХНОЛОГИЯ КРАХМАЛА И КРАХМАЛОПРОДУКТОВ</b>	
<i>(Г. М. Мелькина)</i> .....	416
23.1. Получение сырого крахмала .....	416
23.1.1. Картофельный крахмал .....	416
23.1.2. Кукурузный крахмал .....	424
23.2. Получение сухого крахмала .....	429
23.3. Получение модифицированных крахмалов .....	431
23.3.1. Расщепленные крахмалы .....	431
23.3.2. Замещенные крахмалы .....	433
23.4. Получение декстрина .....	434
23.5. Получение крахмальной патоки .....	434
23.6. Получение глюкозы и глюкозосодержащих продуктов .....	441
<i>Контрольные вопросы</i> .....	445
<b>Глава 24. ТЕХНОЛОГИЯ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ (И. С. Шуб)</b> .....	446
24.1. Характеристика сырья .....	446
24.2. Технология карамели .....	448
24.3. Технология шоколада .....	458
24.4. Технология какао-порошка .....	465
24.5. Технология конфет .....	466
24.5.1. Приготовление конфетных масс .....	466
24.5.2. Формование корпусов конфет .....	473
24.5.3. Глазирование конфет .....	475
24.5.4. Завертывание, упаковывание и хранение конфет .....	475
24.6. Технология халвы .....	476
24.7. Технология мармелада и пастилы .....	478
24.8. Технология мучных кондитерских изделий .....	485
24.8.1. Печенье, галеты и крекер .....	486
24.8.2. Пряники .....	492
24.8.3. Вафли .....	493
24.8.4. Торты и пирожные .....	495
<i>Контрольные вопросы</i> .....	497
<b>Глава 25. ТЕХНОЛОГИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ И ЖИРОВ</b>	
<i>(В. Г. Щербаков, А. П. Нечаев)</i> .....	497
25.1. Характеристика жиров .....	497



25.2. Функции и свойства липидов.....	501
25.3. Пищевая ценность масел и жиров.....	506
25.4. Получение растительных масел.....	507
25.5. Рафинация масел и жиров.....	531
25.6. Получение гидрированных жиров.....	541
25.7. Переэтерификация масел и жиров.....	545
25.8. Получение маргарина.....	546
<i>Контрольные вопросы</i> .....	550
<b>Глава 26. ТЕХНОЛОГИЯ СОЛОДА (И. С. Шуб)</b> .....	551
26.1. Очистка и сортирование зерна.....	551
26.2. Замачивание зерна.....	554
26.3. Проращивание зерна.....	559
26.4. Сушка солода.....	564
26.5. Особенности получения солода для спиртового производства.....	567
26.6. Особенности получения специальных видов солода для пивоваренного производства.....	568
26.7. Особенности получения ржаного (ферментированного и неферментированного) солода.....	569
<i>Контрольные вопросы</i> .....	570
<b>Глава 27. ТЕХНОЛОГИЯ ЭТАНОЛА (О. М. Аношина)</b> .....	570
27.1. Подготовка сырья.....	572
27.2. Разваривание крахмалсодержащего сырья.....	574
27.3. Осахаривание крахмалсодержащего сырья.....	576
27.4. Культивирование дрожжей.....	579
27.5. Сбраживание осахаренной массы.....	581
27.6. Особенности сбраживания сусла из мелассы.....	583
27.7. Извлечение спирта из бражки и его очистка.....	585
27.8. Использование вторичных материальных ресурсов.....	589
<i>Контрольные вопросы</i> .....	590
<b>Глава 28. ТЕХНОЛОГИЯ ПИВА (И. С. Шуб)</b> .....	590
28.1. Очистка и дробление солода.....	592
28.2. Получение пивного сусла.....	593
28.3. Брожение пивного сусла.....	602
28.4. Дображивание и созревание пива.....	607
28.5. Осветление и розлив пива.....	611
28.6. Повышение стойкости пива.....	614
28.7. Использование отходов пивоваренного производства.....	615
<i>Контрольные вопросы</i> .....	618
<b>Глава 29. ТЕХНОЛОГИЯ КВАСА (О. М. Аношина)</b> .....	618
29.1. Характеристика сырья.....	619
29.2. Приготовление концентрата кислого сусла.....	620
29.3. Сбраживание кислого сусла.....	622

29.4. Розлив и пастеризация кваса .....	625
29.5. Получение квасов купажем .....	626
<i>Контрольные вопросы</i> .....	627
<b>Глава 30. ТЕХНОЛОГИЯ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ДРОЖЕЙ</b>	
( <i>О. М. Аношина</i> ) .....	627
30.1. Приготовление питательной среды .....	630
30.2. Выращивание дрожжей .....	632
30.3. Выделение, формование и упаковывание дрожжей .....	635
30.4. Сушка дрожжей .....	637
30.5. Производство дрожжей на спиртовых заводах .....	639
<i>Контрольные вопросы</i> .....	642
<b>Глава 31. ТЕХНОЛОГИЯ ПИЩЕВЫХ КИСЛОТ И УКСУСА</b>	
( <i>В. С. Шикина</i> ) .....	642
31.1. Получение лимонной кислоты .....	642
31.2. Получение молочной кислоты .....	648
31.3. Получение уксуса .....	653
<i>Контрольные вопросы</i> .....	655
<b>Глава 32. ТЕХНОЛОГИЯ ЛИКЕРОВОДОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ (<i>И. С. Шуб</i>)</b> ...	655
32.1. Характеристика сырья и полуфабрикатов .....	657
32.2. Получение водок .....	659
32.3. Получение ликероводочных изделий .....	663
32.4. Розлив и оформление ликероводочных изделий .....	667
<i>Контрольные вопросы</i> .....	668
<b>Глава 33. ТЕХНОЛОГИЯ ВИНОГРАДНЫХ ВИН И КОНЬЯКОВ</b>	
( <i>И. С. Шуб</i> ) .....	668
33.1. Классификация и характеристика виноградных вин .....	668
33.2. Характеристика сырья .....	670
33.3. Получение тихих вин .....	671
33.4. Получение вин, насыщенных диоксидом углерода .....	678
33.5. Болезни, пороки и недостатки вин .....	682
33.6. Получение коньяков .....	684
33.7. Розлив, маркировка и хранение вин и коньяков .....	686
33.8. Использование вторичных продуктов .....	686
<i>Контрольные вопросы</i> .....	687
<b>Глава 34. ТЕХНОЛОГИЯ БЕЗАЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ</b>	
( <i>О. М. Аношина</i> ) .....	687
34.1. Ассортимент безалкогольных напитков .....	688
34.2. Добыча и розлив минеральных вод .....	691
34.3. Получение безалкогольных напитков .....	695
<i>Контрольные вопросы</i> .....	699

Глава 35. ТЕХНОЛОГИЯ КОНСЕРВИРОВАНИЯ ПЛОДОВ И ОВОЩЕЙ (Г. М. Мелькина) .....	699
35.1. Классификация плодов и овощей .....	699
35.2. Химический состав и пищевая ценность плодов и овощей .....	700
35.3. Ассортимент плодоовощных консервов .....	706
35.4. Сбор, доставка, прием и хранение сырья .....	707
35.5. Общие технологические приемы, используемые при консервировании плодов и овощей .....	708
35.6. Основные способы воздействия на микрофлору продуктов .....	713
35.7. Тара для консервов .....	724
35.8. Виды брака консервов в герметичной таре .....	725
35.9. Использование отходов консервного производства .....	727
<i>Контрольные вопросы</i> .....	727
Глава 36. ТЕХНОЛОГИЯ ЧАЯ (Н. Н. Шебершинева) .....	728
36.1. Классификация чая .....	728
36.2. Химический состав, биологическая и пищевая ценность чая .....	730
36.3. Получение чая и других видов чайной продукции .....	733
<i>Контрольные вопросы</i> .....	741
<i>Приложения</i> .....	742
<i>Список рекомендуемой литературы</i> .....	747
<i>Предметный указатель (И. С. Шуб)</i> .....	749

Учебное издание

**Нечаев Алексей Петрович, Шуб Ирина Соломоновна, Аношина Ольга Михайловна,  
Горбатько Виктор Иванович, Кочеткова Алла Алексеевна, Мелькина Галина  
Михайловна, Шебершневa Нелли Николаевна, Шикина Валентина Сергеевна,  
Щербаков Владимир Григорьевич**

## **ТЕХНОЛОГИИ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

*Учебник для вузов*

Художественный редактор *В. А. Чуракова*  
Корректор *В. Н. Маркина*  
Компьютерная верстка *В. А. Маланичевой*

Слано в набор 02.03.04. Подписано в печать 21.01.05. Формат 60×88 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Гарнитура Ньютон. Печать офсетная. Усл. печ. л. 47,04.  
Уч.-изд. л. 51,46. Изд. № 010. Тираж 3000 экз. Заказ № 638

ООО «Издательство «КолосС»,  
101000, Москва, ул. Мясницкая, д. 17.

Почтовый адрес: 129090, Москва, Астраханский пер., д. 8.  
Тел. (095) 280-99-86, тел./факс (095) 280-14-63, e-mail: koloss@koloss.ru,  
наш сайт: www.koloss.ru

Отпечатано в ГУП РМЭ «Марийский  
полиграфическо-издательский комбинат»  
424000, г. Йошкар-Ола, ул. Комсомольская, 112

ISBN 5-10-003813-6



9 785100 038130