

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ  
РЕСПУБЛИКИ**

**АЗЕРБАЙДЖАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

**КАФЕДРА: «ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ»**

# **КУРС ЛЕКЦИЙ**

**ПО ПРЕДМЕТУ**

## **«НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ»**

**СОСТАВИЛ:**

**ДОЦ. ФАРЗАЛИЕВ Э. Б.**

**БАКУ - 2016**

**Лекция № 1**

## **Тема: Введение. Общие вопросы курса.**

### **План**

- 1. Введение. Цель и задачи дисциплины**
- 2. Общая характеристика пищевой промышленности**
- 3. Ассортимент продукции**
- 4. Важнейшие технологические понятия и определения: понятие технология. Производственный и технологический процессы, как основа производства**
- 5. Современные требования к технологиям пищевых продуктов.**

#### **1. Введение. Цель и задачи дисциплины**

*Пищевая технология* – это отрасль прикладного характера, занимающаяся изучением способов производства продуктов и базирующаяся практически на всех фундаментальных науках. Сложные процессы, происходящие при переработке сырья в продукты питания, основаны на законах физики, химии, биохимии, микробиологии, механики и др.

Современная пищевая промышленность насчитывает несколько десятков отраслей, использующих разнообразное сырье, работающих по региональным схемам и на специфическом оборудовании.

Ключевым звеном общественного развития и основой всех национальных и государственных структур является производство. На предприятиях осуществляется производство пищевые продукты, составляющие основу жизнедеятельности человека и безопасности государства. Они также обеспечивают доход для подавляющей части населения.

В условиях рыночных отношений роль технологического развития резко возрастает, ибо только своевременная смена технологий в соответствии с требованиями рынка обеспечивает конкурентоспособность предприятия,

основой процветания которого является грамотная технологическая политика. В этом смысле Азербайджан в своём развитии прошел тяжелый период.

После восстановления государственной независимости в 1991 году Азербайджан начал реализовывать суверенные права и вести самостоятельную политику в сфере экономики. Главным направлением этой деятельности стали создание системы экономики, основанной на различных формах собственности, переход к рыночным отношениям и интеграция в мировую экономику.

Экономическое развитие со времени приобретения независимости по сей день можно разделить на два основных этапа. Первый, охватывающий 1991-1995 годы, явился периодом хаоса или упадка, второй, период макроэкономической стабильности и динамического развития экономики, начавшийся с 1996 года и продолжающийся по сей день.

Важная роль в жизни общества принадлежит активной производственной технике и технологии, которые представляют существенную часть всей технической системы, ее ядро. Главными, определяющими стимулами развития технологий являются экономические, производственные потребности общества.

Высоко оценивая роль науки и техники в развитии общества можно выделить их технологические и социально-экономические функции, с одной стороны, рассматривая науку и технику как звено в системе производительных сил, а с другой – в качестве звена определенной социальной системы. Развитие технологии испытывает мощное влияние экономических и идейных институтов общества. В свою очередь социальное воздействие техники на общество идет прежде всего через повышение производительности труда, через специализацию средств труда, которая служит технической основой разделения труда, и, наконец, путем замещения техническими средствами трудовых функций человека. Это социальное воздействие техники легко прослеживается, например, при переходе от

ручного труда к машинному, а затем к комплексной автоматизации производства. Техника влияет на общество не только через сферу материального производства, но изменяет условия труда и быта, влияет на мировоззрение человека, его психологию, мышление и т.д.

*Обеспечение здоровья населения страны* – одно из приоритетных направлений деятельности государства. Производство продуктов питания, их качество должны являться важнейшим рычагом, обеспечивающим поддержание здоровья, работоспособности и творческого потенциала нации.

*Продовольственная безопасность* любой страны, по определению Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), есть способность государства обеспечить физическую и экономическую доступность продуктов питания всем гражданам и социальным группам страны, гарантируемую наличием собственного производства продовольствия, и принятие социальной политики, обеспечивающей достаточный прожиточный минимум.

*Государственная политика в области обеспечения здоровья населения страны* – это комплекс мероприятий, позволяющих удовлетворить потребности различных категорий населения в рациональном питании с учетом традиций, привычек и экономического положения.

При решении проблемы сохранения здоровья населения необходимо сконцентрировать внимание на обеспечении его традиционными продуктами питания, расширении рациона, организации производства продуктов питания на основе современных наукоемких технологий, развитии и скорейшем внедрении в практику образовательных программ. Поэтому правительство Азербайджана уделяет большое внимание на развитие пищевой промышленности республики.

На долю пищевой промышленности Азербайджана приходится 30% промышленной продукции. Пищевая промышленность республики размещенная практически повсеместно выпускает почти весь известный

ассортимент продукции. Пищевая промышленность многоотраслевая, здесь особо выделяются виноделие, производство фруктов, овощных, рыбных консервов, табачных изделий, мясо-молочных продуктов, разлив минеральных вод, выпуск пива и безалкогольных напитков, хлебопечение, кондитерская промышленность и т.д. Самой прибыльной отраслью пищевой промышленности является *виноделие*. Первичная переработка винограда осуществляется в виноградарческих районах, готовая продукция ( вино, коньяк ) – в Баку, Гяндже, Шамкире, Ханларе и т.д.

Крупнейший завод по производству овоще-фруктовых консервов – в Хачмазе.

Крупнейшим предприятием рыбной промышленности является рыбный комбинат в Банке. Другой рыбный комбинат расположен в Говсанах.

Крупные предприятия мясо-молочной промышленности – в Баку, Гяндже, Шеки, Мингечавире и т.д.

Заводы по разливу минеральной воды – в Нахичевани ( «Сираб», «Бадам-лы», «Вайхыр»). До армянской агрессии действовал завод по разливу минеральной воды «Истису» в Кельбаджаре.

### **Цели изучения дисциплины**

**Целью изучения дисциплины** при подготовке инженеров по специальности 050642 является глубокое знание общей технологии пищевых производств на базе теоретических основ физических, химических, биохимических и других процессов. Химический состав сырья, полуфабрикатов, взаимодействие различных компонентов определяют все технологические процессы и качество готовых изделий. Овладение студентами базовыми теоретическими знаниями и практическими навыками в области систем технологий различного уровня, принципов и условий функционирования конкретных технологических процессов производства пищевых продуктов. Научные основы технологии пищевых производств

позволяют выбрать оптимальные условия процессов с учетом новых достижений науки и техники, зарубежного опыта, экологических проблем.

### **Задачи изучения дисциплины**

**Задачами изучения дисциплины «Общая технология пищевых продуктов» являются:** изучение теоретических основ и специфики конкретных технологий различных пищевых производств, их взаимосвязь, изучение особенностей известных и новых технологических процессов и их технико-экономических показателей, а также изучение основных видов выпускаемой продукции. Особое внимание следует уделять взаимосвязи экономических аспектов с особенностями технологического развития.

Освоение материала курса построено таким образом, что студент, получив знания по технологическим процессам в основных отраслях пищевой промышленности, сможет в своей дальнейшей работе самостоятельно изучить особенности тех конкретных производств, где он будет работать.

Методология описания технологий построена таким образом, чтобы студент смог научиться увязывать изучение курса с другими дисциплинами, предусмотренными учебным планом, а в целом это способствует формированию у студента единого научного мировоззрения.

Данная дисциплина имеет связь с предметами таких как, пищевых производств, общие принципы переработки сырья и введение в технологии производства продуктов питания, физика, химия, биология.

## **2. Общая характеристика пищевой промышленности**

Производством пищевых продуктов в Азербайджане управляют министерства пищевой промышленности, мясной и молочной промышленности, рыбного хозяйства, заготовок. Эти министерства подчиняются Кабинету Министров Азербайджана. В ведении Министерства пищевой промышленности Азербайджана находятся хлебопекарная,

макаронная, кондитерская, пивоваренная, консервная, маслособойно-жировая, сахарная, крахмалопаточная, винодельчес-кая, спиртовая, безалкогольных напитков, пищевконцентратная, парфюмерно-косметическая и некоторые другие отрасли. Производство мяса, мясных и молочных продуктов сосредоточено на предприятиях Министерства мясной и молочной промышленности Азербайджана, рыбы и рыбных продуктов – Министерства рыбного хозяйства Азербайджана, муки и крупы – Министер-ства заготовок Азербайджана. Пищевые предприятия есть и в системе других министерств и ведомств. Классификация отраслей, производящих пищевые продукты, приведена на рис. 1.1.

Пищевая промышленность призвана удовлетворять потребности населения в различных продуктах питания в соответствии с физиологическими пот-ребностями человека». Исходя из необходимости постоянного восстановления энергетических затрат для обеспечения должной работоспособности и жизне-деятельности, установлены физиологические суточные нормы потребления белка (97,6 г, в том числе белка животного происхождения 58 г), жиров (98,5 г) и углеводов (420,9 г). С учетом этих данных и возможных потерь определяются средние годовые физиологические нормы потребления основных (исходных) продуктов питания из расчета на душу населения. Основываясь на них, пред-приятия пищевой промышленности выпускают огромный ассортимент пищевых продуктов, важнейшие из которых – мука, крупы, хлебобулочные изделия, мясо, рыба, мясо- и рыбопродукты, молоко и молочные изделия, растительное масло, сахар, соль, овощные и фруктовые консервы, кондитерские, винно-водочные изделия.

Главные признаки, определяющие ценность пищевого продукта, – питательные, свойства его составных частей и их оптимальное соотношение (сбалансированность). Наряду с этим существенную роль играют вкус и аромат продукта, его цвет, структура, способность сохранять первоначальные свойства и свежесть при хранении. Имеют также значение товарные свойства, по которым потребитель судит о качестве продукции и которые обеспечивают удобство обращения в торговой сети: внешний вид, форма, упаковка, размеры.

Технология пищевых продуктов существенно отличается от остальных химико-технологических производств. Важнейшая особенность пищевых продуктов – неустойчивость (лабильность) их качественных показателей, не позволяющая применять в технологическом процессе обработки высокие скорость, давление, температуру. Далее, для пищевых производств характерны сырье и полуфабрикаты сложного состава. Как правило, это скоропортящиеся материалы, что определяет особые условия их сохранности, требует оперативного и надежного контроля качества, высокого уровня управления технологическими линиями. В то же время механизм сложнейших процессов, присущих пищевой технологии (физических, химических, биохимических), изучен недостаточно, нет и математических описаний многих явлений, протекающих при переработке сырья и полуфабрикатов.

К готовой продукции пищевых производств предъявляются высокие гигиенические требования. Продукты должны обладать высокой пищевой ценностью при полной безвредности для здоровья человека. Это также обуславливает специфику проектирования, пищевых предприятий и осуществления технологических процессов.

Характерная особенность готовых пищевых продуктов высокая степень зависимости их качества от качества сырья. В производстве пищевых продуктов весьма важно максимальное сохранение биологически активных



веществ. Сложный состав и структура сырья обуславливают, сложное построение техно-логического процесса.

В зависимости от вида сырья и способов воздействия на него в производственном процессе пищевые отрасли и отдельные производства подразделяют на добывающие и перерабатывающие. К добывающим производствам в пищевой промышленности Госпланом Азербайджана отнесены предприятия по добыче и размолу соли, а также добыча рыбы, китов, морского зверя и морепродуктов. Среди перерабатывающих различают отрасли по переработке растительного сырья, сырья животного происхождения и несельскохозяйственного.

По способу получения «целевого продукта» пищевые производства подразделяются на: а) извлекающие ценные вещества из исходного сырья (спиртовая, мукомольная, сахарная); б) повышающие концентрацию ценных компонентов в пищевом продукте (овоще-сушильная); в) изготавливающие продукцию из различных компонентов (консервная); г) изготавливающие продукцию из полуфабрикатов первичного производства (макаронная).

Признаками классификации могут быть также состав сырья, применяемого в производственном процессе (однокомпонентное сырье, многокомпонентные смеси), и полнота его использования (полное включение сырья в состав продукции либо неполное, т. е. с образованием технологических отходов). Эти признаки во многом определяют особенности и структуру технологических линий пищевых производств.

Все технологические линии пищевых производств разделяют на три группы, каждая из которых представляется обобщенной структурной схемой, отражающей особенности этой группы. В структуре любой технологической линии можно выделить три стадии: подготовительную, основную и заключительную. На подготовительной стадии производства сырье подготавливают к переработке (очистка, мойка, сортировка и пр.), на основной происходят все превращения, необходимые для получения готовой продукции, а на заключительной – продукции придают товарный вид.

Первую группу составляют производства, продукцию которых получают на основе обработки многокомпонентных смесей. Входящие в них отдельные виды сырья и полуфабрикатов полностью включаются в состав целевой продукции (хлебопекарное, кондитерское производства). Структура линий этой группы предприятий характеризуется большим количеством параллельных потоков на подготовительной стадии, которые затем объединяются в один общий поток на основной. Параллельные потоки на основной стадии используют только для увеличения производительности либо для выпуска других сортов или видов продукции.

Во вторую группу входят производства, продукция которых не отличается по составу от используемого сырья (консервирование целых овощей, фруктов и других продуктов сушкой, замораживанием, стерилизацией). Структура этих линий характеризуется последовательным проведением технологических операций от начальной до конечной стадии. Параллельные линии, как и в предыдущем случае, применяются для выпуска других сортов продуктов либо повышения производительности.

В третью группу объединены производства, в которых целевой продукт извлекают одним либо несколькими существующими способами (экстракция, фильтрование, сортирование) из исходного сырья (сахарное, крахмалопаточное, мукомольное, крупяное, маслоэкстракционное). Линии этих предприятий состоят из последовательно выполняемых технологических операций с большим количеством возвратных потоков продукта и рабочих агентов (рециклов), поскольку превращение продукта происходит в результате многократно повторяемых воздействий, которые целесообразно осуществлять в однотипных машинах и аппаратах. Это обуславливает существенную сложность структуры основной стадии. При выпуске многосортной продукции и наличии отходов усложняется и структура заключительной стадии.

Многие пищевые производства представляют собой различные комбинации рассмотренных трех типов технологических процессов.

Например, в микробиологических производствах (дрожжевом, ферментном) питательный субстрат, является сложной смесью ингредиентов, прошедших начальную переработку на подготовительной стадии. Целевой продукт выделяют из этой смеси путем сложных биохимических превращений с последующим концентрированием. Таким образом, здесь сочетаются особенности технологических процессов первой и третьей групп.

### **3. Ассортимент продукции и сырье пищевой промышленности**

Ассортимент пищевых продуктов промышленного производства весьма обширный, и его практически невозможно перечислить. Продукция только хлебопекарной промышленности насчитывает более 800 наименований изделий, кондитерской – свыше тысячи. Постоянно расширяется ассортимент мясной, молочной, консервной и других отраслей. В последние годы появились пищевые продукты целевого назначения – детского, диетического и лечебного питания, для работающих в суровых климатических условиях и т. д.

Появлению новых видов пищевой продукции способствует совершенствование и разработка новых технологических приемов. Например, сушка пищевых продуктов в замороженном состоянии под вакуумом (сублимационная сушка) полностью сохраняет вкусовые качества мяса, рыбы, фруктов, овощей и делает их пригодными для длительного хранения в естественных условиях.

В настоящее время в общественном питании все шире используются продукты промышленного производства. Это значительно упрощает структуру предприятий общественного питания, сокращает время приготовления пищи, уменьшает отходы производства, а также общественные затраты на приготовление пищи, однако ставит перед пищевой промышленностью новые задачи по выпуску соответствующей продукции (полуфабрикатов быстрого приготовления и т. п.).

Пищевая промышленность республики размещенная практически повсеместно выпускает почти весь известный ассортимент продукции. Особо выделяются, наряду с традиционной мукомольной, маслосыродельной, консервной, такие отрасли как виноделие (в республике производится несколько десятков марок вин, коньяков и шампанского), рыбопереработка (икра осетровых рыб), а также чайная, табачная, продукция которых получила международное признание. Особое значение имеет рыбопереработка (икра осетровых рыб), действуют 4 рыбоперерабатывающих завода (Алибайрамлы, Курахзы и др.).

По мере роста и совершенствования производительных сил правительство Азербайджана последовательно направляют усилия работников пищевой промышленности на увеличение выпуска, расширение ассортимента и улучшение качества продукции. Эти задачи можно решить только при полном обеспечении пищевой промышленности сырьем. На предприятиях пищевой промышленности перерабатывается сельскохозяйственное сырье растительного и животного происхождения, а также несельскохозяйственные виды сырья – различные синтетические материалы, соль, сода, жирные кислоты, спирты, эссенции, синтетические краски. Кроме того, в пищевой промышленности в большом количестве используются упаковочные материалы: дерево, бумага, полимеры, жести и пр.

Одни пищевые отрасли осуществляют первичную переработку сырья (извлечение сахара из свеклы, приготовление консервов из плодов), другие – вторичную, т. е. используют сырьё, подвергавшееся ранее промышленной обработке (хлебопекарное, кондитерское производства). Большая часть продукции пищевой промышленности становится непосредственным продуктом, потребления, а около одной трети направляется на дальнейшую переработку (например, сахар, мука – для кондитерских изделий). Некоторые виды продукции (сахар, спирт, крахмал, масло, соль, глицерин отходы и

побочные продукты – жом, барда, жмых, шрот, меласса) поступают для дальнейшей переработки в другие отрасли народного хозяйства.

Исключительное значение для расширения производства продуктов питания имеют меры, направленные на подъем сельского хозяйства: освоение целинных и залежных земель, повышение государственных закупочных цен на продукты земледелия и животноводства, улучшение снабжения колхозов и совхозов техникой, удобрениями и химикатами, повышение уровня селекционной работы, широкая программа орошения и мелиорации земель.

С целью расширения сырьевых ресурсов предусмотрено изучение и освоение объектов промыслов в водах Мирового океана, а также существенное увеличение запасов высокоценных видов рыб во внутренних водоемах. Наряду с расширением сети рыбоперерабатывающих предприятий, а также специализированных фирменных магазинов намечено увеличить изготовление высококачественной продукции из океанических рыб рыбного филе, колбас, сосисок, полуфабрикатов балычных и кулинарных изделий и пр.

Некоторые виды сырья для пищевой промышленности Азербайджана импортируются. Как правило, это сырье, которое в нашей стране ввиду природно-климатических условий не выращивается или производится в небольших количествах (какао-бобы, кофе, и пр.). Производственные товары и сырье для них в структуре импорта Азербайджана составляют небольшую долю.

Расширению ресурсов сырья способствует эффективное использование продукции пищевых отраслей, применяемой в качестве исходных материалов или полуфабрикатов другими промышленными предприятиями (сахар, соль, масло, патока и пр.). Эти продукты необходимо вырабатывать в таком виде, чтобы последующая промышленная переработка, могла осуществляться наиболее эффективно, с наименьшими затратами труда, топлива и энергии,

включая затраты на погрузочно-разгрузочные операции и внутризаводское транспортирование.

С указанным обстоятельством связано также расширение ассортимента продукции пищевой промышленности. Например, сахарная промышленность поставляла другим пищевым предприятиям сахар-песок, а предприятия-потребители готовили из него сироп. Применяв более совершенные способы очистки сиропа, на сахарных заводах начали производить для промышленной переработки сахар в виде сиропа различных концентраций и состава в зависимости от требований потребителей. В частности, снабжение жидкого сахара предприятиям хлебопекарной, кондитерской промышленности, а также для выработки безалкогольных напитков. Маслобойно-жировая промышленность осваивает и расширяет ассортимент кулинарных жиров в виде жидких эмульсий, удовлетворяющих, специфические требования хлебопекарной, кондитерской, пищевконцентратной отраслей. Удобен также для использования в кондитерской и хлебопекарной промышленности обезвоженный молочный жир. В крахмалопаточной промышленности налажено производство крахмала, глюкозы, кукурузного сиропа и других продуктов, приспособленных для последующей (вторичной) промышленной переработки.

Важную проблему представляет поиск эффективных методов получения и использования в пищевой промышленности белков микробиологического происхождения, а также белков, получаемых из рыбы, сои, семян масличных культур, водорослей, вторичных молочных продуктов. Препараты из белков растительного происхождения являются заменителями мяса и молока и используются в производстве мясных и некоторых молочных продуктов.

Источником белка, могут служить и дрожжи. Из пекарских дрожжей получают чистые белки и аминокислоты в виде порошка. Его применяют для обогащения различных мучных продуктов и кулинарных изделий. В настоящее время дрожжи и другие микроорганизмы выращивают в

питательных средах из нефтяных продуктов, природного газа, метанола, отходов деревообрабатывающей, целлюлозной промышленности и других пищевых материалов.

Пищевое сырье представляет собой, как правило, скоропортящиеся сезонные продукты и либо требует немедленной переработки, либо обладает ограниченными сроками хранения. Поэтому сохранение качества сырья позволяет увеличить сроки производства из него пищевых продуктов, уменьшает затраты на его переработку и подготовку к употреблению. Высокая сохранность обеспечивается применением различных способов консервирования, направленных на прекращение или замедление жизнедеятельности микроорганизмов и ферментов (хранение при пониженных температурах, в атмосфере инертного газа, немедленное удаление продуктов жизнедеятельности и др.). Государственными планами предусмотрено интенсивное развитие промышленного консервирования продукции, прежде всего плодо-овощной. Наряду с увеличением объема, а также совершенствованием структуры посевных площадей и ассортимента выращиваемых овощей и плодов при достижении физиологических норм их потребления предполагается в переработанном виде использовать 40% овощей (без бахчевых культур) и 36% фруктов и ягод.

Важными условиями снижения потерь сырья, увеличения выхода и улучшения качества готовой продукции выступают высокая организация, механизация и автоматизация погрузочно-разгрузочных работ, надлежащие размещение оборудования складов и площадок для хранения сырья.

При погрузочно-разгрузочных и вспомогательных работах на складах сырья и готовой продукции некоторые операции выполняются вручную, в частности при обработке хлебобулочных, кондитерских и других штучных фасованных пищевых продуктов. Существенному сокращению затрат ручного труда способствует применение специальных контейнеров для хранения и перевозки. При этом переоборудуются и оснащаются специальными подъемно-транспортными механизмами не только склады

готовой продукции, но и средства доставки, магазины. Значительная экономия труда обеспечивается, при использовании бестарных способов хранения и перевозок сыпучих (мука, сахар) и наливных (пиво, жидкий сахар, жиры) продуктов. Общественные затраты труда снижает также промышленная фасовка пищевых продуктов.

На предприятиях мясо-молочной промышленности решающее значение для сохранения качества сырья и готовой продукции имеют хорошая организация холодильного хозяйства и высокая обеспеченность специализированными рефрижераторными транспортными средствами.

#### **4. Важнейшие технологические понятия и определения**

**Технология** (от др.-греч. τέχνη – *техне* – искусство, мастерство, умение; λόγος – *логос* – мысль, причина; методика, способ производства) – в широком смысле – совокупность методов, процессов и материалов, используемых в какой-либо отрасли деятельности, а также научное описание способов технического производства; в узком – комплекс организационных мер, операций и приемов, направленных на изготовление, обслуживание, ремонт и/или эксплуатацию изделия с номинальным качеством и оптимальными затратами, и обусловленных текущим уровнем развития науки, техники и общества в целом.

**Производственный процесс** – совокупность действий людей и машин промышленного предприятия, направленных на превращение природного сырья в полезные (нужные) для человека продукции.

Это превращение часто бывает сложным, многоступенчатым. На одних этапах сырье претерпевает изменения химического состава или других параметров, а на других – параметры его не меняются, например, при промежуточном складировании и т.д.

Производственный процесс состоит из следующих процессов:

- **основные** – это технологические процессы, непосредственно связанные с



производством готовой продукции в ходе которых происходят изменения геометрических форм, размеров и физико-химических свойств продукции;

- **вспомогательные** – это процессы, которые обеспечивают бесперебойное протекание основных процессов (изготовление и ремонт инструментов и оснастки; ремонт оборудования; обеспечение всеми видами энергий (электроэнергией, теплом, паром, водой, сжатым воздухом и т.д.));

- **обслуживающие** – это процессы, связанные с обслуживанием как основных, так и вспомогательных процессов и не создающие продукцию (хранение, транспортировка, тех. контроль и т.д.).

В условиях автоматизированного, автоматического и гибкого интегрированного производств вспомогательные и обслуживающие процессы в той или иной степени объединяются с основными и становятся неотъемлемой частью процессов производства продукции.

На предприятии имеются участки, на которых производится переработка основного материала, но есть и участки, где работники не имеют дела с основным материалом. Эти участки бывают основными, вспомогательными и обслуживающими, где выполняются соответственно основные, вспомогательные и обслуживающие процессы.

Производственные процессы делятся на части – *операции* и *фазы* (производственные стадии).

*Операция* – часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте (станке, стенде, агрегате и т.д.), состоящая из ряда действий над каждым предметом труда или группой совместно обрабатываемых предметов. Эта часть работ, выполняемых одним рабочим или группой рабочих на одном рабочем месте, на одном оборудовании (станке, аппарате, машине), над одной деталью, над одной партией изделий. Например, при периодическом приготовлении опары в дежах единой операцией замеса являются: подкатка дежи, дозирование в нее муки, воды, эмульсии дрожжей, замес опары, откатка дежи в камеру брожения. Таким образом, все работы,

проводимые с одной дежей до перехода к следующей деже, являются одной операцией.

Операции различаются также в зависимости от применяемых средств труда: ручные, машинно-ручные, машинные, автоматизированные, аппаратурные.

*Фаза (стадия)* – комплекс работ, выполнение которых характеризует за-вершение определенной части технологического процесса и связано с переходом предмета труда из одного качественного состояния в другое. Другими словами фаза это одна или несколько операций, в результате которых осуществляется переход предмета труда из одного качественного состояния в другое.

*Технологический процесс* – это та часть производственного процесса, на которой изменяется *химический состав* объекта производства, его *внешняя форма, состояние, или структура*. Это последовательность технологических операций, необходимых для выполнения определенного вида работ. Технологический процесс состоит из технологических (рабочих) операций, которые, в свою очередь, складываются из рабочих движений (приёмов).

Первичным звеном организации производства является рабочее место.

*Рабочим местом* называется неделимое в организационном отношении (в данных конкретных условиях) звено производственного процесса, обслуживаемое одним или несколькими рабочими, предназначенное для выполнения определенной операции, оснащенного соответствующим оборудованием и организационно-техническими средствами.

Совокупность технологических процессов от начала переработки сырья до получения готового изделия называют *технологией производства изделия*.

*Совокупность работ технологических и вспомогательных участков на предприятии называют производственным процессом.*

***Технологическая линия (схема) производства*** пищевого продукта состоит из отдельных последовательных технологических операций, которые

производятся машинами (аппаратами, агрегатами). *Технологическая операция*, выполняемая в машине (аппарате, агрегате), обеспечивающая заданный технологический режим, называется *единичным процессом*, или аппаратурно-процессной единицей. При построении технологической схемы отдельные единичные процессы соединяют в таком сочетании, которое обеспечивает получение продукта заданного качества из имеющихся видов сырья.

Для некоторых пищевых производств характерно специфическое проявление общих процессов химической технологии и соответствующее им оформление оборудования, которое учитывает свойства пищевых продуктов. При производстве муки и крупы такими процессами являются кондиционирование зерна, вымол оболочек, обогащение крупок, при приготовлении комбикормов – дозирование и перемешивание, при выработке растительного масла – жаренье и фильтрование. В частности, специфичность перемешивания при производстве хлеба проявляется в требовании не только равномерного распределения по всей массе продукта ингредиентов очень малой концентрации, но и в том, что перемешивание должно придать тесту должные физические свойства.

В пищевой технологии используются отдельные процессы, присущие только этой отрасли: обжарка овощей, рыбы и мяса, бланширование овощей, сульфитирование соков, сбивание эмульсий в структурированные продукты, квашение, жиловка мяса, копчение мяса и мясопродуктов, замес теста, выпечка хлеба.

При производстве пищевых продуктов с использованием зернового сырья важную роль играют механические процессы: измельчение, сортирование, дозирование, смешивание. Например, на мукомольных, маслоэкстракционных, спиртовых, крахмалопаточных предприятиях исходное сырье неоднократно очищается, сортируется, измельчается и смешивается. На сахарном заводе при очистке диффузионного сока и сиропа на различных этапах технологического процесса также осуществляются

специфические однотипные процессы (дефекация, сатурация, сульфитация, фильтрация). Такие же однотипные процессы реализуются при производстве пива, спирта, растительного масла, хлеба, кондитерских изделий, пищевых концентратов.

В зависимости от организации различают *периодические* и *непрерывные* технологические процессы.

При периодическом процессе сырье после загрузки в аппарат в течение некоторого времени обрабатывается, а затем все образовавшиеся вещества выгружаются. Во время загрузки и выгрузки продукция не производится, что обуславливает большие непроизводительные затраты времени. Кроме того, возможны дополнительные затраты времени на совмещение с другими технологическими операциями.

При периодической организации работ операция является *основной составной частью* производственного процесса.

Совокупность отдельных движений рабочего называют *рабочим приемом*.

При непрерывном процессе продукт обрабатывается непрерывно, начиная с момента поступления в аппарат и до выпуска. Основные процессы протекают одновременно со вспомогательными и транспортными операциями.

Однако при небольшой производительности и частом изменении ассортимента продукции либо при слишком длительных технических операциях периодические процессы могут оказаться более эффективными, чем непрерывные.

По направлению потоков основного продукта и рабочего агента технологические процессы подразделяют на *прямоточные* и *противоточные*. Обычно противоточные процессы обеспечивают более высокую разность потенциалов. Но их применение не всегда допускается технологическими условиями либо конструктивными особенностями аппаратов.

## 5.Современные требования к технологиям пищевых продуктов

Изучение, анализ конкретных технологий пищевых производств, сравнительная оценка различных путей достижения одной и той же технологической цели возможны на основе определенных общих критериев, требований.

Современное состояние биосферы, уровень развития мирового сообщества, основные экономические закономерности существования и развития материального производства, а также целевое назначение продукции пищевых производств позволяют выделить следующие основные требования к техноло-гии пищевых производств.

- *Комплексность переработки сырья, малоотходность, безотходность.*

Это требование можно расшифровать как обеспечение наиболее полного использования всех компонентов сырья, сведение к минимуму или, в идеале, полное отсутствие отходов за счет выработки, наряду с основным, вторичных или побочных продуктов.

- *Интенсивность.*

Здесь подразумевается высокая скорость реализации технологического процесса в целом или отдельных его этапов. Однако при этом должно быть обеспечено и следующее требование.

- *Высокое качество получаемого продукта.*

Это, прежде всего, безупречность продукта питания в санитарно-гигиеническом отношении, высокая биологическая ценность и привлекательность для потребителя.

- *Экономическая целесообразность и эффективность.*

Это требование подразумевает степень дешевизны, невысокий уровень себестоимости продукта, производимого с помощью данной технологии.

- *Экологичность.*

Здесь имеется в виду безвредность технологии для окружающей среды.

## **Лекция 2.**

### **Тема: Состав пищевых продуктов**

#### **План**

1. Общие сведения о питании
2. Белки
3. Липиды
4. Углеводы
5. Витамины

Организация питания на научных основах во многом определяется работой предприятий пищевой промышленности и общественного питания, так как технологические процессы обработки сырья существенно влияют на свойства пищевых продуктов и далеко не во всех случаях повышают их биологическую ценность. Поэтому необходимо разрабатывать новые методы пищевой технологии, которые учитывали бы требования науки о рациональном питании.

Пища дает человеку необходимый материал для построения клеток и тканей организма. Роль отдельных пищевых веществ в питании человека различна. Для покрытия энергетических затрат организм расходует главным образом углеводы и лишь отчасти жиры и белки. Пластические процессы протекают преимущественно за счет белков при участии жиров, углеводов, минеральных веществ и витаминов.

Пища должна быть полноценной, т.е. содержать в своем составе белки, жиры, углеводы, витамины, минеральные вещества и воду, а по калорийности – достаточной для покрытия энергетических затрат человека.

Большинство продуктов питания подвергают кулинарной обработке, вследствие чего они приобретают такие свойства (вкус, запах, внешний вид и т.д), которые являются возбудителями деятельности пищеварительного аппарата и способствуют его нормальной работе.

Рациональному питанию придается большое значение, так как оно дает возможность благоприятно влиять не только на отдельные органы и ткани человека, но и на весь организм в целом,

Суточная потребность человека в пищевых веществах приведена в табл. 1

Таблица 1

Пищевые вещества	Суточная потребность, г	Пищевые вещества	Суточная потребность, г
Вода	1750-2200	Балластные вещества (клетчатка и пектин)	25
Белки	80-100	Жиры	80-100
В том числе и животные	50	В том числе растительные	20-25
Углеводы	400-500	Полиненасыщенные жирные кислоты	5-10
В том числе сахар	50-100	холестерин	0,3-0,6
Органические кислоты	2	фосфолипиды	5

### Белки

Белки – азотистые соединения. В их состав входят углерод, водород, кислород, азот и сера, содержание которых в отдельных белках изменяется незначительно: С – 51 – 55%; Н – 6.5 – 6.7; О – 21.5 – 23.5; N – 15.0 – 18.6 и S – 0.3 – 2.5%

Белковые вещества растительного и животного происхождения подразделяются на три группы: а) белки, растворимые в воде или других жидкостях; б) нерастворимые и в) сложные белки – протеиды. К группе растворимых относятся альбумины, глобулины, проамины, глютелины, протамины и гистоны.

**Строение белков.** В химическом отношении белки являются аминокислотными полимерами. В настоящее время описано более 150

аминокислот, но только 22 из них являются составными частями белка. В белке пшеницы обнаружено всего 20 аминокислот. Аминокислоты ( R-CH-COOH) являются своеобразными кирпичиками, из которых строится белковая молекула. Основной связью в молекулах белка является пептидная связь (-CO-NH). Кроме пептидной в молекуле белка важную роль играют и дисульфидные связи (-S-S-).

**Свойства белков.** Как сказано выше, белки являются сложными органическими азотистыми соединениями, состоящими из аминокислотных остатков, связанных между собой пептидными связями и образующих полипептидные цепочки, которые благодаря дисульфидным, водородным и ионным связям, а также гидрофобным взаимодействиям вполне определенным образом располагаются в пространстве и имеют при данных условиях для данного белка вполне определенную конформацию. Наиболее важными технологическими свойствами белков являются денатурация, набухание в воде (гидратация), способность образовывать пены и др.

Разная растворимость в воде. Растворимые белки образуют коллоидные растворы.

Гидролиз - под действием растворов минеральных кислот или ферментов происходит разрушение первичной структуры белка и образование смеси аминокислот.

Денатурация - частичное или полное разрушения пространственной структуры, присущей данной белковой молекуле. Денатурация происходит под действием:

- высокой температуры
- растворов кислот, щелочей и концентрированных растворов солей
- растворов солей тяжёлых металлов
- некоторых органических веществ (формальдегида, фенола)
- радиоактивного излучения

**Функции белков, 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.

**1. 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.

**2. 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.

**3. 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 молоко имеют скор для всех незаменимых аминокислот, близкий к 100%. В рационах питания населения наблюдается дефицит и основном трех незаменимых аминокислот: **триптофана, лизина и метионина**. Этими аминокислотами бедны белки злаковых. Так, белков 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* необходима 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.

Таблица 1

**Суточная потребность человека в аминокислотах (в граммах)**

Аминокислоты (незаменимые)	Потребность грам	Аминокислоты	Потребность грам
Триптофан . . . .	1	Гистидин <sup>1</sup> . . . . .	1,5 – 2,0
Лейцин . . . . .	4,0 – 6,0	Аргинин <sup>1</sup> . . . . .	5,0 – 6,0
Изолейцин . . . .	3,0 – 4,0	Цистин . . . . .	2,0 – 3,0
Валин . . . . .	3,0 – 4,0	Аланин . . . . .	3,0
Треонин . . . . .	2,0 – 3,0	Серин . . . . .	3,0
Лизин . . . . .	3,0 – 5,0	Глютаминовая кислота .	16,0
Метионин . . . .	2,0 – 4,0	Аспарагиновая кислота .	6,0
Фенилаланин . . .	2,0 – 4,0	Пролин . . . . .	5,0
		Глицин . . . . .	3,0
		Тирозин . . . . .	3,0 – 4,0

Примечание: <sup>1</sup> Гистидин и аргинин тоже незаменимые применительно к рационам детского питания.

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 расщепления.

Пища находится в желудке в течение нескольких часов, претерпевая значительные изменения. Под действием пепсина при рН 1,5...2,5 происходит дезагрегация белков их частичное расщепление белков происходит в тонком кишечнике. Сок поджелудочной железы, имеющий щелочную реакцию (рН 7,5...8,5), содержит протеолитические ферменты трипсин, химотрипсин и другие протеазы, а также коллагеназу, под действием которых завершается процесс превращения полипептидов и белков в отдельные аминокислоты, которые всасываются 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. Эти вещества пищи являются витамины, минеральные вещества (соли кальция), ферменты, пищевые органические кислоты 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 гидролизоваться, 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.

## ЛИПИДЫ

Жиры и жироподобные вещества (липоиды) объединяются общим названием **липиды**. Эти вещества играют весьма важную роль в клетках животных и растений, участвуя в регуляции проницаемости клеточных мембран, через которые осуществляется обмен веществ. Они играют также важную роль в других процессах, происходящих в живой клетке.

Жиры и масла являются запасными веществами, накапливающимися в больших количествах в семенах и плодах многих растений и в жировых тканях животных.

Химический состав липидов представлен соединениями спиртов и эфирами некоторых жирных кислот.

*Характеристика липидов*

Липиды не растворяются в воде. Однако, благодаря своим составляющим компонентам, растворимы спиртами и эфирами. Так, разорвать липоидные соединения способны, например, бензин или формалин.

Можно выделить такие виды липидов, как сложные и простые.

Простые липиды — жиры группы С-Н-О, то есть, соединения, состоящие из углерода, водорода и кислорода.

Это жирные спирты, кислоты, альдегиды, воски.

Сложные липиды — это соединения простых жиров с дополнительными веществами, такими как азот, фосфор (фосфолипиды) и другие.

Сложные жиры, в свою очередь, делятся на полярные и нейтральные.

Среди полярных: гликолипиды, те же фосфолипиды, аминок спирты алифатические.

Примеры липидов нейтральных — моно-, ди-, триглицериды, церамиды, стеариновые эфиры и другие.

Вещества, относящиеся к липидам, обнаружены в: арахисе, кукурузе, льне, пшенице, соевых продуктах и других.

Кроме того, выделяют липиды твердые и жидкие. Они содержатся во многих пищевых продуктах — жиры животные и растительные.

Интересно, что в молоке содержатся именно твердые жиры, а в растительных маслах — жидкие.

Как правило, многие жиры животного происхождения твердые, при нагревании, переходят в жидкое состояние.

### *Липиды строение и функции*

По структуре и составу, молекулы сложных и простых жиров имеют некоторые различия:

Простые липиды включают молекулы спиртов и эфиров, а в

сложных — к этим молекулам добавляются еще и другие вещества, зависимо от биологического синтеза данных жиров.

Чтобы получить более широкое представление об этих важных для человеческого организма соединениях, определим, какие вещества относятся к липидам. Это: 1) Жиры нейтральные: рыбий жир, растительное масло и другие; 2) Терпены: филлохинон (витамин К), углеводороды, смолы, скипидар; 3) Стероиды: витамин Д, половые гормоны, желчи, холестерин и т. д.; 4) Липопротеины: составляющие клеточных мембран; 5) Воски: растительный, пчелиный, шерстяной и другие.

Липиды в организме человека, в первую очередь, представляют источник энергии, поэтому первой выделим энергетическую функцию жиров.

Накапливаясь в тканях животных организмов, липиды образуют жировые запасы, которые далее служат источником питания для органов и клеток.

Липиды в человеческом организме больше всего сосредоточены в подкожном жиру (клетчатке).

Функция теплосбережения. Все мы обращаем внимание на то, как «круглеют» домашние животные в зиму. Это происходит потому, что под кожей накапливаются защитные липиды. Кроме питательных способностей, они сохраняют в организме тепло. Не только животные, но и некоторые люди к зиме имеют способность поправляться.

Защитная и структурная функции. Жиры являются структурным элементом многих органических соединений и основой биологического слоя мембран клеток, образуя, как бы, строительный материал для тканей. Кроме того, имеющаяся жировая прослойка служит дополнительной защитой для внутренних органов при механическом воздействии.

Регулирующая функция. Липиды играют очень важную регулируемую роль. Они принимают участие во множестве функций организма:

связанных с работой половой системы (половые гормоны надпочечников), предупреждением организма о наступлении воспалительных

процессов (температура, болевые ощущения), протеканием аллергии, регуляцией давления и другими функциями.

Нарушение обмена липидов может повлечь за собой значительные сбои в работе человеческих органов и тканей.

Избыток липидов называется ожирением, что является довольно серьезной болезнью с многими осложнениями.

Также, один из представителей липидов — холестерин, способен создать на стенках сосудов спайки и вызвать их закупорку. Это чревато возникновением болезней сердца, повышением АД, спазмами сосудов и т. д.

Предпосылками нарушений жирового обмена могут стать:

генетическая предрасположенность, алкоголизм, нарушения работы почек, гормональные дисфункции и другие.

При недостатке липидов в организме может наступить его истощение, преждевременное старение, потеря сна, нервные расстройства и т. д.

Таким образом, следует поддерживать липидный баланс в организме, не допуская колебаний как в одну, так и в противоположную стороны.

### **Функции липидов, 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, Д, 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 самими 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 липидов**

Определяется составом и усвояемостью жиров. Важную роль играет наличие в жире полиненасыщенных жирных кислот, фосфолипидов, стероидов 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 липидов**

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  $36^{\circ}\text{C}$ , то жир усваивается на 97...98%, если температура плавления жира выше  $37^{\circ}\text{C}$ , усвояемость его лежит в пределах 90%. Тугоплавкие жиры (говяжий, бараний жир), у которых температура плавления выше  $45...50^{\circ}\text{C}$ , усваиваются организмом плохо.

### **Углеводы**

Углеводы – самые распространенные в природе органические соединения. Они состоят из углерода, водорода и кислорода в соотношении – на один атом углерода одна молекула воды (отсюда название углеводов): С-1, Р-2 и О-1. Углеводы образуются в зеленой части растений в результате фотосинтеза под влиянием энергии солнечного света и ферментов хлорофилла из неорганических веществ (вода и углекислота).

Углеводы подразделяются на два класса: моносахариды и полисахариды, а последние, кроме того, подразделяются на полисахариды 1-го порядка: крахмал, гликоген, клетчатка, пектиновые вещества, агар, гемицеллюлоза, слизи и др.

Представляется наиболее распространенных моносахаридов являются глюкоза, фруктоза, галактоза и манноза; дисахариды – сахароза (свекловичный и тростниковый сахар), мальтоза (крахмальный сахар) лактоза (молочный сахар).

*Глюкоза, фруктоза, сахароза, мальтоза* – сладкие на вкус и легко усваиваются организмом. Первые два моносахарида содержатся в плодах и овощах в свободном виде. Глюкоза и мальтоза содержатся в крахмальной патоке и могут быть получены путем гидролиза крахмала. Сахароза под действием кислот или ферментов гидролизуется на равное количество глюкозы и фруктозы, называемые в смеси инвертным сахаром.

*Крахмал* – наиболее распространенный в природе углевод. Различают клубневый крахмал (картофель, батат, маниока и др.) и зерновой (зерно злаков – кукурузы, пшеницы, риса, сорго, ячменя и др.). Крахмал не является химически индивидуальным веществом, он откладывается в клетках растений в виде зерен, которые сравнительно легко выделяются механически, путем вымывания водой.

*Гликоген* – углевод животных организмов, откладывается в «резервном депо» печени как запасной источник питания. При расщеплении гликогена образующаяся глюкоза поступает в кровь и разносится по всем тканям организма.

Клетчатка, или целлюлоза, подобно крахмалу и гликогену при гидролизе дает только глюкозу. Клетчатка относится к балластным веществам, так как она не усваивается организмом.

Пектиновые вещества, как и клетчатка, представляют собой высокомолекулярные соединения углеводной природы. Они содержатся в

плодах, овощах, свекле как в виде растворимого пектина. При нагревании протопектин гидролизуется, переходя в растворимую форму.

### **Пищевая ценность углеводов**

Зависит от качества потребляемых углеводов. **Энергетическая ценность** 1 г углеводов составляет 16,72 кДж (4ккал). **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, необходима снижать потребление так называемых «незащищенных» (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, котором сопутствует клетчатка в количества не менее 0,1...0,4 %. Такие углеводы медленнее перевариваются и усваиваются организмом, равномерно снабжая его энергией.

### **Усвояемость углеводов**

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 медленные – фруктоза.

Дисахариды (особенно сахароза) легко расщепляются ферментами пищеварительного тракта и быстро усваиваются, что благоприятно сказывается на деятельности микрофлоры из – за ограничения в нем процессов брожения.

Часть фруктозы и галактозы задерживается печенью, превращаясь в кровь.

Усвоение крахмала происходит постепенно. Он подвергается действию ***α – 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 гидролизоваться под действием целлюлозы, продуцируемой некоторыми 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.

### **Пищевые кислоты**

Пищевые кислоты содержатся практически во всех продуктах, придавая им специфический вкус. В некоторых продуктах кислоты

образуется в результате технологической обработки сырья, например при брожении, в другие продукты кислоты переходят из сырья, например, из плодово-ягодных припасов. В большинство кондитерских изделий кислоты вводятся для придания им определенного вкуса и маскирования избыточной сладости.

В хлебных изделиях преобладает молочная кислота, в плодово-овощном сырье – яблочная и лимонная, в винограде – винная в виде ее калиевой соли.

### **Витамины**

Витамины — это необходимые нашему организму органические вещества, которые не могут синтезироваться им самим (за редким исключением) и поступают с пищей. Витамины обеспечивают процессы жизнедеятельности в организме, влияют на наше общее самочувствие.

Многие психологические, психические и физические проблемы можно избежать, если просто снабжать свое тело теми витаминными нормами, которые определила сама природа.

Если провести образное сравнение, то витамины – это «драйвера», которые обеспечивают нормальное функционирование операционной системы организма. Уберите их, и программа превратится в мертвый код, не способная выполнить ни одной операции. Рассмотрим наиболее значимые витамины для человека.

Витамины – органические вещества. Они регулируются в организме обмен белков, жиров, углеводов.

В основном витамины синтезируются растениями, однако животные, питаясь растительной пищей, способны накапливать витамины в отдельных тканях и органах. По этой причине источником витаминов для человека являются не только растительные продукты, но и продукты животного происхождения.

Витамины легко разрушаются под воздействием высокой температуры, кислорода воздуха и света.

**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, 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 тиамин 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 поворяется повышенная возбудимость нервной системы. Рибофлавин играет важную роль в регенерации крови.

$B_2$  – Гипервитаминоз у людей и животных обычно не наблюдается, так как избыточный рибофлавин выводится из организма.

Источником витамина  $B_2$  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 1 и высшего сортов, а также фруктах. Рибофлавин плохо растворим в воде, практически не разрушается при пастеризации и 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 рН 5,0...6,0. 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 грамм белка потребность в витамине  $B_2$  составляет 0,8 мг на каждые 1000 ккал пищевого рациона. Минимальная суточная потребность человека в нём составляет в среднем 2 мг.

**Витамин  $B_3$  (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 В<sub>3</sub> – авитаминоза у человека является онемение и жгучая боль в пальцах и подошвах ног. Однако признаки пищевой недостаточности пантотеновой кислоты проявляются редко. Витамин В<sub>3</sub> 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 10,0...12,0 мг, при тяжелом физическом труде и у кормящих женщин – до 20 мг. В нейтральных водных растворах пантотеновая кислота относительно стабильна и может выдержать стерилизацию при 100<sup>0</sup> С в течении 30 минут. При нагревании в водных растворах кислот и щелочей гидролизуется с отщеплением  $\beta$  – **аланина**, при кулинарной обработке пищи сохраняется хорошо, но может переходить в воду, в которой варится продукт.

**Витамин РР (ниацин, никотиновая кислота)** – 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.

Источником витамина РР служат печень, почки, рыба, бобовые, 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 15,0...25,0 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 обменов; 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 участвуют в использовании организмом ненасыщенных жирных кислот; влияют на обмен железа и процессы кроветворения, необходимы для нормального обмена кожи.

Витамин В<sub>6</sub> 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 2,0...3,0 мг, а при тяжелой физической нагрузке, при

работе с радиоактивными веществами и ядохимикатами, а также при лечении антибиотиками потребность в нём резко возрастает.

**Витамин В<sub>12</sub> (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 С (аскорбиновая кислота)** – участвует во многих процессах обмена веществ, в частности в окислительно – восстановительных процессах, протекающих в организме. Этот витамин необходим для гидроксирования прелина. 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 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 происхождения – печени, молочным 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 Е – 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 Е 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 К (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 К являются листовые овощи, цветная и белокочанная капуста, томаты, картофель, печень. Филлохинон синтезируется микрофлорой кишечника. Суточная потребность в витамине К составляет 65...80мкг. Витамин К устойчив к нагреванию, но разрушается под действием света и в щелочной среде.

### **Минеральные вещества**

Вторую большую группу пищевых веществ составляют минеральные вещества, включающие воду, макро и микроэлементы.

*Вода.* Вода – основная среда, в которой протекают все химические реакции. Вода составляет более двух третей массы тела человека.

Функции воды в организме столь же важны, сколь и разнообразны. Вода среди других веществ по важности занимает первое место. Являясь дисперсной средой для крови, лимфы, протоплазмы и т.д., вода влияет на коллоидное состояние всех этих веществ. Она выполняет транспортные функции в процессе обмена веществ, играет исключительно важную роль в осмотических явлениях, протекающих в организме, и служит в известном

смысле катализатором совершающихся в нем реакций. Будучи относительно хорошим проводником тепла, вода способствует выравниванию температур в организме, являясь терморегулятором. О значении воды можно судить и по тому, что, например, потеря организмом 10% воды (от общего количества в нем) вызывает прекращение мочеотделения, а при потере 20% воды человек погибает.

*Макро- и микроэлементы.* Минеральные вещества, содержание которых в тканях выражается целыми или десятками долями процента, относятся к макроэлементам (кальций, фосфор, калий, натрий, магний, хлор и др.). Микроэлементы называются минеральные вещества, содержание которых в тканях менее 0,001% (медь, цинк, кобальт, марганец, йод, фтор и др.).

Минеральные вещества необходимы для всех жизненных процессов. Большая часть макроэлементов является пластическим материалом для построения костных тканей скелета, зубов и т.п.

Микроэлементы в зависимости от их роли в организме подразделяют на следующие группы: жизненно необходимые (медь, марганец, кобальт, йод); функционально полезные (молибден, фтор, селен); вредные и токсичные (свинец, ртуть, мышьяк).

Кроме перечисленных в клетках различных тканей содержатся и другие микроэлементы: алюминий, бром, хром, кадмий, золото, никель, титан, уран, кремний, ванадий, олово.

Микроэлементы участвуют в регуляции обмена веществ, и даже при незначительном их количестве в клетках и тканях они играют огромную роль во всех жизненных процессах и служат материалом для построения ферментов, гормонов и витаминов.

### **Лекция 3.**

#### **Тема: Сырье для пищевых продуктов**

#### **План**



## 1. Зерномучное сырье

## 2. Фрукты и овощи

Отрасли пищевой промышленности, перерабатывающие растительное сырье, делятся на две группы:

отрасли, занятые первичной переработкой сырья: мукомольно-крупяная, сахаропесочная и крахмально-паточная, консервная, первичное виноделие, спиртовая, табачная и чайная (первичная переработка табачного и чайного листа), маслодобывающая;

отрасли, занятые вторичной переработкой сырья: хлебопекарная, макаронная, кондитерская, сахарорафинадная, дрожжевая, пивоваренная, жироперерабатывающая (производство марганца, майонеза, мыла, парфюмерных изделий) вторичное виноделие (выработка вина из виноматериалов), чаеразвесочная, табачная (производство папирос и сигарет) и т.д.

Для предприятий первой группы сырьем является зерно, плодовоощное сырье, чайный и табачный лист и т.п., для предприятий второй группы - мука, сахаропесок, растительное масло, виноматериалы и т.п.

Ассортимент продуктов, вырабатываемых пищевой промышленностью, огромен. Только кондитерских изделий насчитывается более 2000 наименований. Отсюда понятно и огромное разнообразие сырья, различающиеся по составу и свойствам. Целесообразно поэтому сырье разделить на отдельные группы по наиболее существенным признакам. Пока не существует удовлетворительной системы классификации сырья. Классифицируют сырье, например, по консистенции. К сухому сырью относят зерно-бобовые семена, муку, сахар, и т.п.; к сочному сырью - сахарную свеклу, картофель, все виды плодовоощного сырья; к жидкому - воду, растительные масла, патоку и т.п.

Сырье классифицируют и по преобладанию в нем какого-либо химического вещества. По этому принципу различают, например, плоды и

ягоды; масличное- семена масличных культур, плоды оливкового дерева и т.п.; белковое – семена бобовых и т.п.; эфиромасличное – семена эфиромасличных культур, лепестки роз, гераней и цветов других растений.

## **ЗЕРНОМУЧНОЕ СЫРЬЕ**

**З е р н о.** Из сырья растительного происхождения важнейшее значение имеют зерно Мятликовых (злаковых) и семена других культур. В технологии пищевых производств встречаются такие понятия, как культура, партия, зерновка, зерновая смесь, зерновая масса.

**К у л ь т у р о й** называют ботанический род зерна (например, пшеница, рожь и др.).

**П а р т и е й** называют любое количество однородного по качеству зерна.

**З е р н о в к о й** называют единичное зерно, а зерновой массой – совокупность любого количества индивидуальных зерен и различных включений. В 1 кг, например, пшеницы содержится около 40 тыс. зерен.

Культура Мятликовых (злаковых) (пшеница, рожь, ячмень, рис и др.) известна с глубокой древности. Для большинства населения земного шара хлеб является основной пищей. Около половины жителей планеты в качестве основной пищи употребляют продукты из пшеницы и ржи, а население стран Юго – Восточной Азии и Африки – в основном рис.

По химическому составу зерно и семена можно разделить на три группы: крахмалсодержащие, белковые, масличные.

К первой группе относят зерно злаков и семена гречихи. Крахмала и других углеводов в них содержится в среднем 70 – 80 %, белков – 10 - 16 %, жиров – 1,5 – 6 %.

Во вторую группу входят семена бобовых, содержащих около 25 – 30 % белков, 60 – 65 % углеводов.

Семена и плоды масличных культур объединяются в третью группу. Они содержат с среднем 25 – 50 % жира и 20 – 40 % белков.

В зависимости от целевого назначения зерно и семена различают мукомольные, крупяные, технические и фуражные. Зерно пшеницы и ржи используется в основном для получения хлебопекарной муки, а из зерна твердой пшеницы изготавливают макаронную муку.

К крупяным культурам относят зерно и семена гречихи, проса, риса, фасоли, чечевицы и т. п. семена масличных (подсолнечник, лен, хлопковое семя) относят к техническим культурам.

Универсальное применение нашло зерно ячменя, кукурузы, овса. Из кукурузы получают муку и крупу, крахмал, глюкозу и патоку, кукурузные деликатесы и масло. Ячмень – превосходное сырье для получения солода, пива и крупы. Овес – сырье для толокна, крупы и муки. Зерно и семена этих культур используются для получения комбикормов, в микробиологической промышленности – для приготовления питательных сред при выращивании продуцентов ферментов и антибиотиков.

Большинство зерновых хлебных культур относится к злаковым растениям (по ботанической классификации – семейство Мятликовых). Плод их – зерно; зерновка большинства злаковых имеет сходное строение. В качестве примера приведем строение пшеничного зерна и морфологическую характеристику зерна основных культур.

**Цветочные оболочки**, например, у зерна ячменя, овса, риса состоят в основном из клетчатки и при переработке удаляются (кроме случаев получения из ячменя пивного солода).

**Плодовые и семенные оболочки** состоят в основном из неусвояемых веществ (клетчатки, минеральных и др.), поэтому при переработке зерна на муку они отделяются в виде отрубей.

**Алейроновый слой** богат питательными веществами и витаминами, но они заключены в клетках, оболочки которых не перевариваются в организме человека. При переработке зерна этот слой вместе с оболочками отделяется в виде отрубей.

**Э н д о с п е р м**, или мучнистое ядро, занимает всю внутреннюю часть зерновки. Ядро состоит из крупных клеток, заполненных крахмалом, белком и другими веществами. Состав эндосперма отличается от состава других частей зерна. В нем содержится весь крахмала, большая часть белков и других соединений.

**З а р о д ы ш** представляет собой ту часть зерна, из которой развивается новое растение. Он богат питательными веществами, витаминами группы В, РР, Е и содержит много жира (например, в кукурузном – от 25 до 45 %). При переработке зерна зародыш обычно отделяют с отрубями, так как содержащийся в нем жир нестойк при хранении, и если часть зародыша попадает в муку, то возможно ее прогоркание.

Для примера приведем химический состав целого зерна пшеницы и его частей.

Химический состав зерна пшеницы и других культур не является строго постоянным. Особенно большие колебания наблюдаются в содержании белка и крахмала.

**Б е л к и** являются наиболее частью зерна. Белки всех видов зерна способны набухать в воде и образовывать связанную массу (например, при замесе теста). Однако только белки пшеницы придают этой массе эластичность. При промывании водой пшеничного теста можно от него отделить крахмал и выделить набухший эластичный белок, называемый **клейковиной**. Клейковина участвует в образовании пористой структуры хлебного мякиша и бисквитных изделий и обуславливает прочность макаронных изделий. Белки других зерновых культур с водой клейковины не образуют.

**Ж и р ы** в зерне злаковых содержатся в малом количестве. Богаты жирами лишь семена масличных культур, являющиеся сырьем для масло – жировой промышленности.

Жиры всех видов зерна имеют высокую биологическую ценность, но различаются стойкостью при хранении. Лучше сохраняются жиры гречихи, ржи, ячменя и риса, хуже – кукурузы и пшеницы. Весьма нестойки при хранении жиры овса и проса. Наибольшее количество жира содержится в зародыше и алейроновом слое, наименьшее – в эндосперме.

**У г л е в о д ы** в зерне представлены в основном крахмалом, имеются клетчатка и сахара. Крахмал откладывается в виде крахмальных зерен, заключенных в клетках эндосперма. Крахмальные зерна различных культур отличаются не только размерами и формой, но и свойствами: влагоемкостью, температурой клейстеризации, скоростью осахаривания и т. п. Например, пшеничный или ржаной хлеб черствеет медленнее, чем овсяный или ячменный, потому, что крахмал пшеницы и ржи более влагоемок, чем ячменный и овсяный.

**В и т а м и н ы В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, РР, Е** и др. входят в состав зерна всех злаков. Витамин В<sub>12</sub> содержится только в пшенице, а каротин – в зерне ржи, пшеницы (особенно твердой) и желтой кукурузы. Витамины С и D в зерне отсутствуют.

**Ф е р м е н т ы** в зерно, как и в любом другом живом организме, представлены широко по всем 6 классам. При переработке и хранении зерна особенно большое значение имеют ферменты гидролазы, оксиредуктазы и трансферазы.

**Качество зерна.** Показатели качества зерна подразделяются на пять группы: ботанико–физиологические, сенсорные (органолептические), физические, химические и технологические.

**Б о т о н и к о – ф и з и о л о г и ч е с к и е** показатели включают культуру (род)растения, ее вид, форму (озимая или яровая, сорт, цвет, всхожесть, энергию прорастания).

**О р г а н о л е п т и ч е с к и е** показатели включают цвет, вкус, запах, определяемые с помощью органов чувств.

Цвет является сортовым признаком. Измененный цвет характеризует или степень зрелости или характер порчи зерна.

Запах здорового зерна характерен свой для порчи или сорбции летучих веществ. Амбарный запах возникает при хранении зерна в невентилируемых складах. Этот запах исчезает при вентиляции или переработке зерна.

Солодовый запах свойствен проросшему зерну, а плесенный появляется в результате развития плесневых грибов. В зависимости от степени поражения зерна плесенями различают затхлый и гнилостный запах. Зерно с поражением плесенями только поверхности пригодно на продовольственные цели, а зерно с поражением эндосперма с разрешения ветеринарного надзора реализуется на корм животным и птицам, зерно 3 –й и 4 –й степени порчи реализуется только на технические цели.

Во вкусе здорового зерна не должно быть, никаких привкусов.

**Физические свойства** зерна включают целый комплекс показателей: форму и линейные размеры, выполненность, щуплость и выравненность, абсолютную массу, натурную массу, стекловидность и др.

Форма зерна – сортовой признак, однако в пределах каждой культуры и даже одной партии зерна наблюдаются некоторые отклонения по форме зерна в зависимости от степени спелости и других причин. Линейные размеры определяют крупность зерна.

Выполненностью выражают степень зрелости зерна. Щуплым называют мелкое, иногда сморщенное зерно с небольшим запасом белка и крахмала. Выравненностью отражают однородность зерен по размерам, влажности, цвету, химическому составу и другим показателям. Абсолютной массой называют массу 1000 зерен, а натурной – массу зерна в 1 л объема.

Стекловидность характеризует консистенцию или структуру эндосперма. Структура может быть стекловидной и мучнистой. В поперечном срезе стекловидное зерно имеет вид скола стекла, а мучнистое имеет белый цвет подобно мелу. Стекловидное зерно имеет плотную, а мучнистое – рыхлую упаковку крахмальных зерен и белка в клетках

эндосперма. Более высоким качеством обладает стекловидное зерно. Стекловидность выражается в процентах стекловидных зерен к их общему количеству. В стекловидных зернах площади поперечного среза может быть мучнистой, а в мучнистом, наоборот, этого среза может быть стекловидной.

В нашей стране распространены мягкая и твердая пшеница. Этим терминами обозначается принадлежность данного зерна к определенному ботаническому типу, а не физические свойства зерновки. Твердая пшеница всегда стекловидна, содержит большее количество белка, обладает янтарным цветом зерна и является превосходным сырьем для производства макаронной муки. Мягкая пшеница содержит меньшее количество белка, может иметь стекловидный и мучнистый эндосперм, цвет различный – от белого до красного с разным оттенком.

**Механические свойства** зерна включают реологические характеристики: предельное напряжение, модуль упругости, вязкость, ползучесть, время релаксации и т. п. Эти характеристики определяют способность зерна сопротивляться разрушению. Характерной особенностью зерна является неоднородность (анизотропность) его механических свойств по различным осям.

**Химические свойства** зерна определяются его составом влажностью, зольностью, количеством и качеством клейковины (для пшеницы), кислотностью.

Количество воды в зерне и семенах характеризует их влажность. В качестве примера приводим границы влажности зерна злаковых: сухое до 14 % включительно; средней сухости свыше 14 до 15,5 % включительно; влажное свыше 15,5 до 17 %; сырое свыше 17 %.

В сухом зерне вода находится в связанном состоянии, что и обуславливает хорошую сохраняемость зерна. Влажность, при которой появляется свободная влага, называется критической. При наличии в зерне свободной влаги создаются благоприятные условия для интенсификации

дыхания зерна и развития в зерновой массе микробиологических процессов, приводящих нередко к порче зерна.

**Зольность** – количество золы (в %), оставшейся после сжигания зерна. Минеральные вещества в зерновке распределены неравномерно. Меньше их в эндосперме и больше в зародыше и алейроновом слое. Зольность зерна твердой пшеницы выше, чем мягкой.

Качество клейковины относится к технологическим свойствам, но для полноты представления о зерне пшеница этот показатель рассматривается здесь.

**Клейковина** – белок пшеничного зерна, набухший в воде. Клейковина способна поглотить 2 – 2,5 кратное количество воды к своей сухой массе. Количество сырой клейковины в зерне составляет от 25 до 40 % . качество клейковины – это совокупность ее физических свойств: упругости, эластичности, вязкости, пластичности и др. показатели количества и качества клейковины взаимосвязаны. Высоко ценится зерно с высоким содержанием «сильной» клейковины. Силой клейковины называют ее способность сопротивляться растяжению или сжатию.

Кислотность характеризует наличие в зерне кислот и других веществ, имеющих кислую реакцию. Кислотность измеряется в градусах. Градусом называют количество миллилитров нормальной щелочи, пошедшей на нейтрализацию кислореагирующих веществ в 100 г размолотого зерна или другого сырья и продукта. У свежего зерна кислотность находится в пределах 1 – 3<sup>0</sup>, а при хранении этот показатель незначительно увеличивается в основном в результате гидролитического распада жиров.

**Технологические свойства** зерна определяются показателями, характеризующими процесс переработки зерна или муки. Различают мукомольные, хлебопекарные, а для пшеницы, кроме того, макаронные свойства зерна.

Мукомольные свойства определяются размолоспособностью зерна и его мукомольной ценностью. Первое характеризует поведение зерна при



размоле (дробление, разделение продуктов размола, выход муки и т. п. и расход энергии). Второе включает всю совокупность показателей, характеризующих мукомольный процесс: режимы кондиционирования, требуемое количество размольных и других систем, длительность процесса, качество промежуточных продуктов и муки (зольность, цвет, крупность, количество и качества клейковины).

Хлебопекарными свойствами зерна называют способность получаемой из него муки давать при оптимальных режимах хлебопечения хлеб хорошего качества и высокого выхода.

Макаронными свойствами зерна называют способность образовывать при размоле макаронную крупку и полукрупку пригодные для выработки макаронных изделий высокой питательности и прочности с привлекательным желтокремовым цветом.

**Свойства зерновой массы.** Свойства зерновой массы могут быть представлены следующей схемой:

### **Зерновая масса**

Физические свойства	Состав	Физиологические свойства
1. Сыпучесть	1. Зерна основной культуры	1. зерна
Жизнедеятельность		
2. Скважистость	2. Примеси	а) дыхание
3. Сорбционная емкость	3. Микроорганизмы	б) дозревание
4. Теплофизические свойства	4. Воздух и газы в межзерновом пространстве	в) прорастание

Жизнедеятельность

свойства

микроорганизмов

**Сыпучесть** – подвижность зерновой массы. Зерновая масса легко заполняет емкость любой конфигурации и свободно вытекает из через отверстия. Сыпучесть проявляется в самосортировании зерна. При встряхивании (в транспортных средствах при перевозке, в сортировочных машинах) зерновая масса сортируется: легкие фракции зерна и примесей движутся (всплывают) к поверхности насыпи, а тяжелые оседают вниз.

**Скважистость** – наличие в зерновой массе межзерновых скважин, заполненных воздухом. Скважистость (в %) определяется по формуле

где:  $V$  – общий объем зерновой массы;  $V_0$  – истинный объем зерновой массы.

Величина  $S$  меняется в широких пределах – от 30 % у проса до 50 % овса и 80 % у семян подсолнечника.

Благодаря скважистой структуре зерновая масса хорошо обдувается воздухом при вентилировании и газифицируется при дезинсекции с целью уничтожения амбарных вредителей.

**Сорбционные свойства** проявляются в поглощении зерном паров воды и летучих массы и капиллярно – пористой коллоидной структурой зерновки. Суммарная активная поверхность зерна пшеницы и ржи примерно в 20 раз больше внешней поверхности зерновки. Сорбционные

свойства зерна играют исключительную роль в процессах влагообмена зерна с соприкасающимся воздухом при хранении.

**Т е п л о ф и з и ч е с к и е с в о й с т в а** характеризуются теплоемкостью и теплопроводностью зерновой массы. Удельная теплоемкость абсолютно сухого зерна составляет примерно 1,5 – 1,52 , т. е. почти в 3 раза меньше, чем воды (4, 19), и в 1,5 раза больше, чем воздуха (1,01). Коэффициент теплопроводности зерна злаков находится в пределах 0,08 – 0,15 .

Таким образом, зерновая масса обладает большой тепловой инерцией. Положительное значение этого свойства заключается в том, что холодом можно консервировать зерно. Охлажденное зимой зерно длительное время остается холодным в теплое время года. Отрицательная роль этого свойства состоит в том, что в результате развития микробиологических процессов в зерновой массе могут возникать локальные очаги самосогревания.

**А э р о д и н а м и ч е с к и е с в о й с т в а** зерновой массы проявляются в способности зерна перемещаться в воздушном потоке с различной скоростью витания. Для характеристики этой способности применяют коэффициент парусности

где: **f** – коэффициент, учитывающий форму зерна;

**$\rho$**  – плотность воздуха, кг / м<sup>3</sup>;

**F**– площадь наибольшего поперечного сечения,  
перпендикулярного вектору скорости воздуха, м<sup>2</sup>;

**G** – масса зерновки, кг.

Парусность зерна связана со скоростью витания  $v$  (в м / с)

где:  $g$  – ускорение свободного падения, м / с<sup>2</sup>.

Численные значения коэффициента  $K_{\text{п}}$  и скорости витания зерна различных культур приведены ниже.

	$K_{\text{п}}$	$v_{\text{в}}$ , м/с
Пшеница . . . . .	0,084 – 0,205	8,9 – 11,5
Ячмень . . . . .	0,191 – 0,272	8,4 – 10,3
Кукуруза . . . . .	0,162 – 0,231	4,4 – 8,0

**Мука.** Мука порошкообразный продукт с различным гранулометрическим составом, получаемый путем измельчения (размола) зерна различных злаковых культур, гречихи бобовых.

**Пшеничную муку** получают из зерна разного технологического достоинства. Например, из зерна твердой пшеницы изготавливают макаронные крупки двух сортов: высшего – крупка с выходом 30 % клейковины и иметь желто – кремовый цвет, высоко ценимый потребителями макаронных изделий. Макаaronная мука имеет крупитчатую структуру и неспособна к потемнению в процессе переработки.

Пшеничная хлебопекарная мука подразделяется на следующие сорта: обойная (с выходом 96 %), высший сорт (30 %), I сорт (72 %) и II сорт (85 %)

Химический состав муки разных сортов и видов различается незначительно. Кроме воды (около 14 %) в муке, например пшеничной, содержится (в %): белка от 10 до 14, усвояемых углеводов от 70 до 75, в том числе сахара от 1,5 до 3, клетчатки от 0,1 до 1,6, жиров от 0,9 до 1,5, зольных веществ от 0,5 до 1,7.

Технологические достоинства пшеничной муки определяются: свойством образовывать тесто с определенными физическими характеристиками по упругости, эластичности и пластичности, «силой» муки, газообразующей способностью; цветом и способностью к потемнению в процессе переработки.

Мука по силе различается сильная, средняя и слабая. Обычно из сильной и слабой муки получается хлеб недостаточно хорошего качества. Смешивая их в соотношении, которое определяет заводская лаборатория, получают муку, среднюю по силе, позволяющую получать хлеб высокого качества.

Сила муки определяется в основном количеством и качеством клейковины. Заметное влияние на силу муки оказывает активность протеаз – ферментов, гидролизующих белки при приготовлении теста. Зерно с дефектами (проросшее, морозобойное, пораженное вредной черепашкой) дает слабую муку.

Газообразующая способность муки зависит от содержания в ней собственных сахаров и скорости накопления их в результате гидролиза крахмала муки под воздействием амилолитических ферментов муки этот показатель весьма важен, так как от него зависит непрерывное питание дрожжей, вызывающих брожение и разрыхление теста.

Цвет муки определяется наличием в ней пигментов, переходящих в муку из зерна. Цвет муки тем темнее, чем выше ее зольность. При хранении муки происходит ее созревание, одним из признаков которого является отбеливание. Существенное влияние на хлебопекарные свойства муки оказывает ее крупность (степень дисперсности), с которой тесно связана водопоглощительная способность.

**Р ж а н а я м у к а** подразделяется на следующие сорта: обойная (с выходом 95 %), обдирная (87 %) и сеяная (65 %).

Ржаная мука в хлебопекарном отношении существенно отличается от пшеничной: ее белки в условиях теста не образуют связанной клейковины, более того, они способны в значительной части пептизироваться (неограниченно набухать в воде), переходя в вязкий коллоидный раствор.

Крахмал ржаной муки клейстеризуется при более низкой температуре, чем пшеничный. Кроме того, он легче атакуется амилолитическими ферментами. В ржаной муке всегда имеется в весьма активном состоянии -

амилаза, тогда как в пшеничной муке нормального качества находится только  $\beta$  – амилаза. В ржаной муке содержится 2–3 % слизи – высокомолекулярных пентозанов, поглощающих при набухании воду в количестве, в 80 раз большем своей массы.

Все эти особенности ржаной муки обуславливают и существенные отличия в способах приготовления ржаного и пшеничного теста.

### **Плоды и овощи**

Плоды и овощи являются важными продуктами питания. Они богаты углеводами, органическими кислотами и их солями, витаминными, минеральными элементами. Часть плодов и овощей потребляется непосредственно в пищу после кулинарной обработки или без нее, а другая часть является сырьем для промышленной переработки.

Сахарная свекла – основное сырье для получения сахара, картофель – сырье для получения спирта, крахмала и картофелепродуктов длительного хранения, плоды и овощей – сырье для консервной промышленности, виноград и ягоды – сырье для получения вина, безалкогольных напитков и соков.

Плоды по строению и характеру образования на растении делятся на 4 группы: семечковые, косточковые, ягоды и орехоплодные. К семечковым плодам относят яблоки, груши, все цитрусовые, к косточковым – ягоды типа вишни, черешни, сливы, абрикосов и др., к ягодным – виноград, землянику, смородину, и т.п., к орехоплодным – орехи фундук, грецкий, фисташковые, каштан, миндаль.

Овощи подразделяются на 2 группы: вегетативную и плодовую. К вегетативной относятся капуста, салат, лук, пряные растения, у которых используются листья, клубнекорневые растения (картофель, морковь, свекла и т. п.), стебельные (спаржа), цветочные (артишоки, цветная капуста). К плодовой группе овощей относят тыкву, томаты, огурцы, бобовые (зеленый горошек) и др.

**Химические свойства** плодов и овощей определяются их составом. Важнейшим показателем качества плодоовощного сырья является содержание сухих веществ, т. е. всех нутриентов, кроме воды. Количество сухих веществ в фруктах и ягодах в большинстве случаев колеблется от 10 до 20 %. В отдельных ягодах, например в винограде, оно может достигнуть 25 %, и выше. Сухими веществами богаты и овощи. В сахарной свекле и картофеле их количество достигает 25 %, в моркови – 14, зеленом горошке – 20, кукурузе – более 25 %.

Для промышленной переработки используется картофель с высоким содержанием сухих веществ. Лучшими сортами картофеля являются Темп, Вольтман, Лорх, Лошицкий и др. Клубни содержат в среднем 25 % сухих веществ, в том числе крахмала 18 %, сахаров 1, белков 2, минеральных веществ 1 %. На долю других веществ (клетчатки, пектиновых веществ и т. п.) приходится около 3 %.

Требования к качеству картофеля определены ГОСТ 6014 – 68. основные показатели: содержание крахмала не менее 14 %, размер клубня по наибольшему диаметру не менее 3см, примесь земли не более 1,5 %, мелкого картофеля ( размер от 2 до 3 см) не более 4 %, механически поврежденного не более 2 % к общей массе. Не допускается к приемке загнивший, подмороженный и замороженный картофель.

Средний химический состав корней сахарной свеклы (в %) следующий: вода 75; сухие вещества 25, в том числе сахар 17,5, несахара 7,5, включая нерастворимые несахара (мякоть) 5, растворимые несахара 2,5 (азотистые органические 1,1, безазотистые органические 0,9 и минеральные 0,5).

Сахарная свекла оценивается показателям ГОСТ 17421 – 72. Корни должны иметь нормальный тургор.

Основной показатель качества свеклы – содержание сахара. Качество клеточного сока свеклы и всех промежуточных полуфабрикатов сахарного завода оценивают доброкачественностью, или чистотой.

где: **Сх** – содержание сахара, %; **СВ** – содержание сухих веществ, %.

Количество несахаров (**Нс**) определяется из разности

$$\mathbf{Hc = CB - Cx}$$

Количество сухих веществ зависит не только от вида и сорта плодовоовощного сырья, но и от конкретных условий их выращивания, агрофона, погодных условий их транспортирования и хранения.

Большая часть сухих веществ плодов и овощей (до 90 %) представлена углеводами: крахмалов, сахарозой, фруктозой и глюкозой. На долю сахаров приходится (в % по массе сырья): в Яблоках от 10 до 15, вишне от 8 до 15, землянике от 5 до 8, сахарной свекле от 80 до 90. крахмала в картофеле 16 – 18 %. Белков и жиров в плодах и овощах незначительное количество. Содержание белка не превышает 1 % в плодах и 5 % в овощах. Только орехи богаты белками и жирами.

Особо важное пищевое значение имеет содержание в плодах и овощах минеральных солей и витаминов – незаменимых компонентов пищи.

Важное технологическое значение имеет содержание в плодах и овощах дубильных, вкусовых и ароматических веществ. Дубильные вещества выполняют защитные функции при хранении плодов и овощей. На вкус плодов и овощей влияют входящие в их состав пищевые кислоты: яблочная, лимонная, винная, щавелевая и др. Их количество колеблется от 0,15 до 6,0 %. Аромат плодов и овощей обусловлен эфирными маслами. Красящие вещества расположены в кожице плодов и реже в мякоти.

Важно значение имеют гликозиды – соединения углеводов со спиртами, кислотами и альдегидами. Гликозиды ядовиты, но в небольшом количестве обладают тонизирующим свойством. Наиболее распространенными гликозидами являются: соланин в томатах, баклажанах, в кожице картофеля (при прорастании картофеля он переходит в мякоть); амигдалин в ядре миндаля; теобромин в какао бобах; кофеин в зерне кофе.



**Физические свойства** плодов и овощей включают понятия о форме и размерах, плотности и пористости, насыпной плотности и скважистости, консистенции и тургоре, твердости, теплопроводности.

Форма характеризуется индексом, под которым понимают отношение высоты плода к его среднему диаметру,

где:  $J_f$  – индекс формы;

$H$  – высота плода, м;

$D$  – наибольший диаметр, м;

$d$  – наименьший диаметр, м.

**Плотность** – это отношение массы продукта к его объему. Различают физическую и истинную плотность. Физическая плотность представляет собой отношение массы продукта к его действительному (фактическому) объему. Истинная плотность – отношение массы к объему материала продукта, который меньше физического объема на величину объема, занимаемого внутритканевыми газами и газом в семенной полости или овоща.

Истинную плотность можно вычислить как средневзвешенную величину, если известно содержание сухих веществ и их плотность.

В таблице 1 приведены средние данные о плотности некоторых плодов и овощей.

Таблица 1

Сырье	Содержание сухих в-в, %	$P$ , кг /м <sup>3</sup>	Сырье	Содержание сухих в-в, %	$P$ , кг /м <sup>3</sup>
Яблоки	13,2	879	Морковь . .	9,5	1029
Виноград	16,4	1036	Капуста .	8,0	702
Груши	15,3	1009	Томаты . .	5,3	993
Картофель	19,2	1080	Баклажаны	5,3	716
Свекла	12,9	1043			

Пористость плодов и овощей  $\Pi$  ( в %) подсчитывается по формуле

где:  $\rho$  - плотность физическая и истинная,

Насыпная плотность (в плодов и овощей зависит от их физической плотности и скважистости и подсчитывается по приближенной формуле

$$\rho_{\text{н}} \cdot \varepsilon_3$$

где:  $\varepsilon_{\text{ш}}$  и  $\varepsilon_3$  – коэффициенты, учитывающие отклонения плода (овоща) от формы шара и наличие механических примесей и загрязнений. Обычно  $\varepsilon_{\text{ш}} \cdot \varepsilon_3 = 1,15$ , тогда

Скважистость насыпи плодов и овощей представляет собой часть объема этой насыпи, занятую воздухом, и определяется уравнением (в долях единицы)

Консистенция характеризует строение тканей плодов и овощей. Консистенцию определяют органолептически. Она может быть грубой, плотной, нежной, рассыпчатой, рыхлой.

Твердость – свойство сопротивляться деформированию и разрушению. Это свойство имеет большое значение при сборе, сортировке, упаковке в тару, при транспортировании, хранении и переработке плодов и овощей.

**Т е п л о ф и з и ч е с к и е   с в о й с т в а** плодов и овощей учитываются при организации их хранения и переработки. Картофель, овощи и плоды характеризуются сравнительно низкой тепло – и температуропроводностью. Они очень медленно охлаждаются и также медленно прогреваются. К тому же скважистость буртов и насыпи этих объектов существенно замедляет процессы тепло – обмена.

Коэффициент теплопроводности, например, картофеля, свеклы и моркови изменяется в зависимости от их влажности в пределах  $0,61 - 0,66 \text{ Вт} / (\text{м} \cdot \text{К})$ , а коэффициент температуропроводности – от  $13,8 \cdot 10^{-8}$  до  $15,8 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2/\text{с}$ . Вследствие низкого значения этих коэффициентов при хранении плодов и овощей часты случаи их самосогревания и порчи.

Теплопроводность насыпи плодов и овощей в Вт (м · К) можно подсчитать по приближенной формуле

где:  $g_c$  – содержание сухих веществ, %;

**Остальные обозначения те же, что в предыдущих формулах.**

## **Лекция 4.**

### **Тема: Свойства пищевого сырья**

#### **План**

1. Технологические свойства
2. Биологические свойства

#### **1. Технологические свойства**

Построение технологического процесса, тот или иной способ обработки сырья и превращения его в готовую продукцию зависят от свойств, сырья способности его изменяться в нужном направлении под влиянием различных воздействий. Иногда способ обработки определяется особенностями химического состава сырья. Характерным примером в этом отношении является технология виноградного сока. Технология всех видов фруктовых соков, кроме виноградного, построена таким образом, что вполне готовая продукция, которую сразу же можно (при надобности) отгрузить с завода, получается через 3 – 4 ч после подачи сырья в цех на переработку. Из-за наличия же в винограде кислой виннокалиевой соли, плохо растворимой в соке и с течением времени выпадающей на дно бутылки в виде кристаллических отложений (что ухудшает товарный вид готовой продукции), в технологию этого консервированного пищевого продукта введен процесс многонедельного отстаивания сока на холоду до розлива его в бутылки.

Другой характерный пример влияния химического состава сырья на построение технологического процесса – способ получения абрикосового, томатного и некоторых других плодовых и овощных соков. В то время как

яблочный и виноградный сок получают отделением на прессах клеточного сока от измельченной мякоти, а готовая продукция представляет собой прозрачный напиток, абрикосовый и ему подобные соки готовят, протирая целые, предварительно размягченные нагреванием плоды через механическое сито. В последнем случае готовая продукция имеет вид непрозрачной, мутной жидкости, она содержит около 50% (а иногда и больше) плодовой мякоти. Это связано с тем, что пищевая ценность абрикосов, томатов и некоторых других видов растительного сырья определяется не только содержанием и гармоническим сочетанием сахаров, органических кислот, микроэлементов, полифенолов, ароматических и других пищевых веществ, но и наличием каротина, являющегося провитамином А. Как известно, каротин, представляющий собой непредельный углеводород эмпирического состава  $C_{40}H_{56}$  с 11 непредельными связями, нерастворим в воде и, следовательно, в клеточном соке, а зафиксирован на мякоти. Если бы из абрикосов получали натуральный сок отделением на прессах клеточного сока от мякоти, то получалось бы, что в отходы производства уходил бы такой ценный компонент, как каротин. Хотя в абрикосах его содержится немного, всего лишь несколько миллиграммов на 100г плодовой мякоти, однако этого достаточно для обеспечения суточной потребности организма человека в этом биологически активном веществе. Вот почему технология абрикосового сока и применяемая для его изготовления аппаратура резко отличаются от способов производства и аппаратурного оформления линий яблочного и виноградного соков.

В других случаях способ обработки зависит от физических свойств сырья. Пользуясь, например, тем, что качество зеленого горошка, его сладость, тесно связано с плотностью, можно произвести разделение данной партии сырья на сорта с помощью флотационных аппаратов, заполненных экспериментально подобранными солевыми растворами, в которых тяжелые,

менее сладкие зерна тонут, а легкие, содержащие больше сахара и меньше крахмала, всплывают.

Часто способ обработки диктуется биологическими свойствами сырья. Для ряда пищевых производств важнейшая технологическая особенность сырья состоит в том, что это материал живой. Во многих случаях одних лишь сведений о химическом составе сырья оказывается недостаточно, чтобы получить из сырья готовую продукцию. Часто можно переработать сырье в нужном направлении, лишь учитывая, что оно является живым материалом. Так, например, невозможно рационально организовать хранение на заводах плодов и овощей до пуска их в переработку, если не считаться с тем, что они дышат и что нужно создать такие условия, при которых бы это дыхание протекало нормально. Или, скажем, самый тщательный химический анализ и выяснение физических свойств слив, абрикосов, черной смородины, крыжовника ничего не дают для объяснения такого важного технологического свойства, как плохая сокоотдача на прессах после обычного механического измельчения. Оказывается, это связано с биологическими особенностями растительной ткани. Ткань не выпускает сока до тех пор, пока она жива, и чтобы получить побольше сока при отжиме, нужно эту ткань до прессования тем или иным способом убить.

## **2. Биологические свойства**

**Биологические свойства** плодов и овощей как живых организмов связаны с их клеточной структурой. Схематически эта структура показана на рис. 1.

Клетки бывают различной формы: овальные, круглые, многоугольные. Размер их измеряется десятками микрометров. Из рисунка видно, что растительная ткань представляет собой многоклеточный организм. Клетки плотно прилегают друг к другу и даже склеены между собой с помощью межклеточного вещества.

Каждая клетка имеет оболочку, являющуюся каркасом клетки, придающим ей определенную форму и предохраняющим от механических повреждений.

Клеточная оболочка взрослой растительной клетки выстлана изнутри тончайшим слоем цитоплазмы, образующей как бы вторую, внутреннюю оболочку клетки. Внутренняя полость клетки, называемая вакуолью, заполнена клеточным соком. Таким образом, клетка представляет собой как бы двухслойный мешочек, заполненный соком, в котором наружный слой представляет собой клеточную оболочку, а внутренний – цитоплазму.

Клеточная оболочка имеет мелкопористую структуру и не является сплошной. В ней имеются мельчайшие отверстия – каналы, через которые, однако, свободно могут в одну и другую сторону проходить молекулы воды и растворенных в воде вещества, а также клеточный сок в целом, т. е. клеточная оболочка является проницаемой.

Особое значение для жизни клетки, а также для технологии ряда пищевых производств имеет структура цитоплазменной мембраны. Она, как и клеточная оболочка, является не сплошной, а пористой. Но если клеточную оболочку можно назвать микропористой, то цитоплазменная мембрана является ультрамикропористой. Отверстия в ней настолько малы, что через них могут проходить лишь молекулы небольших размеров, например молекулы воды. Более же крупные молекулы, например, таких веществ, как сахар и соль, через поры цитоплазмы пройти не могут. Таким образом, цитоплазменная оболочка проницаема для воды и непроницаема для растворенных в воде веществ, или, как принято говорить, она полупроницаема.

Полупроницаемость цитоплазменной оболочки осложняет протекание диффузионных и физических процессов в пищевых производствах и в ряде случаев должна обязательно приниматься во внимание при построении технологического процесса производства пищевых продуктов.

Если в стакан налить некоторое количество крепкого, например 60 % - ного, раствора сахара, а затем осторожно, не перемешивая, прилить слабый, например 10 % - ный, раствор сахара, то 10 % - ный раствор сахара, плотность которого меньше, чем крепкого, расположится поверх него, не смешавшись с ним.

Однако с течением времени благодаря закону диффузии, согласно которому молекулы сахара будут самопроизвольно перемещаться от места с большей концентрацией в зону, где концентрация сахара меньше, верхний слой будет постепенно обогащаться сахаром, а концентрация нижнего слоя – уменьшаться. Так будет продолжаться до тех пор, пока концентрация сахара в обоих слоях не уравнивается, и, если крепкий и слабый растворы сахара были взяты в одинаковых количествах по массе, анализ покажет, что пробы растворов, взятые из разных по высоте слоев, одинаковы по концентрации и содержат в данном случае примерно 35 % сахара.

Далее, если поместить в стакан с 60 % - ным раствором сахара плодовую клетку, в соке которой содержится 10 % сахара, то свободная диффузия, при которой молекулы сахара перемещались бы, как в предыдущем примере, из крепкого раствора внутрь клетки, здесь произойти не может, так как цитоплазменная оболочка клетки непроницаема для сахара. Но так как диффузия является законом природы, то она будет осуществляться в отношении того вещества, для которого цитоплазменная мембрана не является помехой, т. е. для воды. При этом в соответствии с законом диффузии вода будет перемещаться от места с большим ее содержанием к месту с меньшим содержанием, т. е. из клетки наружу.

Поскольку цитоплазменная оболочка не приклеена к наружной клеточной оболочке, то по мере осмотического отсасывания из нее воды объем цитоплазменного мешочка уменьшается (рис. 2) и цитоплазма начинает отслаиваться от клеточной оболочки сначала по углам клетки, а потом по всему периметру. Этот процесс сжатия цитоплазмы называется **плазмолизом**. В плазмолизованном состоянии клетка является нежизнеспособной. Она не погибает, но нормальные ее функции приостанавливаются, и в таком состоянии она может находиться чрезвычайно долго, не проявляя никакой активности.

Если поместить плазмолизованную клетку в чистую воду, то процесс пойдет в обратном направлении. Теперь клетка будет жадно всасывать воду, цитоплазменный мешочек будет увеличиваться в объеме, расправляться до тех пор, пока плотно не прижмется к наружной, клеточной оболочке.



Последняя является ограниченно растяжимой, и, когда предел растяжения ее наступит, поступление воды в клетку прекратится, а сама она будет находиться в напряженном состоянии, называемым **тургором**. В клетке возникает давление, которое по роду вызвавшего его процесса называется осмотическим. Величина этого давления определяется так:

где: - **осмотическое давление, Па:**

**G** – концентрация вещества в растворе, кг /м<sup>3</sup>;

**R** – газовая постоянная, Дж/К;

**T** – температура, К;

**M** – молекулярная масса вещества, кг.

Осмотические явления известны в технологии как обратный осмос. Сущность его заключается в следующем. Если в сосуд, разделенный на две половины вертикальной перегородкой, изготовленной из полупроницаемого материала (пленки из синтетических полимерных материалов), налить в одну половину фруктовый сок, содержащий 10 % сахара, а в другую – чистую воду, то вода в силу осмотического давления будет всасываться в ту половину, где находится сок, и уровень жидкости в этой половине сосуда повысится. Это схема обычного – **прямого осмоса**. Если же теперь приложить к той части сосуда, где находится сок, давление, например с помощью насоса (рис. 3), больше, чем то под которым вода осмотически прокачивается в процессе прямого осмоса, то вода потечет в обратном направлении, т. е. из половины сосуда с соком в ту половину, где находится чистая вода. Это и будет так называемый **обратный осмос**. При этом сок сгущается, концентрация сахара в нем увеличивается. Этот способ концентрирования фруктовых соков выгодно отличается от обычных тепловых приемов, в процессе которых затрачивается много энергии и ухудшается качество продукции

Рис. 3. Схема обратного осмоса.

Весьма важным для понимания технологических особенностей растительного сырья является вопрос о влиянии внешних воздействий на клеточную проницаемость. Это свойство – непроницаемость для растворенных в воде веществ – не является постоянной величиной, оно колеблется в больших пределах в зависимости от внутренних и внешних условий.

Полупроницаемость присуща только живой, неповрежденной, здоровой цитоплазме. Такие сильные внешние воздействия, как высокая температура, механические удары, электрический ток и. т. п., вызывают раздражение цитоплазмы и интенсивное стремление ее сократить свою поверхность. При этом коллоидные частицы сближаются друг с другом, слипаются и создаются предпосылки для коагуляции белковых веществ, составляющих основную массу цитоплазмы. Коагуляция происходит в бесчисленных точках поверхности цитоплазменной мембраны, при этом образуются тысячи узелков, сгустков белковых веществ, между которыми возникают большие проходы. Клеточная проницаемость увеличивается, сок проходит через увеличившиеся поры оболочки наружу, давление в клетке падает.

Если раздражение не достигло критического уровня, то при устранении источника внешнего воздействия происшедшие изменения обратимы.

Начавшаяся коагуляция сменяется набуханием, сгустки рассасываются, поры затягиваются, клетка становится вновь непроницаемой для растворенных веществ. Если же перейти критический порог раздражения, то коагуляция коллоидов цитоплазмы становится необратимой, и в силу этого резко нарушается ее структура. В ней происходит отделение водянистого сока от свернувшегося осадка, а также отделение липидов от белковых веществ. Вместе с этим разрушаются и полупроницаемые мембраны, и все находящиеся в клетке вещества вступают в беспорядочное взаимодействие друг с другом, а также перестают удерживаться клеткой и свободно выходят из нее в окружающую среду. При этом клетка как живой организм погибает. Таким образом, с физико – химической точки зрения гибель живой ткани заключается в коагуляции коллоидов протоплазменной оболочки клеток.

## **Лекция 5.**

### **Тема: Причина порчи сырья и готовых пищевых продуктов и способы их предотвращения.**

**План: 1. Процессы, протекающие при хранении пищевого сырья растительного происхождения.**

**2. Механизм регулирования.**

**3. Режимы хранения**

**4. Способы хранения.**

Чрезвычайно важная роль отводится химическим и биохимическим преобразованиям при производстве пива, вина, спирта, хлеба, кондитерских изделий, растительных масел, дрожжей, глюкозы и фруктозы, разных жиров, инвертного сахара и др., а также при сохранении растительного сырья и готовых продуктов.

Скорость этих преобразований имеет большое значение в интенсификации технологий пищевых продуктов. Влияние разных факторов, условий и параметров на скорость химических и биохимических преобразований называется химической кинетикой, которая характеризуется изменением концентрации одного из реагирующих веществ за единицу

времени. При расчетах скорости реакции следует рассматривать одно или несколько из исходных (начальных) веществ, концентрация которых в процессе химических и биохимических преобразований увеличивается или уменьшается.

Основными факторами, которые влияют на скорость всех химических и биохимических реакций при переработке пищевого сырья, есть концентрация реагирующих веществ, температура и присутствие катализатора (ферментов и др.).

Увеличение концентрации взаимодействующих веществ — один из наиболее универсальных приемов интенсификации технологических процессов в пищевой промышленности. Например, увеличение концентрации сахара в сусле до 50% и проводка его сбраживания в спиртовой промышленности разрешит снизить себестоимость этилового спирта на 30...40%.

Температура — тоже важный фактор, который определяет скорость химических и биохимических реакций в пищевых технологиях. Объясняется влияние температуры и концентрации реагирующих веществ на скорость реакций теорией активных столкновений, согласно которой химическое взаимодействие между молекулами разных компонентов возможно только при эффективном их столкновении. Т. е., в химическую реакцию вступают только те молекулы, которые имеют соответствующую энергию. Молекулы, которые имеют такую энергию, называются активными. Избыточная энергия молекул называется энергией активации и зависит как от природы вступающих в реакцию веществ, так и от температуры среды.

Для протекания химических и биохимических реакций в пищевых технологиях необходимо разорвать межмолекулярные связи реагирующих веществ. Если при столкновении молекулы имеют большую энергию и ее достаточно для разрыва связей, тогда химическая реакция произойдет, а если энергия молекул будет меньше необходимой, то столкновение будет неэффективным и реакция не наступит.

При повышении температуры среды количество активных молекул увеличивается и одновременно увеличивается число столкновений между ними, в результате возрастает скорость химических реакций. При увеличении концентрации реагирующих веществ общее число эффективных столкновений молекул также увеличивается, как следствие — скорость реакции увеличивается.

Большое значение для ускорения химических и биохимических реакций имеет катализатор. Его присутствие в пищевом сырье, которое перерабатывается на продукты питания, ускоряет реакции в тысячи раз. При этом реакции могут происходить и при низких температурах, которые удобны с экономической точки зрения.

В пищевых технологиях большое количество гомогенных реакций катализируются действием ионов  $H$  и  $OH$ .

К таким реакциям относятся инверсия сахарозы, гидролиз сложных эфиров, в том числе жиров. Ионы металлов катализируют реакции окисления и гидролиза. Например, ионы меди катализируют окисление аскорбиновой кислоты, а потому оборудование и аппараты для переработки плодов, ягод и овощей не следует изготавливать из меди и ее сплавов. Окисление пищевых жиров ускоряется под действием ионов железа, меди, марганца, а потому жир не нужно хранить в металлической таре.

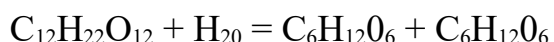
Большинство каталитических реакций в присутствии катализатора носят положительный характер, т. е. такой катализатор значительно ускоряет химические и биохимические реакции. Но в пищевых технологиях встречается и отрицательный катализ, когда катализатор снижает скорость реакций. Такой катализатор называется ингибитором. А когда ингибитор тормозит процесс окисления, тогда его называют антиоксидантом, или антиокислителем.

Хранение и переработка пищевого сырья, а также хранение готовых продуктов питания связано, в основном, с реакциями гидролиза и окисли-

тельно-восстановительными реакциями (меланоидинообразования, сульфитация, окисление и др.).

Гидролиз характеризуется разложением сложных веществ (белков, жиров, углеводов) на более простые под действием кислот и щелочей с присоединением молекулы воды.

Так, сахароза при нагревании с кислотами (молочной, лимонной, винной) гидролизуется и образует инвертный сахар — смесь глюкозы и фруктозы в равных пропорциях.



Характерная особенность сахарозы в том, что скорость реакции ее гидролиза в тысячу раз больше, чем скорость реакции гидролиза мальтозы или лактозы.

И инертный сахар, т. е. смесь глюкозы и фруктозы, имеет такие характерные особенности, как гигроскопичность и антикристаллизация. Антикристаллизационные свойства инвертного сахара дают возможность широко использовать его при производстве карамели и других продуктов и напитков. Замена сахара глюкозой и фруктозой в пищевых продуктах имеет лечебно-профилактический характер для человека.

Важная роль в пищевой технологии принадлежит гидролизу крахмала, который при кипячении с кислотами превращается в глюкозу. К промежуточным продуктам в процессе гидролиза крахмала относят такие полисахариды, как декстрины.

Чрезвычайно сложным окислительно-восстановительным процессом в пищевых технологиях является меланоидинообразование, когда низкомолекулярные продукты распада белков (пептиды, аминокислоты) вступают в реакцию с сахарами (фруктозой, глюкозой, мальтозой). В результате такой реакции аминокислоты и сахара раскладываются, образуя тем-ноокрашенные продукты, которые называются меланоидинами.

Образование меланоидинов — основная причина потемнения пищевых продуктов в процессе их изготовления, особенно при сушении и термической обработке. Чрезвычайно интенсивно эта реакция протекает при температурах выше оптимальных (при выпекании хлебобулочных и мучных кондитерских изделий, в процессе уваривания сахарных растворов, при сушении и термической обработке карамельного солода в пивоварении, в процессе тепловой обработки вин, при изготовлении фруктово-ягодных пюре, соков, повидла и др.).

Для изготовления ряда пищевых продуктов и полуфабрикатов создают специальные условия для реакции меланоидинообразования. Это — получение пшеничного хлеба с приятным вкусом и ароматом, темного, карамельного и ржаного солода.

При производстве ржаного солода, который используется при изготовлении хлебного кваса, в процессе проращивания ржи зерно подлежит специальной биотехнологической обработке — ферментации под действием про- теолитических, амилолитических и цитолитических ферментов. При этом проходит интенсивный гидролиз белков, углеводов и других веществ. В результате таких реакций в солоде накапливаются аминокислоты и сахара, которые при повышенной температуре образуют меланоидины, что придаёт будущему напитку или другим продуктам приятный вкус, аромат и цвет.

Большую роль при сохранении жиров, масел и жиросодержащих продуктов играет процесс окисления, который связан с химическими преобразованиями под действием света, кислорода и ферментов. При отсутствии кислорода процесс окисления не происходит. А присутствие в жирах кислорода и соли металлов как катализаторов значительно увеличивает скорость окисления. В то же время присутствие в жирах и жиросодержащих продуктах антиоксидантов снижает скорость их окисления. Наиболее активным натуральным ангиоксидантом является витамин Е.

Все биохимические и биотехнологические процессы в пищевых технологиях происходят при помощи ферментов — биологически активных естественных катализаторов белкового происхождения. Это — получение хлеба и хлебобулочных изделий, вина, пива, спирта, чая, аминокислот, органических кислот, витаминов, антибиотиков и др. Ферментативные процессы играют также важную роль при хранении пищевого сырья и готовой продукции (зерновых и бобовых культур, плодов, ягод, овощей, жира, жиросодержащих продуктов и др.).

Кинетика биохимических процессов зависит от ряда факторов: концентрации фермента и субстрата, биохимической природы реагирующих веществ, температуры и реакции среды pH, присутствия активаторов и ингибиторов. Скорость биохимических процессов при переработке пищевого сырья зависит, в основном, от природы субстрата и его атакоспособности, т. е. податливости к действию ферментов, которая зависит от состава и структуры субстрата.

Например, атакоспособность амилолитических ферментов крахмала, полученного из разных зерновых культур, неодинаковая. Она увеличивается с уменьшением размеров крахмальных зерен, т. е. при механическом действии на структуру зерен крахмала. Но действие амилаз на крахмал незначительно по сравнению с их действием на клейстеризованный крахмал. Поэтому в тех областях пищевой промышленности, где крахмал является источником образования Сахаров за счет расщепления его амилолитическими ферментами, зерно или муку клейстеризуют путем разваривания. Такая технологическая обработка применяется в хлебопекарной, паточной и спиртовой промышленности.

Атакуемость белка протеолитическими ферментами зависит от строения белковой молекулы. Чем крепче структура белка, тем меньше эффективность атакоспособности ферментов.

Наиболее интенсивное влияние на активность ферментов и скорость биохимических процессов в пищевом сырье имеют температура и реакция



среды. С повышением температуры активность ферментов возрастает и достигает максимума при оптимальной температуре для каждого отдельно взятого фермента. Температурный оптимум для ферментов растительного происхождения составляет около 40...50° С. Снижение активности фермента при повышении температуры связано с процессами денатурации белка, так как фермент — это органический естественный катализатор белкового происхождения. Полное прекращение действия фермента происходит при температурах, близких к 100° С. что не имеет отношения к термофильным ферментам, которые выдерживают короткое нагревание, равное температуре выше 100° С.

Кроме того, каждый фермент проявляет свою активность в соответствующих границах значения рН. Зона наибольшей активности фермента называется оптимальной зоной рН. Разные ферменты значительно отличаются оптимальным для их действия значением рН. Одни имеют высокую активность в кислой среде, вторые - - в нейтральной, третьи — в щелочной. Например, пепсин в желудочном соке имеет оптимум действия при рН = 2,0. а амилаза — при рН = 4,7...5,2. Следует отметить, что оптимальное значение рН для активного действия фермента зависит также от химического состава субстрата.

В биотехнологических процессах пищевых технологий важную роль играют и ингибиторы ферментов, которые снижают их активность. Действие ингибиторов характеризуется блокированием сульфгидрильных связей фермента и превращением их в дисульфидные группы. Ингибирование фермента может проходить также под действием белковых нерастворимых осадков. Это соединения солей тяжелых металлов (ртути, свинца, вольфрама), разных кислот и др. Окись углевода СО ингибирует ряд окислительно-восстановительных ферментов, в состав которых входит железо или медь.

Ферменты обеспечивают последовательность многих сложных биохимических превращений в клетках животных, пищевого растительного сырья, полуфабрикатов и микроорганизмов.

Все ферменты по своей структуре делятся на две группы: ферменты, в состав которых входят только белки, — однокомпонентные, ферменты, в состав которых входят белковое и органическое вещества небелковой природы. Последние ферменты являются двукомпонентными и служат основной массой всех ферментов.

Важными биологически активными веществами многих ферментов есть витамины и их производные. В состав многих ферментов входят металлы как кофакторы, которые предоставляют им активность. Например, кофактором  $\alpha$ -амилазы выступает кальций. Ряд ферментов усиливает свою активность в присутствии магния, цинка, марганца, меди и молибдена.

Все ферменты как естественные катализаторы ускоряют реакции в биотехнологических процессах пищевых технологий в 108...10<sup>9</sup> раз. Это намного больше, чем активность химических катализаторов. Важной особенностью ферментов является то, что они катализируют преобразование лишь одного вещества. К преимуществу ферментов над химическими катализаторами следует отнести то обстоятельство, что они действуют при относительно низких температурах (от 20 до 70° С) и нормальном давлении.

Таким образом, все биохимические процессы, которые протекают при производстве пищевых продуктов и их хранении, связаны с действием как своих ферментов пищевого сырья, так и с действием ферментов, которые производятся микроорганизмами и используются в виде ферментных препаратов.

В сырье ферменты находятся в свободном или связанном виде. Например, при проращивании зерновых культур активность ферментов повышается, что связано с процессами их освобождения.

Применение ферментных препаратов в пищевой промышленности разрешает интенсифицировать биотехнологические процессы, улучшить

качество готовой продукции, увеличить ее выход и сэкономить энергоресурсы.

Чрезвычайно большая роль в технологии пищевых продуктов принадлежит микроорганизмам, с помощью которых вырабатываются ферменты, пищевые и кормовые белки, витамины, аминокислоты, антибиотики, органические кислоты, липиды, гормоны, препараты для сельского хозяйства и т. д. Кроме того, в пищевой промышленности микроорганизмы используются для получения целого ряда пищевых продуктов и напитков. Так, алкогольные и безалкогольные напитки — вино, коньяк, пиво, спирт, ферментированные безалкогольные напитки, получают при помощи дрожжей и молочнокислых бактерий. В хлебопекарной промышленности используют дрожжи и бактерии, в молочной промышленности — молочнокислые бактерии и т. п.

В бродильной промышленности основным биологическим процессом является брожение, которое сопровождается такими микроорганизмами, как дрожжи. Брожение — это преобразование углеводов и органических соединений в ряд новых веществ под действием ферментов, которые продуцируются микроорганизмами.

К основным группам микроорганизмов, которые используются в разных областях пищевой промышленности, относятся бактерии, дрожжи и плесневые грибы.

Дрожжи широко применяются как возбудители брожения при производстве пива, спирта, вина, хлебного кваса, ферментированных напитков, а также в хлебопекарной промышленности для разрыхления теста. Для пищевой промышленности большое значение имеют дрожжи — сахаромицеты, которые образуют споры и делятся на несколько родов. Род делится на виды, а отдельные разновидности видов делятся на расы. В каждой отрасли промышленности используют соответствующие расы дрожжей.

Культурные дрожжи, которые применяются в бродильной промышленности, принадлежат к семейству сахаромецетов *Saccharomyces cerevisiae*, оптимальный температурный режим для их размножения находится в пределах 25...30° С.

При температуре 40° С размножение дрожжей останавливается и клетки отмирают. Низкие температуры дрожжи переносят хорошо, но при этом их размножение останавливается.

Дрожжи делятся на две группы: верхового и низового брожения. Каждая группа имеет несколько отдельных рас. Дрожжи верхового брожения на стадии интенсивного брожения концентрируются на поверхности среды в виде толстого пласта пены и остаются в таком состоянии до истечения брожения. Потом они оседают без образования плотного слоя. Дрожжи низового брожения, оболочка которых клейкая, быстро слипаются и оседают на дно бродильного аппарата. К культурным дрожжам низового брожения принадлежит большинство пивных и виновых дрожжей, а к дрожжам верхового брожения — хлебопекарные, спиртовые и некоторые пивные дрожжи.

Некоторые расы дрожжей способны сбродить высокие концентрации сахара — до 60% и выдерживать высокие концентрации спирта — до 16 %.

Для развития, размножения и роста микроорганизмов нужна энергия, методы добывания которой бывают самые разные.

Большинство микроорганизмов живут за счет энергии, которая образуется при окислении разных соединений кислородом. Такие микроорганизмы называются аэробами. Но есть и такие микроорганизмы, которые добывают энергию без участия кислорода, а лишь за счет окислительно-восстановительных реакций между органическими и неорганическими соединениями, которые находятся в субстрате. Такие микроорганизмы называются анаэробными. Кислород подавляет их развитие.

Существуют также промежуточные микроорганизмы. Это факультативные аэробы и анаэробы. Известны факультативные

микроорганизмы (дрожжи), которые способны в зависимости от условий развития переключаться из аэробного на анаэробный тип получения энергии для своего развития. Анаэробные микроорганизмы, к которым принадлежат бактерии и некоторые дрожжи, получают энергию для своей жизнедеятельности, в основном, в процессе брожения.

Примером такого типа получения энергии может быть спиртовое брожение, которое осуществляется дрожжами в анаэробных условиях:



Молочнокислые бактерии, которые являются факультативными анаэробами, без участия кислорода осуществляют молочнокислое брожение, которое характеризуется преобразованием молекулы глюкозы в две молекулы молочной кислоты с выделением энергии:



Для интенсивного развития микроорганизмов, эффективного их размножения и осуществления биосинтеза какого-нибудь вещества, необходимы такие оптимальные условия:

- состав и концентрация веществ питания;
- присутствие активаторов и ингибиторов:
  - оптимальная температура;
  - оптимальное давление;
  - оптимальное значение pH;
  - интенсивное перемешивание среды;
  - оптимальное освещение и др.

Для своего развития микроорганизмам нужен целый ряд необходимых элементов и соединений. К ним относятся: углевод, азот, фосфор, макро- и микроэлементы, биологически активные вещества, а также соли K, Mn, Fe и др.

Если на клетки микроорганизмов действуют высокие концентрации веществ или вредных соединений (токсичных, радиоактивных и др.) в питательной среде, тогда происходит плазмолиз клетки - доля воды

выделяется из клеток и протоплазма отделяется от клеточной оболочки. Таким образом жизнедеятельность клетки прекращается частично или полностью.

Для микробиологических процессов большое значение имеет реакция среды (рН). Каждая культура микроорганизмов характеризуется своим оптимальным значением рН, максимумом или минимумом.

Также большое значение для жизнедеятельности микроорганизмов имеет кислород. Для аэробных микроорганизмов он жизненно необходим, а для анаэробных является тормозом их развития. Для факультативно-анаэробных микроорганизмов, например дрожжей, этот фактор не имеет заметного значения.

Потребление кислорода клетками зависит от их концентрации в питательной среде. Чем значение концентрации клеток выше, тем более необходимо усиление аэрации.

Большое значение для развития микроорганизмов имеет окислительно-восстановительный потенциал, который выражается в милливольтгах или отрицательным логарифмом давления молекулярного водорода  $\text{гН}_2$ . Таким образом, степень аэробности или анаэробности характеризуется величиной окислительно-восстановительного потенциала. Индекс  $\text{гН}_2$  аналогичен рН, но рН отображает степень кислотности или щелочности, а  $\text{гН}_2$  — степень аэробности. Факультативно аэробные и анаэробные микроорганизмы развиваются в широком диапазоне  $\text{гН}_2$  — от 0 до 30.

Чрезвычайно большое значение для развития и роста микроорганизмов имеет температура среды. Большинство микроорганизмов, которые применяются в пищевой промышленности, являются мезофилами, их развитие проходит при оптимальной температуре 25...35° С. Психрофильные микроорганизмы растут при температуре среды 0...150 С, а термофильные — от 55 до 75° С.

Нормальное функционирование микроорганизмов с оптимальным обменом веществ, ростом и размножением происходит только тогда, когда в

клетке есть достаточное количество воды и она находится в свободной среде с раскрытыми питательными веществами и соединениями. При уменьшении содержания воды снижается интенсивность биохимических реакций. Вода является не только реакционной средой и растворителем веществ: при взаимодействии с водой происходит множество биохимических реакций при участии гидролитических ферментов, в результате которых образуются новые вещества с новыми свойствами и характеристиками.

Таким образом, когда в среде присутствует водный раствор и питательные вещества, а также сохраняются оптимальные значения температуры, pH, количества кислорода и др., внутри клеток микроорганизмов и на их поверхности начинаются ферментативные процессы, т. е. обмен веществ с окружающей средой. Из веществ, которые поступают в клетку, образуются новые структурные элементы и внутриклеточные вещества, происходит ассимиляция. Одновременно происходят процессы распада веществ — диссимиляция. Рост и размножение клеток происходит тогда, когда первые процессы преобладают над вторыми. В результате роста и размножения клеток в среде увеличивается биомасса.

Количество биомассы определяется сухой массой клеток в единице объема (мг/л, г/л, кг/м<sup>3</sup>), а если клетки имеют одинаковые размеры, тогда — числом клеток в единице объема (млн/мл, млрд/мл).

Для многократного использования в пищевой промышленности ферментных препаратов и микроорганизмов (дрожжей, молочнокислых бактерий и др.) и перехода на непрерывные биотехнологические процессы необходимо совершенствовать и внедрять в производство систему их иммобилизации на экологически чистых носителях.

### **Хранение сырья**

Задачи хранения сырья — сохранение сырья без потерь или с минимальными потерями; сохранение или повышение качества сырья.

Важнейшими процессами, используемыми при подготовке сырья к хранению и в процессе хранения являются:

очистка от примесей, сортировка по партиям, затаривание и формирование пакетов, контейнеров, штабелей и т. д.;

сушка (например, зерна и семян) или консервирование (например, плодов и овощей);

создание и автоматическое поддержание оптимальных параметров окружающей среды (например, состав, относительная влажность, температура газовой среды и т. д.);

защита запасов от проникновения и развития различных вредителей (насекомых, грызунов, птиц и т. д.);

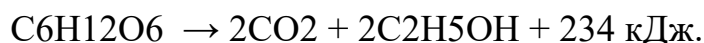
подготовка сырья к подаче его в производство.

### **Процессы, происходящие в сырье при хранении**

Послеуборочное дозревание – продолжение синтеза органических веществ, при котором расходуются ранее накопленные питательные вещества. При этом улучшаются семенные свойства и технологические свойства сырья (оно лучше прорастает, заживляются раны, полученные при уборке и транспортировании сырья).

Состояние покоя – резко понижается интенсивность физиологических процессов и отсутствует прорастание. Длительность периода покоя зависит от лежкости сырья. Лежкостью называют способность сырья сохраняться без видимых признаков порчи.

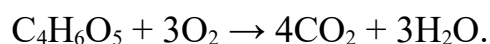
**Дыхание** – окислительно-восстановительные процессы, катализируемые ферментами. Процесс дыхания сопровождается выделением тепла. Разрушаются токсины, выделяемые микроорганизмами, повышается иммунитет сырья, сопротивляемость порче. О протекании дыхания можно судить по накоплению CO<sub>2</sub>, тепла и влаги. Дыхание может протекать по двум обобщенным схемам:





Первая схема соответствует аэробному дыханию, вторая – анаэробному (в отсутствии кислорода воздуха).

При аэробном дыхании в плодах кислоты расходуются по схеме:



Реакция анаэробного дыхания аналогична суммарной реакции спиртового брожения. В производственных условиях при анаэробном дыхании в сырье, наряду с этиловым спиртом, накапливаются высшие спирты, кислоты, летучие соединения и др. Эти вещества ухудшают вкус сырья, вызывают функциональные расстройства в тканях и клетках, снижают иммунитет.

При нормальном хранении сырья преобладает аэробное, при недостаточном доступе кислорода аэробное дыхание переходит в анаэробное. В результате дыхания растительного сырья происходят потери ценных веществ – углеводов. Эти потери неизбежны, но так как они зависят от интенсивности дыхания, то необходимо стремиться уменьшить эту интенсивность и тем самым снизить потери.

Интенсивность дыхания снижается при уменьшении температуры и влажности воздуха.

Прорастание растительного сырья – приводит к значительным потерям сухих веществ и ухудшает его качество. Факторами, ограничивающими возможность прорастания, являются для зерна его низкая влажность, для овощей – низкая температура, использование химических препаратов.

Самосогревание сырья – следствие протекания физиологических процессов (дыхания, жизнедеятельности микроорганизмов) и низкой теплопроводности. Температура может достигнуть 55–65 и даже 70–75 °С. При такой температуре сырье становится непригодным для пищевых целей.

Сам по себе процесс самосогревания не приостанавливается. Только незамедлительное вентилирование зерна, переборка овощей и их переработка позволят спасти продукцию от порчи.

## Режимы хранения сырья

Режимы хранения – это совокупность параметров и условий внешней среды, включающая газовый состав, температуру и относительную влажность.

Важнейшими факторами, влияющими на сохранность зерновой массы, являются: относительная влажность окружающей среды и влажность самого зерна; температура зерновой массы и окружающей ее среды; доступ воздуха к зерну (аэрация). В практике сложились три режима хранения зерна: в сухом состоянии; в охлажденном состоянии; без доступа воздуха.

На предприятиях пищевой промышленности зерно хранят в амбарах или в силосных элеваторах.

Амбары – деревянные или кирпичные постройки, зерно в них хранится на полу или в закромах (часть склада, огороженная разборными стенками или досками).

Силосные элеваторы – железобетонные корпуса прямоугольной или круглой формы диаметром 6–9 м, высотой 25–30 м.

Зерно может храниться на складах в течение 4–5 лет, а в силосах 2–3 года. Во время хранения зерна наблюдают за его температурой. Зимой температура зерновой массы равна температуре наружного воздуха или превышает ее на 2–3 °С, летом не должна превышать 20 °С. Если обнаружено, что началось самосогревание зерна, то его на складах перелопачивают вручную или с помощью зернометов, а при хранении в силосах – охлаждают перекачкой из одного силоса в другой, дополнительно его можно пропускать через очистительные машины. Кроме того, рекомендуется применять активное вентилирование зерновой массы.

Хранение зерна без доступа кислорода основано на торможении дыхания и жизнедеятельности насекомых и аэробных микроорганизмов.

Создание бескислородной среды достигается различными путями: самоконсервацией, т. е. накоплением углекислоты в результате дыхания зерна; введением в зерновую массу углекислого газа или азота;

вытесняющего воздух из межзерновых скважин; вакуумированием зерновой массы. Указанные способы хранения требуют полной герметизации хранилищ. Подземное хранение (хранение в грунте) – один из видов хранения в бескислородной среде.

Внешними факторами, влияющими на сохранность корнеклубнеплодного сырья, являются: температура в массе сырья и в окружающей среде, влажность и состав окружающей газовой среды.

Для плодоовощного сырья применяют в основном режимы хранения в охлажденном состоянии. Понижение температуры до 0 °С приостанавливает жизнедеятельность всех живых объектов, входящих в состав массы сырья (дыхание самого сырья, насекомых и микроорганизмов), приостанавливает развитие заболеваний. Для охлаждения используется искусственный холод или естественный холод в осенне-зимне-весенний период. Наиболее ценное плодоовощное сырье хранится в холодильниках в охлажденном или замороженном состоянии (температура минус 18 °С в течение 6 мес. и более). Некоторые виды сырья (ягоды, зелень) в свежем состоянии хранятся только несколько дней, другие же (зимние яблоки и груши, цитрусовые) – могут храниться в течение нескольких месяцев.

Овощи массового потребления хранятся в овощехранилищах, оснащенных установками для активного вентилирования с автоматическим поддержанием температуры и влажности воздуха.

Кроме того, применяется хранение в регулируемой газовой среде. В этом случае кислород воздуха частично замещается диоксидом углерода в соотношении 1:1. Обычно охлаждение сырья и увеличение концентрации CO<sub>2</sub> в окружающей среде применяют совместно. Срок хранения сочного сырья в присутствии CO<sub>2</sub> можно увеличить в 2–3 раза. Однако следует иметь в виду, что картофель нельзя хранить в среде с повышенным содержанием CO<sub>2</sub>, так как происходит физиологическое потемнение сердцевин клубней.

## **Лекция 6.**

## Тема: Первичная обработка зернового сырья

Самым первым этапом обработки зернового сырья является первичная [очистка зерна](#). Очистка зерна должна проводиться в определенный период с соблюдением всех технологических правил.

Самым идеальным моментом для очистки зерна, является очистка, которая производится впоследствии сушки. Всякий комплекс вынужден содержать специальный цех для первичной обработки зерна.

Процесс очистки зерна разделяется на 3 основных этапа обработки. Процедура первичной очистки зерна состоит в том, что зерновое сырье доводят до базистой товарной кондиции. Для первичной очистки используется ряд специального технологического оборудования, в частности, решетчатые, сепарирующие и прочие установки.

Ход первичной обработки зерна происходит следующим образом, зерно в обязательном порядке подготавливается к обязательной сушке. После того зерно очищается от различных примесей, пыли, земли, ядовитых растений и других не нужных добавок. После окончания такого этапа очистки зерна, гораздо увеличивается его сыпучесть, а вес сохраняется до отправки в сушильную установку.

Еще одним не маловажным фактором является наладка очистительного оборудования. Процесс первичной очистки зерна обязан, проходит за один прокус сырья.

Послеуборочная обработка зерна и его последующее хранение являются одними из самых важных этапов в отрасли производства зерна.

Если послеуборочная обработка зерна проводится не вовремя или без соблюдения технологических требований, то происходит потеря больше 20% урожая.

Обработку зерна перед закладкой [на хранение](#) лучше всего производить на специальном зерноочистительном комплексе, который должен иметь приемное отделение, зерноочистительное отделение,

сушильное отделение, отделение временного хранения зерна(для хозяйств, хранящих большие объемы зерновых).

Перед хранением зерно проходит следующие этапы обработки: предварительная очистка, первичная очистка, вторичная очистка и сортирование, хранение.

В процессе предварительной очистки зерна происходит подготовка его к сушке, удаление различных примесей, пыли, минералов, растительных остатков, земли. После данной процедуры сыпучесть зерна повышается, сохраняется его масса до отправки в сушилку. Предварительную очистку зерна необходимо проводить после сбора урожая. Данный этап обработки зерновых позволяет увеличить срок его хранения.

Первичная очистка урожая проводится после его сушки. В ходе нее зерно доводят до базисной продовольственной кондиции, фуражное зерно подготавливают к последующей [переработке на комбикорм](#). Для проведения первичной очистки используются решетные, сепарирующие и прочие установки, если нужно прибегают к триерам, которые помогают вывести примеси трудновыделяемые на решетках. Режим работы очистительного оборудования устанавливают таким образом, чтобы процесс первичной очистки осуществлялся после одного пропуска массы.

Вторичная очистка и сортирование позволяют подготовить фуражное и продовольственное зерно к переработке и довести зерновой материал до семенной кондиции.

Завершающим этапом послеуборочной обработки зерна становится его хранение. Для этих целей используются специально оборудованные [зернохранилища](#), которые обеспечивают защиту зерна от грызунов, насекомых, птиц, осадков, а также облегчают проведение погрузочно-разгрузочных работ.

Первичная переработка зерновых важное технологическое звено. От ее качества во многом зависит сохранность зерна и уровень потерь, которые могут возникнуть при хранении.

Сложность этапа первичной переработки заключается в высокой влажности зерна. Для того чтобы правильно организовать послеуборочную переработку зерновых необходимо, во-первых, произвести прием зерна с полей, во-вторых, выполнить предварительную очистку, в третьих, произвести сушку зерна.

Собранное с полей зерно доставляют в специально оборудованный комплекс, где производится первичная обработка. Эти комплексы оборудованы ямами, в которые сгружается привезенное с полей зерно. После заполнения ям достаточным количеством зерновых начинается предварительная очистка зерна. Во время этого процесса зерно очищается от различных примесей песка, соломы, камней и других посторонних частиц. Это важно сделать, поскольку загрузка в сушильные машины недоочищенного зерна будет приводить к авариям и поломкам оборудования.

Процесс сушки необходим для того, чтобы сохранить качество собранного урожая. Слишком влажное зерно создает благоприятные условия для развития микроорганизмов, а также в нем происходят процессы самосогревания, что, в конце концов, может привести к порче урожая. Процесс сушки осуществляется при помощи горячего воздуха на специальном оборудовании.

Зерносушильное оборудование, как импортное, так и отечественное, бывает различной конструкции и производительности. Производительность сушильного оборудования колеблется в пределах от двух до пятидесяти тонн в час. Сушильное оборудование производительностью от двадцати тонн обычно шахтного типа с коробами. Такое оборудование в основном используется на элеваторах и на хлебоприемных пунктах, а также в крупных хозяйствах. Уровень влажности обрабатываемого зерна в таких зерносушилках не должно составлять более 20%.. Сушильное оборудование меньшей производительности бывает разных типов, основными из которых являются барабанные, колонковые, карусельные, жалюзийные, бункерные.

Такое оборудование подойдет для переработки зерна, влажность которого превышает 20%.

Для каждого вида зерновых важно правильно подобрать тип сушильного оборудования. Большие объемы бункера зерносушилки, как правило, предполагают длительное нахождение зерна в сушилке и мягкий режим теплового воздействия. При таком режиме вряд ли произойдет перегрев зерновых, что очень важно, например, для масленичных культур.

## Лекция № 7

### Тема: Биохимические основы технологии

#### План

1. Ферменты и ферментация
2. Микробиологические процессы
3. Спиртовое брожение
4. Химические процессы.

#### 1. Ферменты и ферментация

**Ферменты** – особые органические вещества, вырабатываемые живыми организмами (клетками) и регулирующие обмен веществ. Они катализируют разнообразные реакции, протекающие в природе. Значение ферментов в жизни и технологии огромно, с их участием происходят превращения различных веществ не только в сложных многоклеточных, но и в простых, одноклеточных организмах.

В настоящее время достигнуты значительные успехи в изучении ферментов и ферментативных процессов не только в живых организмах (медицинская биохимия, биохимия животных и растений), но и в сырье после прекращения жизненных процессов – при переработке и хранении различных пищевых продуктов животного и растительного происхождения.

В технологии ряда пищевых продуктов учение о ферментах занимает одно из центральных мест, т.к. в основе процессов, происходящих при переработке сельскохозяйственного сырья и хранении пищевых продуктов, лежат ферментативные превращения. Более того, и микробиологические процессы, происходящие при переработке и хранении пищевых продуктов, могут быть объяснены только действием тех или иных ферментов. Не зная роли ферментов, нельзя объяснить такие важные процессы, как созревание сыров, различные виды брожения, ферментация листьев табака и чая, бобов какао и зерен кофе, хранение зерна, плодов и овощей. Эти ферментативные реакции вызываются или ферментами, содержащимися в самих продуктах, или ферментами, вырабатываемыми микроорганизмами, которые используются в технологических процессах. С действием ферментов связаны такие явления, как морозоустойчивость, урожайность, скороспелость, стойкость растительных продуктов при хранении и т. д.

В настоящее время уже известно более 2000 ферментов, причем надо полагать, что эта цифра составляет лишь незначительную, часть того бесчисленного их количества, которое в действительности может быть в живой природе. До настоящего времени не все известные ферменты тщательно изучены. Это объясняется специфическими трудностями, с которыми связано изучение ферментов и ферментативных процессов.

Из всего известного до настоящего времени количества ферментов около 100 получено в виде очищенных препаратов, а количество более или менее очищенных ферментов достигает свыше 500.

Принята международная система классификации ферментов. Ферменты делятся на 6 основных классов: 1) оксидоредуктазы; 2) трансферазы; 3) гидролазы; 4) лиазы; 5) изомеразы; 6) лигазы (синтетазы).

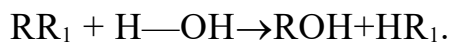
Класс 1. **Оксидоредуктазы** катализируют окислительно-восстановительные реакции.

Класс 2. **Трансферазы** катализируют реакцию переноса целых атомных группировок от молекул одного вещества к молекулам другого.



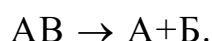
Таковыми группировками могут быть, например, остатки Сахаров, аминокислот и т. п.

Класс 3. *Гидролазы* осуществляют реакцию гидролиза с участием воды. Реакция протекает по схеме



Таковую же реакцию катализирует фосфоорилаза, но с участием фосфорной кислоты.

Класс 4. *Лиазы* катализируют реакцию расщепления по схеме



Отщеплению или присоединению могут подвергаться, например,  $H_2O$ ,  $NH_3$ ,  $CO_2$  и т. д. Отщепление сопровождается образованием двойной связи. Присоединение происходит по месту двойной связи.

Класс 5. *Изомеразы* катализируют реакцию изомеризации, например, глюкоза  $\rightarrow$  фруктоза.

Класс 6. *Лигазы* (синтетазы) катализируют реакцию синтеза с отщеплением фосфорной кислоты.

Ферментативные реакции в отличие от других каталитических протекают при умеренной температуре и нормальном атмосферном давлении. Однако на активность ферментов большое влияние оказывают температура, реакция среды (рН), концентрация субстрата, присутствие различных солей и степень очистки фермента.

Как известно, ферменты вырабатываются живыми организмами и поэтому проявляют свою активность в первую очередь внутри клеток данного организма. В зависимости от того, в каких организмах вырабатываются ферменты, они разделяются на две большие группы: ферменты животного происхождения и ферменты растительного или микробного происхождения.

Температурный оптимум для ферментов животного происхождения лежит в пределах 40-50°C, а для растительных 50-60°C. При температуре кипения почти все ферменты необратимо разрушаются. Однако это не

относится к термофильным и сухим ферментам, которые переносят кратковременное нагревание даже при температуре более 100°C. Например препарат  $\beta$ -фруктофуранозидазы (сахарозы) в высушенном виде выдерживает нагревание в течение 10 мин до 120°C. При низкой температуре активность ферментов понижается, но ферменты не разрушаются.

Воздействие микроорганизмов на субстрат состоит в биохимическом изменении его составных частей под влиянием ферментов, синтезируемых микробной клеткой в процессе ее роста и обмена веществ. Различные виды микроорганизмов синтезируют разные ферменты, которые интенсифицируют биохимические превращения специфических субстратов в определенные продукты.

Так, при производстве спирта амилазы плесневых грибов или солода переводят крахмал сусле в моно- и дисахариды, из которых комплексом ферментов дрожжей вырабатываются этиловый спирт и углекислый газ.

В пивном сусле подобные превращения осуществляются с помощью амилолитического комплекса ферментов солода, а моно- и дисахариды дрожжами переводятся в этанол, многоатомные спирты и другие соединения, которые являются основными компонентами пива. Важно также параллельно протекающее под действием протеиназ солода превращение белков в пептиды и аминокислоты, которые также участвуют в обмене веществ дрожжевой клетки и входят в состав готового пива.

В виноделии в виноградном и плодоягодном сусле углеводы находятся в готовом для сбраживания виде, т. е. там содержатся моносахариды, в основном глюкоза и фруктоза, которые без предварительного гидролиза усваиваются дрожжами и их ферментным комплексом превращаются в этиловый спирт и другие химические соединения, входящие в состав вина.

В ацетонобутиловом производстве комплексом ферментов, продуцируемых бактериями, осуществляется биохимическое превращение крахмала зернового сырья и сахарозы мелассы в уксусную и масляную

кислоту, а затем последние бактериями превращаются в ацетон и трехатомный спирт бутанол.

В производстве ферментных препаратов, например амилалитического, протеолитического, пектолитического, целлюлазного и других комплексов, прежде всего выращиваются определенные виды микроорганизмов — бактерии, плесневые грибы, дрожжи и т. п., которые в ходе обмена веществ для собственных нужд синтезируют определенные ферменты и их комплексы. Подбирая оптимальные условия, усиливают синтез нужных ферментов с целью их промышленного использования. После окончания синтетических процессов ферменты выделяются из культуральной жидкости, затем очищаются до кондиций товарных препаратов.

Пищевые кислоты, например лимонная и молочная, являются продуктами жизнедеятельности соответственно плесневых грибов и молочнокислых бактерий при переработке сахарозы, содержащейся в свеклосахарной мелассе. Аминокислота лизин получается путем биохимического превращения сахарозы ферментами *Brevibacterium* sp. 22Л.

В производстве чая предварительная ферментация чайного листа осуществляется под влиянием его ферментов. Табак получают путем сушки и ферментации табачного листа.

Таким образом, в основе всех перечисленных отраслей промышленности находится биохимическое превращение субстратов различных видов сырья индивидуальными ферментами или ферментными комплексами, которые вырабатываются в растениях, и различными видами микроорганизмов, культивируемых в этих же средах. Ферментные препараты специально вносятся в субстрат для ускорения технологического процесса.

## **2. Микробиологические процессы**

Микробиологические процессы широко применяют в различных отраслях народного хозяйства. В их основе лежит использование в промышленности биологических систем и процессов, ими вызываемых. В

основе многих производств лежат реакции обмена веществ, происходящие при росте и размножении некоторых микроорганизмов.

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.

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 в новые вещества под воздействием ферментов, продуцируемых микроорганизмами. Известны различные виды брожения. Обычно их называют по конечным продуктам, образующимся в процессе брожения, например спиртовое, молочнокислое, уксуснокислое и др.

Многие виды брожения – спиртовое, молочнокислое, ацетонобутиловое, уксуснокислое, лимоннокислое и другие, вызываемые различными микроорганизмами, – используют в промышленности. Например, в производстве этилового спирта, хлеба, пива 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 молочнокислого, уксуснокислого, маслянокислого, 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. Гетероферментативные молочнокислые бактерии наряду с молочной кислотой образуют летучие кислоты (в основном уксусную), спирт и диоксид углерода. Истинные бактерии в ржаном тесте участвуют только в кислотообразовании, а неистинные наряду с кислотообразованием оказывают существенное влияние на разрыхление теста, являясь энергичными газообразователями. Молочнокислые 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.

Маслянокислое брожение, вызываемое маслянокислыми бактериями, используют для производства масляной кислоты, эфиры которой применяют в качестве ароматических веществ, а 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, превращающие крахмал и другие углеводы в ацетон, бутиловый и этиловый спирты. Эти бактерии используют в качестве возбудителей брожения в ацетонобутиловом производстве.

Уксуснокислые бактерии используют для получения уксуса (раствора уксусной кислоты), так как они способны окислять этиловый спирт в уксусную кислоту.

Следует отметить, что уксуснокислое брожение является вредным для спиртового производства. так как приводит к снижению выхода спирта, а в пивоварении ухудшает качество пива, вызывает 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 дрожжи — сахаромицеты, которые образуют споры, и несовершенные дрожжи — несакхаромицеты (дрожжеподобные грибы), не образующие спор. Семейство сахаромицетов делится на несколько родов. Наиболее важное значение из этого семейства имеет род *Saccharomyces* (сахаромицеты). Род подразделяется на виды, а остальные отдельные разновидности вида, отличающиеся по некоторым признакам, называют расами. В каждой отрасли применяются определенные расы дрожжей. *Дрожжи* являются главными представителями грибов. Они одноклеточные микроорганизмы, которые в отличие от бактерий размножаются почкованием, а при неблагоприятных условиях — путем спорообразования.

Дрожжевая клетка состоит из оболочки — *клеточной стенки*, окружающей всю клетку, *ядра* — носителя жизни клетки, *клеточной плазмы* — *цитоплазмы* — и различных включений, находящихся в ней.

*Клеточная стенка* у всех дрожжей состоит из сложных углеводов (гемицеллюлозы), полисахаридов в комплексе с липидами и азотистыми соединениями. Оболочка имеет наружные и внутренние слои. В наружном слое располагается маннанопротеиновый комплекс, который служит основой структуры стенки и местом расположения ферментов. Внутренний слой называется полупроницаемой мембраной. Молекулы аминокислот и глюкозы проникают через нее быстрее, чем более мелкие ионы металлов. Это объясняется работой ферментов в наружных слоях клеточной стенки. Здесь найдена фосфатаза, которая стимулирует переход в клетку фосфатов и глюкозы. Сахароза проникает в клетку после ее предварительного

превращения в моносахара под действием  $\beta$ -фруктофуранозидазы, которая также находится в наружном слое оболочки.

*Цитоплазма (клеточная плазма)* – вязкая коллоидная масса, состоящая из воды, белков, липидов и углеводов. От клеточной стенки она отделена цитоплазматической мембраной, состоящей из липидно-белковых веществ, рибонуклеопротеидов и соединений кальция. Перемещение различных веществ метаболизма наружу и внутрь клетки осуществляется через эту мембрану, вязкость же цитоплазмы изменяется в зависимости от условий внешней среды.

Каждая дрожжевая клетка имеет ядро, которое содержит хромосомы, состоящие из генов, несущих наследственное начало. Ядро клетки дрожжей содержит дезоксирибонуклеиновую кислоту (ДНК) и нуклеопротеид, которые несут наследственную информацию клетки. Микроскопические частицы – *рибосомы (микросомы)* – состоят из липидов и белков, а также рибонуклеиновой кислоты (РНК), ответственной за синтез белковых молекул, в том числе ферментов.

В дрожжевой клетке кроме ядра находятся *митохондрии* – разрозненные округлые или несколько удлинённые тельца. Они состоят из липидов, структурного белка и ферментов, ответственны за обмен веществ в дрожжевой клетке и видоизменяются в зависимости от количества растворённого в среде кислорода.

Кроме ядра и митохондрий в клетках имеются вакуоли и различные включения, имеющие значение запасных веществ: гликоген, который при гидролизе даёт глюкозу, а его содержание доходит до 30% по сухим веществам массы; волютин – запасное азотистое соединение; капельки жира и др.

*Вакуоли* – это полости, образующиеся в цитоплазме при старении клеток. Они заполнены жидкостью и ограничены тонопластом, т. е. слоем из белков и липидов. *Гликоген* – углевод, подобный крахмалу, накапливается в молодых клетках при хорошем питании. В стареющих клетках его мало.

Волютин содержит азот, фосфор и соединения нуклеиновой кислоты с основанием. Роль волютина пока не выяснена.

Дрожжи в нормальных условиях размножаются почкованием и лишь очень редко – делением клеток или спорообразованием. Размножению каждой клетки предшествует деление клеточного ядра.

При культивировании дрожжей в производственных условиях наблюдают четыре фазы их развития.

Первая фаза – *лаг-фаза* – характеризуется накоплением до 10% биомассы, при этом дрожжами усваивается больше всего фосфорных и азотистых соединений. Продолжительность фазы 3-4 ч.

Вторая фаза – *логарифмическая* – в этой фазе накапливается наибольшее количество дрожжевых клеток, они мелкие, так как почкование клеток опережает их рост, но большая поверхность мелких клеток обеспечивает высокую скорость биохимических процессов, в частности образования спирта.

Третья фаза – *стационарная* – характеризуется медленным накоплением биомассы, отложением запасных питательных веществ в клетках, осуществлением биохимических процессов превращения углеводов в спирт и углекислый газ.

Четвертая фаза – *фаза затухания* – в этой фазе заканчиваются гидролитические и синтетические процессы, уменьшается биомасса дрожжей.

Различают молодые, зрелые и старые дрожжи. В зависимости от фазы, развития отмечаются морфологические изменения дрожжей. Молодые клетки имеют тонкую оболочку, цитоплазма гомогенна, почкование энергичное. У зрелых дрожжей цитоплазма зернистая, появляются вакуоли, гликоген и другие включения. Число почкующихся клеток достигает 15%. Старые дрожжи почти не почкуются, имеют гетерогенную цитоплазму, утолщенную оболочку, много мертвых клеток.



Дрожжи относятся к факультативным анаэробам. Это означает, что они проявляют жизненные функции в присутствии кислорода воздуха (аэробный процесс) и в его отсутствии (анаэробный процесс).

В присутствии кислорода воздуха энергия, получаемая дрожжевыми клетками в результате полного окисления органических веществ ( $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 = 6CO_2 + 6H_2O + 2870$  кДж), расходуется клетками на синтез биомассы, т. е. на рост и размножение.

При отсутствии воздуха клетки для осуществления своих жизненных функций используют кислород, заключенный в органическом веществе ( $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2 + 234$  кДж). Обмен веществ в клетках по аэробной схеме называют *дыханием дрожжей*, по анаэробной схеме – *брожением*. Дыхание и брожение – ферментативные процессы.

На жизнедеятельность дрожжей большое влияние оказывает температура, реакция среды (рН) и ее состав.

*Влияние температуры.* Пределы оптимальной температуры 22-30°C; с повышением до 30°C интенсивность дыхания дрожжей возрастает, при прогреве до 40°C заметно уменьшается. Оптимум интенсивности брожения 35°C, т. е. несколько выше температурного оптимума дыхания, а при 40°C на 15% снижается интенсивность брожения. Дрожжи переносят и пониженные температуры, что применяют в ряде производств (виноделие, пивоварение). С понижением температуры среды удлиняется период размножения дрожжей.

Имеются термофильные расы дрожжей, способные при 35°C полностью сбраживать сусло с 20% сахара, а при 32°C – даже с 25% сахара. Тепловыносливость дрожжей при пастеризации среды зависит от содержания спирта и рН. Например, нагревая сусло в течение 15 мин при 60°C, достигают его пастеризации, а активное брожение при содержании 10 об.% спирта прекращается при нагревании до 45°C, все клетки утрачивают способность к размножению или погибают.

*Влияние рН среды.* Большинство дрожжей хорошо развивается в пределах рН 3,7-3,3; обнаружены расы с диапазоном рН 4,0-2,9 и полным выбраживанием сусла с содержанием 18-20% сахара. Имеются расы, способные развиваться при рН 2,7-2,5.

Дрожжевые клетки с понижением рН несколько уменьшаются в размере, округляются, и в них увеличивается содержание жира. Изменяется структура дрожжевого осадка – из зернистого он становится песковидным, легко взмучивается, прилипает к стенкам сосуда. Снижение рН на 0,1 от нижнего оптимального значения приводит к депрессивным изменениям плазмы и отмиранию клеток.

*Влияние состава среды.* На развитие дрожжей оказывает влияние концентрация сахара. Оптимальное его содержание в среде, например, для винных дрожжей составляет 13-20%. Повышение концентрации сахара замедляет брожение, а при 30% уменьшается и выход спирта. Такая концентрация сахара вызывает плазмолиз и гибель клеток.

Спирт на все виды дрожжей действует угнетающе. Наибольшей устойчивостью обладают винные дрожжи: предельная для них концентрация спирта 16 об.%, а для хересных – 19 об.%. Молочнокислые бактерии развиваются даже при 20 об.% спирта, а уксусные – при 15 об. %. Задержка брожения тем больше, чем выше содержание в сусле спирта. Устойчивость дрожжей к спирту может быть повышена путем их адаптации.

Влияние сернистой кислоты на дрожжи также угнетающее, но различно в зависимости от расы. Винные дрожжи могут переносить действие сернистого ангидрида дозой 450 мг/л.

Сернистый ангидрид действует в зависимости от концентрации на различные функции дрожжевой клетки: дыхание, брожение, размножение, и вызывает ее гибель.

Ниже излагаются краткие сведения о винных, спиртовых, пивных и хлебопекарных дрожжах.

*Винные дрожжи (Sacch. vini, Sacch. oviformis)* применяются в виноделии. Форма клеток винных дрожжей эллипсоидная, иногда овальная или круглая, длина клетки 5-12 мкм, ширина 3-8 мкм. Помимо почкования винные дрожжи размножаются и путем образования круглых гладких спор. Винные дрожжи обитают в плодово-ягодных соках, хорошо сбраживают глюкозу, фруктозу, сахарозу, мальтозу и  $\frac{1}{3}$  раффинозы. Они устойчивы к собственным продуктам обмена и вытесняют все другие микроорганизмы из обсемененного виноградного сусла.

В производстве применяется большое число отобранных штаммов винных дрожжей. По морфологическим признакам они мало отличаются друг от друга, но характеризуются различными физиологическими и биохимическими свойствами, т. е. разной интенсивностью и энергией брожения, продуктами брожения, скоростью седиментации клеток, отношением к температуре, кислотам, сернистому ангидриду и т. д.

При уменьшении и недостаточном содержании сахаров в виноградном сусле *Sacch. vini* отмирают и на смену им приходят дрожжи *Sacch. oviformis*, которые сбраживают те же сахара, кроме галактозы, и хорошо развиваются при высоких концентрациях спирта (18 об. %). Хорошо также на этих средах развиваются расы Массандра III, хересные расы – Херес 96-к, Херес 20-с, узбекские и дагестанские спиртоустойчивые хересные расы, выделенные из естественных субстратов.

Хересные дрожжи образуют споры, сбраживают виноградные сусла с накоплением 17,5 об. % спирта и по окончании брожения располагаются по поверхности вина в виде складчатой серовато-белой пленки. Важнейшей реакцией процесса хересования является окисление спирта в альдегид, катализируемое окислительными ферментами хересных дрожжей.

Расы винных дрожжей: Киевская, Магарач 17-35, Ленинградская – не образуют пленки на вине, но содержат окислительные ферменты, способные окислять спирт и придавать хересные тона при выдержке вина на дрожжевом осадке с доступом воздуха.

На заводах шампанских вин процесс шампанизации ведут с помощью дрожжей *Sach. oviformis*, так как они вытесняют другие дрожжи и сбраживают даже следы сахара.

Продукты автолиза винных дрожжей оказывают положительное влияние на формирование и созревание вин. Показано, что внесение автолизатов дрожжей обогащает вино витаминами В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, ферментами и аминокислотами, что ускоряет созревание вина и повышает его качество.

Для приготовления столовых виноградных и плодоягодных вин требуются дрожжи, обладающие кислотоустойчивостью, сульфитовыносливостью, холодостойкостью, высокой энергией брожения и способные синтезировать минимум летучих кислот. Винные дрожжи для красных вин должны дополнительно иметь устойчивость к фенольным соединениям. Полифенолоксидаза, находящаяся в виноматериалах, вызывает побурение вина вследствие окисления фенольных соединений. Этот фермент инактивируется 50-100 мг/л сернистого ангидрида

*Спиртовые дрожжи*, как любые другие факультативные анаэробы, при исключении доступа кислорода воздуха способны сбраживать углеводы с образованием спирта и углекислого газа.

Наибольшее распространение получили дрожжи расы XII, так как они активно сбраживают глюкозу, фруктозу, сахарозу, галактозу, мальтозу, маннозу и на  $\frac{1}{3}$  раффинозу, но не сбраживают лактозу, декстрины, пентозы. Форма клеток округлая или яйцевидная. Размер клеток  $(5\div 6,2)\times(5\div 8,0)$  мкм.

*Пивные дрожжи* относятся также к роду *Saccharomices*. Различают дрожжи низового брожения *Sacch. carlsbergensis* (температурный оптимум брожения 6-8°C, хорошо оседают на дно, обладают способностью усваивать моносахара сусле на 60%) и дрожжи верхового брожения *Sacch. cerevisiae* (меньших размеров, температурный оптимум 12-15°C, хуже оседают на дно, сбраживают моносахара на 30%).

Оба эти вида дрожжей усваивают глюкозу, сахарозу и мальтозу солодового сусла, могут использовать этиловый спирт и глицерин, трансформировать уксусную и молочную кислоты.

Зрелые дрожжевые клетки имеют длину от 9 до 11 мкм и ширину от 5 до 8 мкм. В нормальных условиях сбраживаемой среды почкуются до 70% клеток. В неблагоприятных условиях клетки *Sacch. cerevisiae* отмирают, не образуя спор, что может вызвать остановку производства.

Физиологическая характеристика дрожжей определяется степенью флокуляции (оседания), скоростью размножения, активностью брожения, степенью сбраживания, способностью накапливать этиловый спирт, углекислый газ и побочные продукты – сивушное масло. Состав побочных продуктов определяет вкус и букет пива.

*Хлебопекарные дрожжи* имеют клетки яйцевидной, овальной, иногда округлой формы, которая изменяется в зависимости от условий культивирования. Средние размеры клеток  $(4\div 6)\times(8\div 10)$  мкм. В ходе культивирования наблюдаются изменения в размере вакуолей клетки: у молодых клеток они незаметны, а у старых занимают до 80% их объема. В вакуолях, заполненных клеточным веществом, состоящим из углеводов, белков, жиров и др., осуществляются различные биохимические превращения. При наличии фосфатов в среде образуется волютин.

В начале процесса почкования оболочка клетки размягчается в результате действия специфических ферментов на дисульфидные связи ( $\text{—S—S—}$ ), цитоплазма клетки прорывается через ослабленный участок оболочки, затем материнская оболочка разрастается на поверхности дочернего протоплазменного пузырька, и почка постепенно увеличивается. Процесс почкования заканчивается отделением дочерней почки от материнской клетки. Дочерняя клетка начинает почковаться после достижения физиологической равноценности, т. е. размера материнской клетки. У материнской клетки вновь появляется бугорок, и снова отделяется одна почка. С ухудшением условий после отделения двух-трех почек деление

материнской клетки прекращается. После устранения неблагоприятного фактора почкование возобновляется.

Пригодны для хлебопечения только такие расы дрожжей, которые хорошо сбраживают и усваивают сахара субстрата, если одна из этих функций нарушена, микроорганизмы непригодны для указанных целей.

Используются следующие расы дрожжей: Томская № 7, клетки почти круглые или слегка овальные размером  $(5,6 \div 8,6) \times (9,4 \div 9,8)$  мкм, сбраживает глюкозу, сахарозу, галактозу, слабее мальтозу. Ферментная активность: зимазная 55 мин (высокая); мальтазная 195 мин (очень низкая).

Раса ЛБД XI – форма клеток продолговатая или эллиптическая, их размеры  $(5,6 \div 8) \times (5,6 \div 14,0)$  мкм, сбраживает глюкозу, сахарозу, галактозу, мальтозу. Товарные дрожжи сохраняются хорошо, чувствительны к вредным веществам мелассы. Мальтазная активность 140 мин (средняя), зимазная – 50 мин (высокая) .

Раса № 14 – форма клеток овальная или слегка эллиптическая, размеры  $(5,6 \div 7,0) \times (8,4 \div 11,0)$  мкм. Сбраживает глюкозу, сахарозу, галактозу, мальтозу. Мальтазная активность 80-90 мин (высокая), зимазная – 45 мин (очень высокая).

Раса № 14-2 – форма клеток эллиптическая, достаточно крупных размеров:  $(5,6 \div 8,4) \times (7,4 \div 11,0)$  мкм. Сбраживает глюкозу, сахарозу, галактозу, мальтозу. Устойчива при сушке и хранении. Высокая активность: мальтазная 90 мин, зимазная 45-46 мин (очень высокая).

Раса Нр-1 (Узловская) – форма клеток овальная, размеры  $8,4 \div 11,0$  мкм, сбраживает глюкозу, сахарозу, галактозу, мальтозу. Зимазная активность 65 мин (высокая), мальтазная – 120 мин (удовлетворительная).

Все эти расы способны к накоплению до 48% белка, до 8% сахароз по массе абсолютно сухих веществ дрожжей и используются для получения как прессованных, так и сушеных дрожжей.

Для сушки применяются дрожжи с более высоким (до 33%) содержанием сухих веществ в клетках, в том числе до 45% белка и до 12%

Сахаров с часовым приростом биомассы до 11%. Эти дрожжи термоустойчивы и осмочувствительны. Сушат дрожжи расы Шведская Нр-2 (Узловская-2) и Итальянская И-1.

### **3.Спиртовое брожение**

В технологии пищевых производств применяются три основных вида брожения: спиртовое, молочнокислое и маслянокислое; другие виды брожения являются их разновидностями.

Рассмотрим спиртовое брожение на примере сбраживания виноградного сусла винными дрожжами.

Различают пять стадий развития вина: образование, формирование, созревание, старение и отмирание.

Стадия образования вина начинается с экстракции (диффузии) и ферментативных процессов, в том числе первичных и вторичных окислительных. Заканчивается первая стадия спиртовым брожением сусла с изменением его состава и свойств, а проходящие при этом биохимические, химические и физико-химические реакции сопровождаются появлением новых продуктов.

Степень измельчения ягоды, длительность ее контакта с суслом и температура сусла оказывают влияние на скорость диффузии из клеток и тканей в сусло пигментов, фенольных, ароматических, азотистых и других соединений. Поэтому при изготовлении столовых белых вин и шампанских виноматериалов стремятся сократить время такого контакта твердых частиц ягоды с соком, а для красных столовых и кахетинских вин, наоборот, увеличивают продолжительность этих контактов.

С. В. Дурмишидзе и А. К. Родопуло показали механизм ферментативного окисления полифенолов, находящихся в виноградном сусле, молекулярным кислородом под действием полифенолоксидазы. При этом образуются хиноны, которые, дегидрируя легкоокисляемые вещества сусла, вновь восстанавливаются в полифенолы. Проходящие в это же время под каталитическим воздействием хинонов вторичные окислительные

процессы вызывают окисление аскорбиновой кислоты, аминокислот, оксикислот и других веществ. Накопление хинонов ускоряется после полного окисления кислот. Накапливаясь, они способны в дальнейшем окрашивать сусло в буровато-коричневый цвет.

В виноградном сусле наблюдаются и другие окислительные процессы, влияющие на цвет и вкус вина.

Окислительные процессы особенно активно протекают при дроблении винограда. В первые 10 мин сусло поглощает до 200 мг/л кислорода воздуха. Больше по сравнению с суслом окислительных ферментов сорбируется на мякоти и кожице раздавленного винограда.

В начальный период также наблюдаются гидролитические процессы под действием кислот винограда и ферментов. Например,  $\beta$ -фруктофуранозидаза разлагает сахарозу, собственные и вносимые дополнительно пектолитические ферменты гидролизуют протопектиновые вещества.

Интенсивность прохождения диффузионных и ферментативных процессов зависит от технологических приемов, степени насыщения сусла ферментами и их специфичными субстратами, например фенольными соединениями, способными активизировать или ингибировать отдельные процессы, в зависимости от целевого назначения сусла. Так, при изготовлении шампанских виноматериалов и столовых вин окислительные процессы в сусле ингибируют, а для кахетинских вин, наоборот, их активируют. Ингибирование окислительных процессов и антисептирование сусла при отстаивании повсеместно проводится сернистым газом в дозировках от 50 до 200 мг/л. Наибольшие биохимические превращения в сусле осуществляются при брожении вследствие жизнедеятельности дрожжей. Наряду со спиртом и углекислым газом в ходе брожения образуются вторичные продукты: глицерин, янтарная кислота, уксусная кислота, ацетальдегид, 2, 3-бутиленгликоль, ацетоин, лимонная кислота, пировиноградная кислота,



изоамиловый и изопропиловый спирты, эфиры. Сумма вторичных продуктов в среднем составляет 0,8-0,92%. Полностью не раскрыт еще механизм образования вторичных продуктов, но пути синтеза отдельных продуктов исследованы. Уксусный альдегид токсичен для дрожжей, они сразу же преобразуют его в другие вторичные продукты, и он не накапливается.

В начале брожения накопление уксусного альдегида идет быстрее, потом интенсифицируется его превращение, а далее устанавливается равновесие между синтезом альдегида и его превращениями.

Молодые дрожжи более интенсивно образуют уксусную кислоту, потом эта скорость снижается. Уксусная кислота используется дрожжами также для синтеза аминокислот белков и жиров.

На соотношение между вторичными продуктами брожения оказывают влияние расы дрожжей, аэрация, рН, температура брожения, исходный состав суслу и содержание в нем витаминов, аминокислот.

Высшие спирты синтезируются дрожжами в процессе брожения. Они влияют на оттенки в аромате и вкусе продуктов брожения.

По Эрлиху, их накопление при брожении связывается с дезаминированием кислот, т. е. усвоением дрожжами азота аминокислот, и восстановлением образующихся альдегидов в спирты, но термодинамические расчеты реакций не подтвердили эту схему процесса, поэтому выдвинуты другие пути их образования: реакция переаминирования аминокислот среды и клетки с пировиноградной кислотой, синтезируемой в ходе брожения (И. Я. Веселов, И. М. Грачева), образование высших спиртов в процессе синтеза некоторых аминокислот дрожжевой клеткой (Иошизава Ямада).

В процессе брожения глубокие изменения претерпевает состав сухих веществ суслу. В сухих столовых винах в результате превращения углеводов отсутствует сахароза, гексоз мало, пентоз 0,1-0,3%. В других типах вин содержание сахара больше. Из полисахаридов (полисахариды II порядка) исследован ферментативный гидролиз пектиновых веществ, количество

которых при брожении резко снижается. Глубокие изменения претерпевают азотистые вещества сусла, их состав в вине включает формы азота исходного сырья и азот дрожжей. В начале брожения дрожжи интенсивно потребляют

аммиачный и аминный азот, а к концу брожения с повышением температуры часть дрожжей отмирает, и среда обогащается продуктами автолиза.

Фенольные соединения окисляются, и продукты их превращения выпадают в осадок в начале и в конце брожения, когда в среде имеется кислород. Наблюдается восстановление хинонов за счет глутатиона – донора водорода, находящегося в окисленной форме, и сам он восстанавливается только после окончания восстановления хинонов. При взаимодействии фенольных соединений с белками вина образуются выпадающие в осадок танаты, а с уксусным альдегидом – ацилглицерины.

В процессе брожения снижается, а к концу полностью прекращается активность окислительных ферментов, при этом около 20% полифенолоксидазы адсорбируется дрожжами, а остальная часть инактивируется под действием цистеина и глутатиона дрожжей, между тем как спирт и другие продукты на нее не действуют.

Содержащиеся в сброживаемой среде кислоты подвергаются в присутствии дрожжей окислительным превращениям, а также преобразованиям, протекающим по циклу ди- и трикарбоновых кислот. Количество летучих кислот достигает 0,5-0,7 г/л.

С появлением спирта и уменьшением растворимости при брожении в осадок выпадают кальциевые и калиевые соли винной и щавелевой кислот. Титруемая кислотность увеличивается, если она была низкой в исходном сусле, а при высокой она понижается.

ОВ-потенциал в ходе брожения, как и содержание  $O_2$ , снижается от 400 до 130 мВ, а содержание растворимого кислорода от 3,5÷6,5 мг/л снижается до нуля.

В период от конца брожения до первой переливки, называемый стадией формирования вина, продолжаются автолитические процессы и обогащение вина продуктами лизиса дрожжей – аминокислотами, ферментами, витаминами.

При формировании вин под действием бактерий в несколько стадий происходит яблочно-молочнокислое брожение, которое способствует повышению рН, устранению резкой «зеленой» кислотности и появлению более мягкого и гармоничного вкуса. К концу этого периода из вина выделяется часть углекислого газа и облегчается доступ к нему кислорода воздуха, окислительные процессы интенсифицируются, взвешенные частицы, танаты и соли выпадают в осадок, а вино осветляется.

Стадии созревания и старения вин включают время его выдержки в бочках, резервуарах и бутылках для приобретения им стабильности, большей гармоничности в аромате и вкусе. Стадия созревания проходит с доступом кислорода воздуха, последующая стадия выдержки, или старения, вина осуществляется в анаэробных условиях и способствует улучшению вкуса и букета вин. Эти стадии характеризуются сложными процессами и взаимодействием всех химических компонентов вин – таких, как гидролиз углеводов и азотистых веществ, окислительно-восстановительные процессы, этерификация спиртов и кислот, меланоидинообразование, полимеризация азотистых и фенольных соединений.

В производстве вин встречаются биологические, биохимические, физико-химические их помутнения. Для улучшения органолептических свойств крепленых вин применяются разные режимы их тепловой обработки, в частности конвективное нагревание, нагревание инфракрасными лучами и электрическим током.

Вино имеет определенный срок стабильного состояния при его выдержке и хранении. Например, белые столовые вина имеют срок хранения до 5 лет, экстрактивные белые – до 10 лет. Красные вина созревают и стареют медленнее, а крепкие и десертные сохраняют дегустационные

свойства более 100 лет. После отмеченных сроков вино разрушается, в связи с процессом разложения теряется его окраска, появляется неприятный запах и вкус. При этом наблюдается течение сахароаминной реакции, которая ведет к накоплению продуктов распада сахаров, в частности 5-оксиметилфурфурола, и изменению аромата и вкуса вина. Протекают здесь и другие реакции, но они не изучены.

Вторичным сбраживанием специальных сухих виноматериалов в герметически закрытых бутылках и последующей послетиражной их выдержкой с дрожжами в течение 3 лет изготавливают «Советское шампанское». Доступ кислорода воздуха в этих условиях сводится к минимуму, уровень окислительно-восстановительного потенциала низкий, и протекающие при этом физико-химические и биохимические процессы с участием активных дрожжей, а потом продуктов их распада обуславливают высокое качество получаемого шампанского.

#### 4. Химические процессы

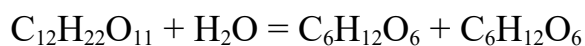
В основе ряда пищевых технологий лежат химические превращения. К ним относятся получение патоки, кристаллической глюкозы путем кислотного гидролиза крахмала, различных жиров способом гидрогенизации и переэтерификации<sup>1</sup>, инвертного сахара путем кислотного гидролиза сахарозы. Важная роль отводится этим процессам на отдельных стадиях производства хлеба, мучных кондитерских изделий, сахара, шоколада, растительных масел, прессованных дрожжей, а также при хранении продуктов.

**Гидролиз.** Это реакция разложения сложных веществ (белков, жиров, углеводов) до более простых под действием кислот и щелочей с присоединением молекул воды.

Сахароза при нагревании с кислотами гидролизуеться, образуя инвертный сахар (смесь равных количеств глюкозы и фруктозы)

---

1



Характерная особенность сахарозы – исключительная легкость ее гидролиза: скорость процесса примерно в тысячу раз больше, чем скорость

гидролиза, при этих же условиях таких дисахаридов как мальтоза или лактоза.

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.

**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 аминно группу ( $—NH_2$ ), могут вступать в реакцию с соединениями, в состав которых входит карбоксильная группа  $=C=O$ , например, с различными альдегидами и восстанавливающими 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 соединение 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.

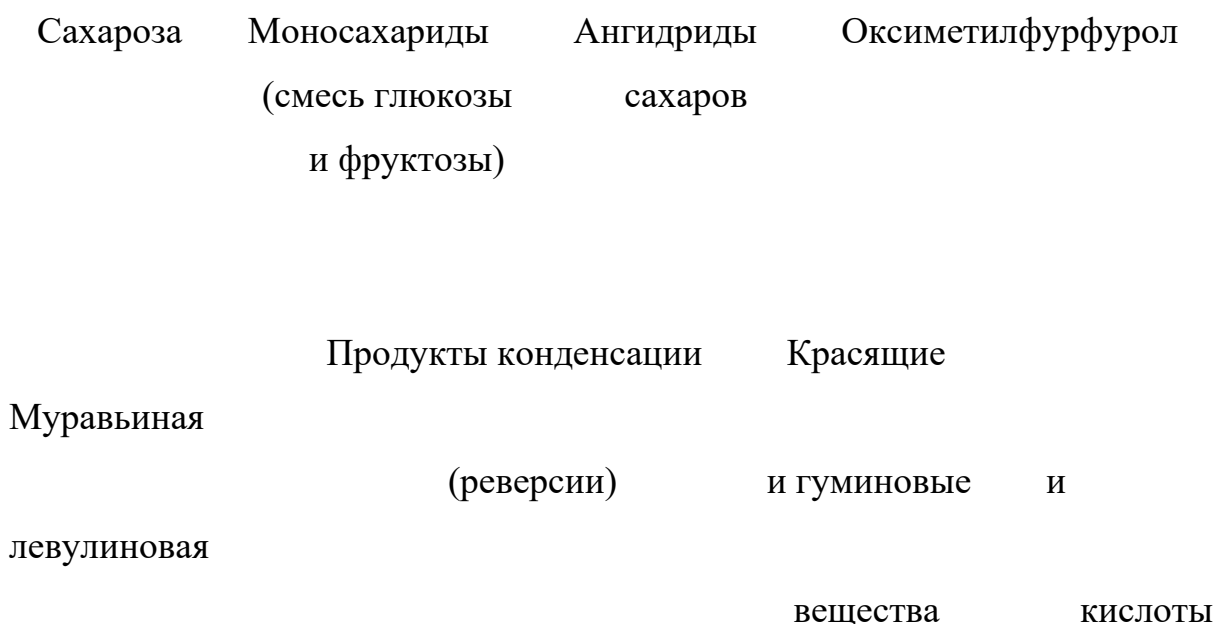
*Образование меланоидинов* – основная причина потемнения пищевых продуктов в процессе их изготовления, сушки и хранения. Особенно интенсивно эта реакция протекает при повышенных температурах во время выпечки хлебобулочных и мучных кондитерских изделий; в процессе уваривания сахарных растворов при производстве сахарного песка; при сушке солода; при самосогревании зерна; в процессе тепловой обработки вин; при приготовлении ирисных и помадных масс типа крем-брюле. Реакция меланоидинообразования сопровождается потемнением получаемых продуктов (фруктово-ягодного пюре, соков, повидла, хлеба), 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 таким образом, чтобы к моменту выпечки в тесте содержалось определенное количество сахара (около 2...3% к массе сухих веществ муки) и необходимое количество аминокислот, которые могут вступать в химическое взаимодействие.

**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 являются

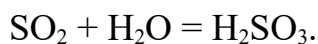
реакционноспособными и могут соединяться друг с другом или с неизменной молекулой глюкозы и образовывать так называемые продукты конденсации (реверсии). При длительном тепловом воздействии отщепляется третья молекула воды и образуется оксиметилфурфурол, который при дальнейшем нагревании может распадаться с разрушением углеводного скелета и образованием муравьиной, леулиновой кислот и окрашенных соединений. В общем виде схему химических изменений сахарозы можно представить в следующем



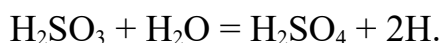
**Сульфитация.** При производстве ряда пищевых продуктов реакция меланоидинообразования нежелательна, например при получении сахара-песка. Существуют и другие причины, например, при переработке овощей и плодов потемнение происходит за счет протекания биохимических процессов и образования меланинов. С 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  $\text{H}_2\text{SO}_3$ . 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 специальных печах, пропуская через них 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 непредельные хромофорные группы ( $-\text{C}=\text{C}-$ ), 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 диффузионный сок при его очистке в сахарном производстве, 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.

Диоксид серы, сернистая кислота и ее соли так же выполняют и 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, а 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 тугор 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, слива, малина, черная смородина и т. п.), после сульфитации теряют свой первоначальный цвет.

**Окисление.** Этот процесс играет большую роль при хранении жиров, масел и жиросодержащих продуктов. Жиры при длительном хранении приобретают неприятные вкус и запах – прогоркают, что связано как с химическими превращениями 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.

Наиболее распространенный тип прогоркания жиров — прогоркание, обусловленное окислением ненасыщенных жирных кислот кислородом воздуха. При этом кислород присоединяется по месту двойных связей, образуя пероксиды



Н Н

Н Н

В результате дальнейшего разложения перекисей 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, увеличивается 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 жиросодержащих продуктах антиоксидантов снижает скорость их окисления. Наиболее активными естественными антиокислителями являются токоферолы (витамин Е). 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 коптильной жидкости, содержатся в древесном дыме, поэтому копченые продукты, как правило, обладают стойкостью при хранении.

Использование смесей антиокислителей даст 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.

## **Лекция № 8**

### **Тема: Физико-химические основы технологии**

#### **План**

1. Экстракция
2. Физические методы очистки
3. Физико-химические очистки
4. Растворение и кристаллизация сахарозы

Наиболее распространенными способами извлечения полезных веществ из пищевого сырья являются *экстракция* и *прессование*.

Экстракция является основным процессом извлечения сахара из свекловичной стружки. В производстве фруктовых соков диффузионный способ позволяет практически извлечь весь сок из сырья, осуществить непрерывный процесс и добиться полной его механизации. Хотя при этом способе происходит некоторое разбавление сока водой, но для соков, имеющих высокую кислотность, небольшое разбавление даже желательно.

В микробиологической промышленности ферментные препараты получают из исходной грибной культуры путем экстрагирования в аппаратах периодического или непрерывного действия. В масло-жировой промышленности широко применяется экстракция масла из сырой мятки и форпрессового жмыха при помощи различных растворителей.

В винодельческой промышленности непрерывным экстрагированием извлекают сахар и соли винной кислоты из виноградных выжимок.

Экстрагирование находит применение также для извлечения пектина из яблочных выжимок и сухого свекловичного жома.

Наряду с экстракцией в производстве фруктовых соков, в масло-жировом производстве, в виноделии применяется метод прессования, однако он не позволяет полностью извлечь из сырья полезные вещества. В среднем выход сока при прессовании достигает 60-80%, но зато этот метод позволяет получить натуральный продукт высокого качества.

Наиболее экономичными оказались комбинированные схемы, включающие прессование, а затем экстракцию. При этом выход полезных веществ увеличивается до 95-98%.

## 1. Экстракция

Экстракцией называется извлечение из сложного по составу вещества одного или нескольких компонентов с помощью растворителя, обладающего избирательной способностью растворять только вещество или вещества, подлежащие экстрагированию.

Извлечение растворимых веществ из клеток свеклы и другого растительного сырья обусловлено двумя стадиями процесса – диффузией вещества в ткани данного сырья и массоотдачей с поверхности частиц к экстрагенту. Основной закон молекулярной диффузии, сформулированный Фиком, устанавливает связь между количеством экстрагируемого вещества и основными параметрами процесса

(8.1)

где  $dG$  – количество вещества, продиффундировавшего через единицу площади  $S$  изоконцентрационной поверхности за единицу времени  $\tau$ , – градиент концентрации вещества в частицах.

Коэффициент  $D$  в уравнении (8.1) называется коэффициентом диффузии и является физическим параметром материала. Он характеризует проводимость вещества в материале и численно равен массе вещества, диффундирующего через единицу площади за единицу времени при градиенте концентрации, равном единице. Размерность коэффициента диффузии –  $\text{м}^2/\text{с}$ .

Уравнение (8.1) позволяет рассчитать количество диффундирующего вещества в материале только в том случае, если не происходит накопления или убывания вещества, т. е. при неизменном градиенте концентрации. Экстракция всегда связана с убыванием вещества в каждой точке тела, и по уравнению (8.1) невозможно определить концентрацию вещества в любой точке тела, а следовательно, и выход вещества через поверхность тела в окружающую среду. Подобные задачи решаются с помощью дифференциальных уравнений диффузии.

Известны физические и физико-химические методы очистки.

## 2. Физические методы

К физической очистке относится очистка свекловичного сока от пульпы – мелких кусочков свекловичной стружки. Обычно эта очистка производится путем фильтрации в специальных фильтрах-ловушках. К этим методам относится так называемое рафинирование крахмала, заключающееся в выделении из крахмального молока механических примесей – мезги. Рафинирование производится на плоских сотрясательных ситах, представляющих собой каркас с натянутой на нем мелкой ситовой тканью. Ситр имеет обычно уклон около 25 мм на 1 м и совершает 400÷600 продольных колебаний в минуту с амплитудой 7÷10 мм.

При производстве растительных масел после шнековых прессов в масле содержится большое количество твердых суспензированных частиц, которые отделяются на вибрационных ситах. Сито состоит из металлической коробки, разделенной по длине на две камеры. В коробке установлено плетеное сито с размером отверстий 0,25×0,25 мм. Сито с изменяющимся углом наклона приводится в колебательное движение от индивидуального привода с частотой вращения вала около 2700 об/мин.

Масло поступает на вибрационное сито с температурой 60÷70°C и, проходя через отверстия сит, направляется в сборники, а мезга удаляется на повторную переработку. Осадок обычно представляет собой смесь фосфатидов, слизей и белковых веществ.

К физическим способам очистки пищевых суспензий относятся также отстаивание, фильтрация и разделение при помощи центробежных сил.

**Отстаивание.** Осаждение под действием собственного веса твердых частиц, находящихся во взвешенном состоянии в жидкой среде, называют отстаиванием. Сущность отстаивания заключается в том, что неоднородная система, находящаяся в аппарате в состоянии покоя или движущаяся с малой скоростью, разделяется в нем на составные части под действием веса. Осаждение частиц происходит по законам падения тел в среде, которая оказывает сопротивление их движению.

Скорость осаждения, взвешенных частиц зависит от их плотности, степени дисперсности и физических свойств жидкости, в которой они осаждаются. В начальный момент частицы падают ускоренно, но через некоторый промежуток времени, когда сопротивление жидкой фазы уравновесит действие веса, они приобретают постоянную скорость осаждения.

Согласно закону Стокса постоянная скорость осаждения (в м/с) может быть определена для ламинарной области по уравнению.

$$v = \frac{g d^2 (\rho_p - \rho_f)}{18 \mu} \quad (8.2)$$

где  $d$  – приведенный диаметр частицы, м;  $g$  – ускорение свободного падения,

$m/c^2$ ;  $\rho_t$  – плотность твердой частицы,  $kg/m^3$ ;  $\rho$  – плотность среды,  $kg/m^3$ ;  $\mu$  – динамическая вязкость среды,  $Pa \cdot s$ .

**Фильтрация.** Фильтрацией называют процесс разделения суспензий с использованием пористых перегородок, которые задерживают твердую фазу суспензии и пропускают ее жидкую фазу. Этот процесс разделения суспензий называют фильтрацией с образованием осадка. В некоторых случаях твердые частицы проникают в поры фильтровальных перегородок и задерживаются в них, не образуя осадка. Такое фильтрация называется фильтрацией с закупориванием пор. Обычно в пищевой промышленности применяют фильтрация через слой осадка.

Движущей силой процесса фильтрации является перепад давлений над перегородкой (или слоем осадка и перегородкой) и под перегородкой. Перепад давлений создается при помощи вакуума, давления сжатого воздуха, подачи суспензии поршневым или центробежным насосом или гидростатического давления.

При разделении суспензий с небольшой концентрацией тонкодисперсной твердой фазы часто применяют вспомогательные фильтровальные вещества – диатомит, перлит, целлюлозу, асбест, активный уголь и пр. Вспомогательные материалы представляют собой тонкодисперсные или тонковолокнистые вещества, наносятся тонким слоем на фильтровальную перегородку и, образуя своды над порами перегородки, препятствуют их забиванию. Если вспомогательные вещества образуют слой осадка на фильтрующей перегородке, то вначале фильтруют суспензию этого вещества, жидкой фазой которой являются вода или фильтрат суспензии. Вспомогательные вещества добавляют в количестве около 1% к массе фильтруемой суспензии.

В процессе фильтрации при постоянной разности давлений скорость фильтрации уменьшается, так как сопротивление слоя осадка возрастает с увеличением его толщины. Если перепад давлений при фильтрации

увеличивается с возрастанием толщины осадка, то такой процесс называют фильтрованием с постоянной скоростью.

Получаемые при фильтровании осадки делят на сжимаемые, частицы которых с повышением давления деформируются, а размер пор капилляров уменьшается, и несжимаемые, размер и форма частиц которых не меняются с увеличением давления при фильтровании.

Так как в процессе фильтрования в большинстве случаев  $\Delta p = \text{const}$ , а сопротивление слоя осадка с течением времени изменяется, то скорость фильтрации [в  $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ ]

$$v = \frac{V}{S \cdot \tau} \quad (8.3)$$

где  $V$  – количество фильтрата,  $\text{м}^3$ ;  $S$  – площадь поверхности фильтрации,  $\text{м}^2$ ;  $\tau$  – продолжительность фильтрования, с.

В промышленности для разделения суспензий применяются фильтры циклического действия: рамные фильтр-прессы, патронные фильтры, листовые фильтры – и фильтры непрерывного действия: барабанные вакуум-фильтры и дисковые.

**Осаждение под действием центробежной силы.** Недостатком осаждения в отстойниках является их большие объемы и значительное время осаждения. Отстойники малоэффективны при осаждении мелких частиц, имеющих размеры  $d_s < 5$  мкм, или когда их плотность близка к плотности среды. Значительно увеличивается эффективность процесса разделения суспензий с применением центробежных сил.

Поле действия центробежных сил создается вращательным движением потока разделяемой жидкости при тангенциальном ее подводе в гидроциклоны или при направлении разделяемого потока во вращающийся корпус осадительных центрифуг.

**Разделение растворов с помощью мембран.** Весьма перспективным способом разделения пищевых растворов является процесс разделения под



давлением через полупроницаемую перегородку (мембрану) – обратный осмос, или ультрафильтрация.

**Ультрафильтрация** предназначена для разделения низкоосмотических растворов и позволяет задерживать сравнительно крупные молекулы с молекулярной массой выше 500. Ультрафильтрация осуществляется при сравнительно низком давлении 0,05÷1,0 МПа. Обратный осмос применяется для разделения растворов низкомолекулярных веществ, обладающих высоким осмотическим давлением, при этом рабочее давление составляет 5,0÷10,0 МПа.

Разделение растворов мембранным методом происходит без фазовых превращений и при температуре окружающей среды.

Мембраны должны обладать высокой селективностью к извлекаемому веществу, высокой проницаемостью, достаточной механической прочностью, устойчивостью к воздействию агрессивных сред, постоянством параметров в процессе длительной эксплуатации.

Анизотропные мембраны представляют собой пластины толщиной 0,01÷0,4 мкм. Наибольшее распространение получили ацетат-целлюлозные мембраны. Кроме этих мембран изготавливаются мембраны на основе триацетатцеллюлозы, этилцеллюлозы, полиамидов, целлофана и др.

Мембраны получают путем облучения тонких полимерных пленок потоком заряженных частиц – протонов или  $\gamma$ -частиц – с последующим хими-ческим травлением. Ведутся исследования по изготовлению мембран с жесткой структурой на основе металлов, пористого стекла, металлокерамики и т. п.

Особый интерес этот способ представляет для опреснения морской воды, разделения сахарных растворов, фруктовых соков, очистки продуктов микробиологических производств, сточных вод и т. д.

### **3. Физико-химические методы**

В сахарном, винодельческом, водочном, сокоэкстрактном и других производствах для осветления и очистки жидкостей применяется процесс адсорбции. В сахарной промышленности диффузионный сок подвергается, кроме того, очистке при помощи преддефекации, основной дефекации, I и II сатурации и сульфитации. В крахмало-паточной промышленности производят отбеливание картофельного крахмала сернистой кислотой. При производстве растительных масел применяются химические методы очистки их от красящих веществ и жирных кислот.

**Адсорбция.** Это процесс поглощения одного или нескольких компонентов из раствора или газовой смеси поверхностью твердого вещества, называемого адсорбентом. Адсорбируемое вещество называют адсорбатом.

Адсорбция обладает избирательностью и обратимостью. Благодаря этому возможно поглощение из растворов или из парогазовых смесей одного или нескольких компонентов, а затем в других условиях – десорбирование, т. е. выделение нужного компонента из твердой фазы в более или менее чистом виде.

В качестве адсорбентов применяются твердые пористые вещества с большой удельной поверхностью (площадь поверхности, относимая к единице массы вещества). Адсорбенты характеризуются поглотительной, или адсорб-ционной, способностью, определяемой концентрацией адсорбата в единице массы или объема адсорбента. В качестве адсорбентов применяются обычно активные угли, силикагель, целлюлозная масса, кизельгур, активированные серной кислотой глины и т. п.

Различают *физическую* и *химическую* адсорбции. Химическую адсорбцию часто называемую *хемосорбцией*. Физическая адсорбция обусловлена взаимным притяжением молекул адсорбента и адсорбата под действием сил Ван-дер-Ваальса и не сопровождается химическим взаимодействием адсорбированного вещества с поглотителем. При химической адсорбции в результате химической реакции между молекулами

поглощенного вещества и поверхностными молекулами поглотителя возникает химическая связь.

Механизм адсорбции весьма сложен, а факторы, влияющие на ход процесса, разнородны. Большую роль в процессе адсорбции играет поверхностная энергия тел, представляющая собой избыточную свободную энергию молекул поверхностного слоя вещества.

Промышленные процессы адсорбции подразделяются на периодические и непрерывные. Связано это деление главным образом с состоянием слоя адсорбента: является ли он соответственно неподвижным или движущимся.

Движущей силой адсорбции, например, веществ из газовых смесей является разность между концентрациями адсорбата в газовой смеси и в газовой фазе, находящейся в равновесии с адсорбентом.

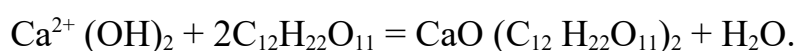
***Преддефекация в сахарном производстве.*** Цель преддефекации состоит в том, чтобы осторожным воздействием извести нейтрализовать свободные кислоты диффузионного сока, скоагулировать значительную часть коллоидных веществ и осадить другие сахара.

Известь действует на сок в различных направлениях. С сахарозой, являющейся по своей природе слабой кислотой, известь образует моносахарат  $C_{12}H_{22}O_{11} \cdot CaO$ , растворимый в воде. Обычно около 15% всей сахарозы в дефекованном соке может находиться в форме моносахарата кальция. Со многими сахарами диффузионного сока известь дает осадок. Так, ряд органических кислот (щавелевая, лимонная и винная) и минеральных (фосфорная и частично серная) выпадают в осадок. Известь изменяет реакцию сока – из кислой делает ее слабощелочной и тем самым предупреждает инверсию (разложение) сахарозы при нагревании сока. pH дефекованного сока должен быть около 11. Такой щелочности сок достигает при внесении в него 0,2÷0,3% CaO на преддефекации. Количество извести на основной дефекации увеличивают до 2,5÷3,0% к массе свеклы, для того чтобы получить в соке больше монокристаллического углекислого кальция,

хорошо адсорбирующего красящие вещества сока и улучшающего фильтрацию сока I сатурации.

**Основная дефекация.** Для максимального удаления красящих веществ из диффузионного сока и лучшей фильтрации сока I сатурации применяется процесс основной дефекации. На основную дефекацию добавляют избыточное по сравнению с теоретически необходимым количество извести – около 2,5÷3,0% к массе свеклы. Так как избыточное количество извести вызывает в соке ряд отрицательных явлений – таких, как частичное разложение моносахаров и пектиновых веществ, частичная пептизация (разжижение) скоагулированных белков и т. п., то для уменьшения этих явлений дефекацию ведут в короткие сроки. Известь в дефекатор подают в виде известкового молока – раствора с содержанием 250 г СаО в 1 л раствора.

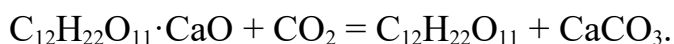
При определенной температуре и количественных соотношениях сахара, извести и воды известь в преддефекаторе и дефекаторе находится в определенном физико-химическом равновесии с сахаром и водой. Если учесть, что лишь один водород в молекуле сахарозы обладает кислотной реакцией, т. е. образуется даже не моносахарат  $C_{12}H_{22}O_{11} \cdot CaO$ , а «полусахарат», где на одну молекулу двухвалентной извести приходится две молекулы сахарозы, то реакция образования сахарата идет неполно и образовавшийся сахарат как соль очень слабой кислоты гидролизуеться и дает вновь сахарозу и известь



Следовательно, на дефекации в аппаратах всегда имеется смесь извести, сахара и сахарата. Какое количество из этих веществ будет больше, зависит от соотношения скоростей реакции, которые в свою очередь определяются соотношением действующих масс, и от температуры.

**I сатурация.** На I сатурации происходит перевод извести, находящейся в дефекованном соке, в нерастворимое состояние, т. е. образование  $\text{CaCO}_3$  и разложение сахаратов кальция. Для этой цели дефекованный сок обрабатывают сатурационным газом. В результате воздействия углекислоты сатурационного газа на свободную известь щелочность сока I сатурации понижается до рН 11. При этом происходит постепенная нейтрализация извести, содержащейся в соке, углекислотой с образованием выпадающего в осадок мелкокристаллического углекислого кальция. Это явление имеет большое значение, так как углекислый кальций в таком состоянии обладает высокой адсорбционной способностью по отношению к растворимым несхарам, главным образом к красящим веществам.

Практически реакция на I сатурации происходит следующим образом. Углекислота воздействует на образовавшийся на дефекации растворенный моносахарат кальция, разлагает его, высвобождая сахарозу, и соединяется с известью сахара в углекислый кальций



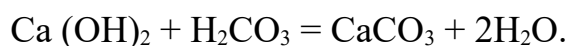
Углекислый газ для проведения сатурации сахарные заводы получают при обжиге известкового камня в специальных печах.

**II сатурация.** Цель II сатурации – уменьшить содержание извести и солей кальция в соке до минимального предела. Недостаточное удаление этих солей приводит к отложению их на поверхности теплообменников при выпаривании и ухудшению работы выпарной станции, а также затрудняет процесс уваривания утфелей и увеличивает выход мелассы.

Осуществляется II сатурация в таких же аппаратах, как и I сатурация. Перед поступлением на II сатурацию сок подогревают до температуры  $100^\circ\text{C}$ . В аппараты II сатурации добавляют около 0,25%  $\text{CaO}$  к массе свеклы. На II сатурации, так же как и на первой, через сок пропускают

сатурационный газ и сатурацию проводят до содержания  $0,015 \div 0,020\%$  СаО к массе свеклы или рН  $8,8 \div 9,5$ .

Углекислота сатурационного газа при температуре  $100^{\circ}\text{C}$  действует сначала на растворенную в соке гидроокись кальция, выделяет ее в осадок в виде углекислого кальция и таким образом понижает щелочность сока



Когда известь осаждена, углекислота действует на содержащиеся в соке едкие щелочи КОН и NaOH и образует с ними растворимые углекислые соли калия и натрия ( $\text{K}_2\text{CO}_3$  и  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). Последние вступают в обменные реакции с растворимыми кальциевыми солями органических и минеральных кислот, причем в осадок выпадает углекислый кальций, а в растворе остаются калиевые и натриевые соли этих кислот. Эти соли вредны для производства, так как образуют осадок на поверхности нагрева выпарной станции и ухудшают ее работу, а также затрудняют кристаллизацию сахара в вакуум-аппаратах. При нормальном режиме II сатурации содержание кальциевых солей в соке не должно превышать  $0,002\%$  СаО (рН около 11).

*Дополнительные методы очистки свекловичного сока.* Кроме главной очистки сока на дефекации и сатурации применяют и дополнительные методы очистки, чтобы получить более прозрачный сок или снизить его цветность. К этим методам относятся сульфитация, фильтрация с добавлением кизельгура и ионообменная очистка.

Для отделения тонких взвешенных частиц, которые не отделяются полностью на обычных фильтрах от соков и сиропов, применяют тонкие пористые порошки. Они никаких растворенных веществ из соков и сиропов не адсорбируют и не удаляют, а образуют на ткани фильтра пористый слой, задерживающий очень мелкие взвешенные частицы. Применяют кизельгур – тонкий порошок, состоящий главным образом из аморфной кремниевой кислоты  $\text{SiO}_2$ . Имеются кизельгуры двух типов: трепелы и диатомиты.

*Трепел* – порошок минерального происхождения, обычно вулканического, состоит из зерен аморфного кремнезема. Он оказывает большое

сопротивление при фильтрации и в сахарной промышленности не применяется.

*Диатомит* – порошок органического происхождения, он состоит в основном из панцирей микроскопических водорослей. Он является пористым порошком волокнистого строения с малой объемной массой и не слишком затрудняет фильтрацию. В среднем в состав его входят: 90% аморфного кремнезема, около 2% песка и не более 3%  $Al_2O_3$ . Он широко применяется в сахарной промышленности. Применяют его, добавляя в количестве 1÷2% к массе сухих веществ сока или сиропа перед фильтрацией, или готовят суспензию диатомита в аммиачной воде и перед фильтрацией наносят его на фильтрующую поверхность фильтров.

Ионообменная очистка жидких пищевых растворов заключается в следующем. Иониты являются полярными адсорбентами, которые обладают способностью к обменной адсорбции катионитов и анионитов. Иониты разделяют на две группы: катиониты, способные заменять любой катион на ион водорода, и аниониты, способные удалять из раствора кислоты, т. е. анионы и ион водорода.

Если раствор, содержащий соли, пропустить последовательно через два ионитных реактора: один с катионитом, а второй с анионитом, то получится осветленная жидкость. В первом реакторе будут поглощены все катионы раствора и выделены ионы водорода, т. е. раствор делается кислым, но во втором реакторе будут поглощены все кислоты.

***Процессы дезодорации.*** Масла, которые используются для приготовления маргарина, консервов и других пищевых продуктов, должны быть освобождены от посторонних запахов. Удаление запахов производится путем продувки пара через слой масла под глубоким вакуумом. Такая операция называется дезодорацией.

Метод дезодорации основан на летучести ароматических компонентов масла, определяющих его запах.

Дезодорация масла производится в специальных аппаратах – дезодораторах – при остаточном давлении 50 Па, отсутствии воздуха и при высокой температуре. В начале процесса масло подогревают глухим паром до температуры 100÷120°C, а затем подают острый пар и постепенно температуру доводят до 150÷170°C. Продолжительность процесса при 150÷160°C 4÷6 ч, расход пара от 50 до 100 кг/ч на 1 т масла.

Пар, поступающий в дезодоратор, должен характеризоваться максимальной чистотой и отсутствием в нем свободного кислорода. Наличие воздуха в паре способствует окислению масла.

#### 4. Растворение и кристаллизация сахарозы

Являясь кристаллическим веществом, сахароза может выделяться в виде кристаллов только из пересыщенных растворов. Следовательно, для возможности кристаллизации сахарозы необходимо создавать пересыщение ее в растворах. Пересыщенные растворы неустойчивы, и с течением времени излишне растворенная сахароза выделится в виде кристаллов.

Чтобы довести раствор сахарозы до пересыщенного состояния, создать условия для образования центров кристаллизации и осуществить рост кристаллов путем отложения на их поверхности все новых и новых количеств кристаллизующейся сахарозы, применяется уваривание. Содержание сахарозы в растворе зависит от коэффициента пересыщения, оно возрастает с повышением температуры и выражается массовым отношением растворенного сахара к чистой воде в растворе. В присутствии несхаров растворимость еще больше увеличивается и определяется коэффициентом насыщения (отношение коэффициента растворимости сахарозы  $H$  в данном растворе, содержащем несакара, к растворимости чистой сахарозы) при той же температуре, т. е.

$$\alpha_1 = H'/H. \quad (8.4)$$

Раствор, содержащий сахара больше, чем в насыщенном растворе, называется пересыщенным. Степень пересыщения раствора измеряется



коэффициентом пересыщения, показывающим, во сколько раз в данном растворе на единицу воды приходится сахара больше, чем в насыщенном растворе при той же температуре,

$$\alpha = H_1 / H', \quad (8.5)$$

где  $\alpha$  – коэффициент пересыщения;  $H_1$  – количество растворенного сахара в данном растворе на единицу массы воды;  $H'$  – растворимость сахара на единицу массы воды при той же температуре в дистиллированной воде.

Если  $\alpha = 1$  – раствор насыщенный;  $\alpha < 1$  – раствор ненасыщенный;  $\alpha > 1$  – раствор пересыщенный.

При этом существует три области пересыщения: метастабильная, или область пассивных пересыщений, – коэффициент находится в пределах  $1,0 \div 1,1$ ; промежуточная зона, или область, активных пересыщений, –  $\alpha = 1,1 \div 1,3$ , и лабильная область, или область интенсивно активных пересыщений, –  $\alpha$  выше 1,3.

В области пассивных пересыщений введенные в раствор кристаллы растут, истощая маточный раствор, но новые кристаллы не появляются ни под воздействием введенных кристаллов, ни спонтанно. В производственных условиях в этой области производится кристаллизация уваренных утфелей, когда требуется истощить межкристальную жидкость без образования новых кристаллов.

В области активных пересыщений новые кристаллические зародыши могут возникать только при введении центров кристаллизации («затравки»). Ранее образовавшиеся кристаллы растут благодаря отложению на их поверхности сахарозы. Если необходимо приостановить дальнейшее образование кристаллов, то производят подкачку сиропа до перехода межкристального раствора в область пассивных пересыщений, т. е. дальнейший рост кристаллов осуществляется в области пассивных пересыщений.

Для области интенсивных пересыщений характерно самопроизвольное возникновение центров кристаллизации без дополнительного ввода затравки.

В производственных условиях стремятся не вести кристаллизацию в этой области, так как самопроизвольное образование кристаллов приводит к образованию большого количества мелких кристалликов («муки»), при этом увеличивается содержание сахара в оттеках и затрудняется центрифугирование утфеля.

Для образования кристаллов при варке всех утфелей, сгущенных до промежуточной области, вводят затравку в виде небольшого количества сахарной пудры. Растворы некоторых веществ, в том числе и сахарозы, не содержат готовых кристаллов, и появление первых центров кристаллизации затруднено даже в тех случаях, когда раствор сгущен до значительного пересыщения ( $\alpha = 1,2$ ). Образовавшиеся кристаллические зародыши растут благодаря отложению на их поверхности все новых и новых количеств кристаллизующейся сахарозы. Сахароза кристаллизуется в клиноромбической или моноклинической системе. Ось наклонена под углом  $103^{\circ}30'$ . Скорость роста отдельных граней кристаллов различна, чем и объясняется многообразие кристаллических форм. Кристалл сахара представляет собой комбинацию шести кристаллографических форм, обладает свойством векториальности, т. е. неодинаковостью свойств в разных направлениях.

Рост кристаллов совершается не мгновенно, а с некоторой скоростью, называемой скоростью кристаллизации, характеризующейся коэффициентом, который определяет количество сахарозы в миллиграммах, отложившейся из пересыщенного раствора в секунду на  $1 \text{ м}^2$  поверхности кристалла.

Кристаллизация сахара связана с перемещением массы и относится к диффузионному процессу, движущей силой которого является разность концентрации сахарозы в растворе и на поверхности кристаллов. Обычно кристаллы сахара движутся в межкристальной жидкости, на их поверхности образуется пограничный слой, скорость которого по отношению к поверхности кристаллов близка к нулю, и, следовательно, массообмен в

пограничном слое может происходить только путем диффузии. Очевидно, что пограничный слой и оказывает сопротивление при кристаллизации.

Кроме того, переход сахара из пограничного слоя непосредственно к кристаллу также связан с преодолением некоторого сопротивления. Таким образом, скорость кристаллизации является функцией двух одновременно протекающих процессов.

Процессы роста реальных кристаллов настолько сложны, что объяснить их с единой точки зрения не представляется возможным.

## **Лекция № 9**

### **ТЕМА: РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ**

#### **План**

1. Основные понятия реологии
2. Классификация пищевых продуктов по реологическим свойствам
3. Реологические модели и уравнения течения пищевых масс
4. Объемная деформация пищевых масс

В пищевой промышленности большинство процессов связано с механической или теплофизической обработкой сырья и полуфабрикатов. К числу таких процессов относятся измельчение и перемешивание, выпрессовывание и отжим, формование и штампование, сушка и кондиционирование, выпечка и выпарка и т. д. При осуществлении этих процессов используются реологические и теплофизические методы обработки материалов.

#### **1. Основные понятия реологии**

*Реология* – наука о деформациях и текучести вещества. Слово «реология» происходит от греческого «ρεω», что означает «теку».

К основным реологическим свойствам материалов относятся: вязкость, упругость, пластичность и прочность. У одного и того же материала в зависимости от его состояния и условий нагружения проявляются разные свойства. Например, макаронное тесто при мгновенном воздействии нагрузки ведет себя как упругое тело, при других условиях нагружения больше проявляются вязкие и пластические свойства. Известно много случаев, когда в процессе технологической обработки один и тот же продукт переходит из одного реологического состояния в другое, часто противоположное по свойствам первому.

Наиболее важной величиной, определяющей различное состояние вещества, является вязкость (внутреннее трение) – мера сопротивления течению, равная отношению напряжения сдвига к скорости сдвига. Величина, обратная вязкости, называется текучестью. Вязкость зависит от температуры, давления, влажности или жирности, концентрации, степени дисперсности и т. п.

Различают вязкость эффективную и пластическую.

*Эффективная вязкость* является величиной отношения напряжения сдвига к скорости сдвига. *Пластическая вязкость* характеризует тела, которые деформируются при напряжениях, превышающих некоторый предел (предельное напряжение).

*Пластичность* – способность тела к формоизменению или течению, вызываемым остаточными или необратимыми деформациями.

*Прочность* – способность тела сопротивляться формоизменению под действием внешних сил.

Упругие свойства определяются предельным напряжением сдвига и другими механическими характеристиками.

Под напряжением сдвига понимают сопротивление тела действию касательной составляющей приложенной силы. Напряжение сдвига равно отношению этой силы к поверхности сдвига. Минимальная сила, необходимая для осуществления сдвига (перемещение слоев на площади сдвига), определяется величиной предельного напряжения сдвига. Если при всестороннем равномерном давлении изменяется только объем тела, а форма остается неизменной, то при сдвиге изменяется форма тела при постоянном объеме.

*Релаксация напряжений (давления)* – процесс постепенного рассеивания запасенной в теле энергии упругой деформации путем перехода ее в тепло. В развитие положений Максвелла Ф. Н. Шведов предложил уравнение релаксации напряжений в виде

(9.1)

где  $\sigma$  – напряжение в данный момент, Па;  $\sigma_0$  – начальное напряжение, Па;  $\sigma_k$  – конечное напряжение, Па;  $t$  – текущее время, с;  $\theta$  – период релаксации, с.

Из уравнения видно, что любое напряжение релаксирует до определенной величины  $\sigma_k$ , являющейся пределом текучести.

Релаксация напряжений делится на два периода: первый характеризуется резким падением напряжения в условиях быстро затухающей скорости релаксации; второй определяется замедленным снижением напряжения с весьма малой скоростью релаксации.

Для практики формования пищевых продуктов наибольший интерес представляет первый период релаксации, так как на довольно короткий промежуток времени приходится большая часть напряжения.

*Ползучесть* – свойство материала непрерывно деформироваться под воздействием постоянной нагрузки. Это явление наблюдается у металлов при высоких температурах, у материалов органического происхождения при нормальных температурах. В пищевых материалах ползучесть проявляется очень быстро, с чем приходится считаться при их обработке.

*Тиксотропия* – способность некоторых дисперсных систем самопроизвольно восстанавливать структуру, разрушенную механическим воздействием. Она свойственна дисперсным системам и обнаружена у многих полуфабрикатов и продуктов пищевой и парфюмерной промышленности.

*Адгезия* – сила прилипания, которая возникает при контакте поверхностей различных по структуре материалов. Это явление широко распространено в природе и используется в технике. Различают два вида адгезии: специфическая (собственно адгезия) и механическая. Первая является результатом сил сцепления между поверхностями материала. Вторая возникает при проникновении адгезива в поры склеиваемого материала и удержании его вследствие механического заклинивания.

*Внешнее трение* – взаимодействие между телами на границе их соприкосновения, препятствующее относительно их перемещению вдоль поверхности соприкосновения.

*Плотность*, как одно из компрессионных свойств, является существенной характеристикой при оценке качества продукта. Среднюю плотность  $\rho$ , кг/м<sup>3</sup>, для сравнительно небольшого объема определяют из соотношения:

$$\rho = M / V,$$

где:  $M$  – масса продукта, кг;  $V$  – объем продукта, м<sup>3</sup>.

*Истинная плотность* равна пределу отношения массы к объему, когда последний стремится к нулю.

Между плотностью  $\rho$  и удельным весом  $\gamma$  [Н/м<sup>3</sup>] существует простая зависимость:

$$\gamma = \rho \cdot g,$$

где:  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Плотность смеси из нескольких компонентов, когда они не вступают во взаимодействие, при котором меняется состав или объем смеси, можно вычислить по зависимости:

или ,

где:  $c_i$  – концентрация одного из компонентов в смеси, кг на 1 кг смеси;

$\rho_i$  – плотность компонента, кг/м<sup>3</sup>;

$i$  – число компонентов.

В аспекте создания дисперсных структур пищевые продукты являются дисперсными системами.

*Дисперсными системами (или дисперсиями)* называют гетерогенные, преимущественно микрогетерогенные, двух- или многофазные системы, в которых по крайней мере одна из фаз находится в дисперсном состоянии. Обычно дисперсная система рассматривается как совокупность частиц дисперсной фазы и окружающей их сплошной дисперсионной среды.

Дисперсная система – это образования из двух или более числа фаз (тел), которые совершенно или практически не смешиваются и не реагируют друг с другом химически. Первое из веществ (*дисперсная фаза*) мелко распределено во втором (*дисперсионная среда*). Если фаз несколько, их можно отделить друг от друга физическим способом (центрифугировать, сепарировать и т. д.).

*Дисперсная фаза (ДФ)* – совокупность мелких однородных твёрдых частиц, капелек жидкости или пузырьков газа, равномерно распределённых в окружающей (дисперсионной) среде.

*Дисперсионная среда (ДС)*, непрерывная фаза (тело), в объёме которой распределена другая (дисперсная) фаза в виде мелких твёрдых частиц, капелек жидкости или пузырьков газа. Дисперсионная среда может быть твёрдой, жидкой или газовой.

ДФ и ДС образуют дисперсные системы. В таблице 6.1 приведены типы дисперсных систем пищевых продуктов.

Таблица 9.1 –

Типы дисперсных систем пищевых продуктов

Дисперсионная среда	Дисперсная фаза	Дисперсная система	Продукт (в том числе сырье,
---------------------	-----------------	--------------------	--------------------------------

			полуфабрикат)
Газ	Жидкость	Жидкий аэрозоль	Экстракт кофе при распылительной сушке
	Твердое тело	Твердый аэрозоль	Мука при пневмотранспортировании
Жидкость	Газ	Пена	Белковая пена
	Жидкость	Эмульсия	Молоко, майонез
	Твердое тело	Золь	Какао-масса
		Суспензия	Фруктовый сок
Твердое тело	Газ	Твердая пена, пористое твердое тело	Мороженое, безе, сухари
	Жидкость	Твердая эмульсия	Масло, маргарин
		Пористое твердое тело, заполненн ое жидкостью	Овощи, фрукты
	Твердое тело	Твердая суспензия	Макаронные изделия, шоколад, карамель

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. 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.



*Гомогенная система* (от греч. ὅμος – равный, одинаковый; γένω – рождать) – *одно-родная* система, химический состав и физические свойства которой во всех частях одинаковы или меняются непрерывно, без скачков (между частями системы нет поверхностей раздела). В гомогенной системе из двух и более химических компонентов каждый компонент распределен в массе другого в виде молекул, атомов, ионов. Составные части гомогенной системы нельзя отделить друг от друга механическим путем.

В гомогенных смесях составные части нельзя обнаружить ни визуально, ни с помощью оптических приборов, поскольку вещества находятся в раздробленном состоянии на микроуровне. Гомогенными смесями являются смеси любых газов и истинные растворы, а также смеси некоторых жидкостей и твердых веществ, например сплавы.

*Гетерогенная система* (от греч. ἕτερος – разный; γένω – рождать) – *неоднородная* система, состоящая из однородных частей (фаз), разделённых поверхностью раздела. Однородные части (фазы) могут отличаться друг от друга по составу и свойствам. Число веществ (компонентов), термодинамических фаз и степеней свободы связаны правилом фаз.

В сочетании с тремя агрегатными состояниями дисперсной фазы возможны несколько видов дисперсий. По своему состоянию они являются гетерогенными системами. Согласно классификации, предложенной *В. Оствальдом*, дисперсии состоят, по крайней мере, из двух фаз, одна из которых диспергирована (раздроблена), а другая - является непрерывной (сплошной).

В таблице 9.2 приведены сложные дисперсные системы пищевых продуктов, а в таблице 9.3 – классификация пищевых продуктов по реологическим свойствам

Таблица 9.2 –

Сложные дисперсные системы пищевых продуктов

Продукт	Дисперсная фаза	Дисперсионная среда
---------	-----------------	---------------------

Шоколад	Кристаллы сахара, твердые частицы какао, пузырьки воздуха	Кристаллическая форма какао-масла
Мороженое	Пузырьки воздуха, капельки жира, белковые макромолекулы	Кристаллическая водянис-тая фаза
Мякиш хлеба	Пузырьки воздуха, частично кристаллические молекулы крахмала, частицы отрубей	Крахмальный и белковый гель
Фрукты, овощи, картофель, зерно, масличные семена	Капельки жидкости, пузырьки воздуха, крахмальные зерна	Целлюлоза, белковая оболочка
Мясо	Капельки жидкости, кости, капельки жира	Белковые макромолекулы

## 2. Классификация пищевых продуктов по реологическим свойствам

Таблица 9.3 –

Классификация пищевых продуктов по реологическим свойствам

Дисперсная система	Продукт (в том числе сырье, полуфабрикат)	Типичные реологические свойства
Чистая жидкость	Вода, спирт, масло	Ньютоновская вязкость
Чистый расплав	Расплавленные жиры (какао-масло), расплавленный сахар	Преимущественно ньютоновская вязкость
Истинный раствор	Солевые и сахарные растворы, экстракты, пиво, напитки	То же
Коллоидный раствор	Белковые растворы, мутные фруктовые и ягодные соки	Ньютоновская вязкость, возможны вязкоупругость, тиксотропия
Жидкообразная	Суспензии (какао, фруктовые и овощные соки, супы),	Ньютоновская и неньютоновская вязкость,

	эмульсии (молоко, сливки, майонез)	тиксотропия, вязкоупругость
Пастообразная	Фруктовое пюре (яблочный мусс), ореховый мусс, творог, фарш	Неньютоновская вязкость, тиксотропия, реопексия, вязкоупругость
Связанная мягкая	Масло, пенная масса, желе, тесто, йогурт, суп, паштет, картофельное пюре	Пластичная вязкость, обратимая и необратимая тиксотропия, упругость, вязкоупругость
Связанная полутвердая	Мякиш хлеба, вареная колбаса, вареный картофель	Упругость, пластичная вязкость, вязкоупругость
Прочная	Свежие яблоки, груши, картофель, огурцы, мясо, хлебобулочные продукты длительного хранения, шоколад, конфеты	Упругость, пластичная вязкость, вязкоупругость
Твердая	Карамель, зерно, ядра орехов, макаронные изделия, морковь	Упругость, твёрдость, высокая текучесть и прочность, хрупкость

## 2. Реологические модели и уравнения течения пищевых масс

Рассмотрим основные модели и виды течения пищевых масс. При этом необходимо указать, что точные математические закономерности получены только для ньютоновского течения. Для всех неньютоновских течений выведены лишь приближенные формулы.

Известны три промежуточные модели идеализированных материалов (см. таблица 6.4): идеальноупругое тело (по Гуку), идеальнопластическое тело (по Сен-Венану), идеальновязкая жидкость (по Ньютону).

*Идеальноупругое тело* является системой, в которой энергия, затраченная на деформацию, накапливается в теле и может быть возвращена при разгрузке.

*Идеальнопластическое тело* может быть представлено в виде элемента, лежащего на плоскости с постоянным по величине трением, не зависящим от нормальной силы. Тело по Сен-Венану не начнет двигаться до тех пор, пока напряжение сдвига не превысит некоторого критического значения – предельного напряжения, после чего элемент может двигаться с любой скоростью.

Таблица 9.4.

Реологические модели простых идеализированных тел

Модель	Вид модели	Графики течения	Уравнение	Условные обозначения
Гука				–касательное и нормальное напряжения, Па; –угловая и линейная деформации; $G, E$ –модули упругости при угловой и линейной деформации, Па.
Ньютона				–скорость сдвига, $c^{-1}$ ; –вязкость при сдвиге, $c^{-1}$ ; –скорость продольного течения, $c^{-1}$ ; –вязкость при продольном течении (Трутона), Па·с.
Сен-Венана			При $\tau < \tau_T$ нет деформации; при $\tau = \tau_T$	–предел текучести при сдвиге, Па.

			течение	
--	--	--	---------	--

*Идеальновязкая жидкость* характеризуется тем, что в ней напряжения пропорциональны скорости деформации.

(9.2)

где  $\eta$  – коэффициент вязкости; – скорость сдвига,  $\text{с}^{-1}$ .

Вязкое течение, происходит под действием любых сил, как бы малы они ни были, однако скорость деформации при уменьшении сил снижается, а при их исчезновении обращается в нуль.

Модели могут быть скомбинированы параллельно или последовательно из двух или трех элементов: пружины (тело по Гуку), поршня (тело по Ньютону) и двух прижатых плоскостных элементов (тело по Сен-Венану). Они.

Наиболее сложные модели отражают следующие тела: упруго-пластическое, упруго-вязкое (по Максвеллу), вязко-упругое (по Кельвину), вязко-пластическое (по Шведову–Бингаму) (рис. 9.1).

Рис. 9.1. Реологические модели:

$\tau$  – напряжение сдвига, Па;  $\tau_0$  – предельное напряжение сдвига, Па;  $G$  – модуль сдвига, Па;  $\dot{\gamma}$  – угловая деформация;  $\dot{\gamma}$  – скорость сдвига, с;  $\eta$  – вязкость, Па·с;  $\eta_{пл}$  – пластическая вязкость, Па·с.

Модель упруго-пластического тела получается при последовательном соединении упругого и пластического элементов.

*Модель упруго-вязкого релаксирующего тела по Максвеллу* – это последовательно соединенные гуковский и ньютоновский элементы. Тело по Максвеллу ведет себя как упругое или как вязкое в зависимости от отношения времени релаксации к длительности эксперимента. Итак, если под действием мгновенного усилия пружина растягивается, а затем нагрузка сразу снимается, то поршень не успевает двигаться и система ведет себя как упругое тело. Однако, с другой стороны, если поддерживать растяжение пружины постоянным, она постепенно релаксирует, перемещая поршень вверх, и система ведет себя почти как ньютоновская жидкость.

*Модель вязко-упругого тела по Кельвину* – параллельное соединение упругого и вязкого элементов. Под действием растягивающего усилия пружина удлиняется, а поршень будет двигаться в жидкости. Движение поршня связано с вязким сопротивлением жидкости, ввиду чего полное растяжение пружины наступает не сразу. Когда нагрузка устранена, пружина сжимается до

первоначальной длины, но это требует времени вследствие вязкого сопротивления жидкости.

Модель тела по Кельвину отражает явление упругого последствия, которое представляет собой изменение упругой деформации во времени, когда она или постоянно нарастает до некоторого предела после приложения нагрузки, или постепенно уменьшается после ее снятия.

*Модель вязко-пластического тела по Шведову–Бингаму* характеризует материалы, которые в первом приближении можно рассматривать как тела по Сен-Венану. Они начинают течь, когда напряжение сдвига достигает предельного напряжения. Если нет вязкого сопротивления, то скорость течения материала станет сколь угодно большой. Во втором приближении такие материалы должны обладать еще вязкостью. Все это приводит к постулированию идеального тела, реологическое уравнение которого предложено Бингамом.

Модель тела по Шведову отличается от модели по Бингаму тем, что параллельно телу по Сен-Венану присоединено тело по Максвеллу, а параллельно телу по Бингаму – тело по Ньютону.

В технологии пищевых производств встречается много материалов, которые не подчиняются закону Ньютона; вязкость их при заданных температуре и давлении не остается неизменной, а зависит от скорости деформации и других факторов, поэтому зависимость напряжения от скорости сдвига имеет нелинейный характер. Эти материалы получили название неньютоновских веществ (аномальных). Одно и то же вещество в зависимости от концентрации может проявлять различные виды течения.

Рассмотрим наиболее типичные виды кривых течения псевдопластического материала (рис. 9.2).

Уравнение Оствальда (степенной закон) описывает кривую, представленную на рис. 9.2, а,

$$\text{при } n < 1. \quad (9.3)$$

Уравнение (6.2) является эмпирическим, имеющим два параметра: константу  $k$ , зависящую от природы материала и геометрических размеров измерительной аппаратуры, и константу  $n$ , являющуюся индексом течения.

При  $\alpha \rightarrow 0$ , следовательно при  $\alpha_0 = 0$  ( $\alpha$  – угол наклона касательной к кривой), вязкость становится бесконечно большой. Однако практически находят конечное значение этой вязкости. При  $n = 1$  степенной закон сводится к выражению Ньютона.

Степенной закон получил широкое распространение для описания вязкости различных неньютоновских пищевых материалов: томатных паст, сахарных сиропов, абрикосового пюре, хлебопекарного теста, конфетных масс, крахмальных суспензий, майонеза, мыла и некоторых других.

Рис. 9.2. Кривые течения псевдопластических материалов.

На рис. 9.2, б приведена кривая (реограмма), которая может быть описана уравнением Штейгера,

$$\tau = a \dot{\gamma}^c, \quad \text{при } c > 0, \quad (9.4)$$

где  $a, c$  – эмпирические коэффициенты.

Уравнение (9.3) действительно также и при  $c < 0$ , при этом предельная начальная вязкость  $\eta_0 = 1/c$ .

На рис. 9.2, в и г приведены кривые течения псевдопластиков, отличающихся аномалией при малых (в) или высоких (г) скоростях сдвига.

Дисперсные системы при напряжениях, меньших предельного, ведут себя как твердые тела и упруго деформируются, при напряжении, превышающем предельное, становятся пластичными. Различают несколько видов пластического течения (рис. 9.3).

*Идеальнопластическое* – течение, начинающееся после достижения предельного напряжения, когда наблюдается пропорциональность между скоростью и напряжением сдвига. Для характеристик этого вида течения Бингам предложил уравнение (рис. 9.3, а)



(9.5)

где  $\tau_0$  – предельное напряжение сдвига, Па;  $\eta_{пл}$  – пластическая вязкость, Па·с.

Примером систем, довольно близко следующих уравнению Бингама, могут служить маргарин, шоколадные смеси, зубная паста, жидкие мыла и моющие средства, сырково-творожные и конфетные массы.

Рис. 9.3. Кривые течения пластических материалов:

*a* – тело по Бингаму; *b* – тело по Балкли-Гершелю; *в* – дилатантные материалы; *г* – тик-сотропные материалы; *д* – антитиксотропные материалы; *e* – реопексные материалы.

Кривые течения некоторых пищевых материалов описываются уравнением Балкли-Гершеля (рис. 9.3, *б*) (например, масса для конфет «Русский узор»),

$$n < 1. \quad (9.6)$$

Пластическое течение, при котором не наблюдается пропорциональной зависимости между скоростью сдвига и напряжением, называется неидеально-пластическим.

При достижении предела текучести структура разрушается не сразу, а постепенно, по мере увеличения градиента скорости.

Кассон предложил для подобного рода течения следующее уравнение:

$$, \quad (9.7)$$

где  $\tau_k$  – предельное напряжение по Кассону, Па;  $\eta_k$  – пластическая вязкость по Кассону, Па·с.

Уравнение (9.6) было применено при описании течения расплавленного шоколада, сливочного масла, вафельного теста и сгущенного молока.

*Дилатантное течение* характерно для веществ, у которых с увеличением скорости сдвига возрастает вязкость (рис. 9.3, *в*). Это течение

описывается уравнением (9.5) при  $n > 1$ . При очень высоких напряжениях вязкость может стать бесконечно большой, что приведет к разрушению вещества. Примером дилатантных материалов могут служить сгущенное молоко, полимерный клей для сигарет, некоторые растворы сахара, крахмала и т. п.

На рис. 9.3,  $z$ ,  $d$  и  $e$  приведены кривые течения соответственно тиксотропных, антитиксотропных и реопексных материалов.

Материал считается *тиксотропным*, когда вязкость его является функцией времени, причем предполагается, что структура после определенного времени покоя возвращается к первоначальному состоянию. Время тиксотропного разрушения, так же как и восстановления, для различных структур изменяется в очень широких пределах. Тиксотропия может быть определена по реограмме при получении кривой гистерезиса.

Материалы, состояние течения которых во времени является противоположным тому, какое дают тиксотропные системы, называют *антитиксотропными*.

Вещества, структура которых во времени упрочняется, обладают свойствами *реопексии*.

Высокомолекулярные системы разделяют на две группы: жидкообразные и твердообразные с постепенным переходом между ними (рис. 9.4).

Если истинновязкие жидкости характеризуются постоянным значением вязкости, то структурированные жидкости определяются зависимостью эффективной вязкости от действующего напряжения и двумя областями напряжений с постоянным значением вязкости: наибольшей предельной вязкостью  $\eta_0$  практически неразрушенной структуры и наименьшей вязкостью  $\eta_m$  предельно разрушенной структуры, где  $\eta_m$  остается постоянной. Твердообразность тела выражается тем резче, чем значительнее разность между  $\eta_0$  и  $\eta_m$ . Переходными между  $\eta_0$  и  $\eta_m$  являются значения эффективной

переменной вязкости, убывающей с ростом напряжения (или градиента скорости).

Рис.9.4. Зависимость скорости сдвига и вязкости от напряжения для жидкообразных (а) и твердообразных (б) систем.

Для практических расчетов при больших градиентах скорости могут быть введены величины: условный динамический предел текучести и наименьшая пластическая вязкость по Бингаму, если на кривой течения имеется достаточно широкий участок, практически линейный и соответствующий наиболее крутому наклону к оси абсцисс. Если вязкость, вычисленная для этого участка,

$$\eta_{\text{д}} = \frac{\tau - \tau_0}{\dot{\gamma}}, \quad (9.8)$$

окажется значительно меньше  $\eta_0$ , то кривая течения аппроксимируется прямой Бингама.

Для области несколько выше условного статического предела текучести при наличии линейного участка кривой течения может быть введена величина наибольшей пластической вязкости (по Шведову)

$$\eta_{\text{п}} = \frac{\tau - \tau_0}{\dot{\gamma}_0}, \quad (9.9)$$

Истиннопластические тела характеризуются наличием истинного предела текучести, совпадающего с пределом упругости, т.е. таким предельным напряжением сдвига, ниже которого экспериментально никакого течения не обнаруживается.

Для научного обоснования задач технологической обработки пищевых материалов большое значение имеет изучение процессов структурообразования систем. П. А. Ребиндер предложил разделить структуры на коагуляционные (тиксотропно-обратимые) и конденсационно-кристаллизационные (необратимо разрушающиеся).

*Коагуляционные структуры* возникают под действием связей и других нековалентных молекулярных сил сцепления коллоидных частиц, участвующих в интенсивном броуновском движении, и более крупных частиц, находящихся в суспензии. Кинетика тиксотропного восстановления структуры вызывается интенсивным броуновским движением, в результате которого частицы сцепляются друг с другом и более крупными конгломератами по коагуляционным участкам или по местам наибольшего сближения поверхностей.

*Конденсационно-кристаллизационные структуры* образуются в результате срастания мелких кристаллов, образующихся в растворах, в пространственные системы или развития химических ковалентных связей. Такие структуры весьма прочны и механически разрушаются необратимо.

Рис. 9.5. Кривые кинетики деформации.

Для определения упруго-пластично-вязких свойств дисперсных систем и растворов высокополимеров предложено экспериментальное определение семейства кривых деформации чистого сдвига  $\varepsilon$  – время  $t$ , полученных при  $\sigma = \text{const}$  (рис. 9.5). При испытаниях проводятся в области упругих обратимых деформаций (рис. 6.5, а), при  $t >$ , появляется остаточная деформация, которая после завершения упругого последствия приводит к установившемуся течению (рис. 9.5, б).

Наиболее важным реологическим показателем свойств материала является зависимость скорости деформации от напряжения. Для большинства пищевых масс эта зависимость имеет сложный характер. В этих случаях реологические свойства характеризуются кривой зависимости скорости деформации от напряжения, называемой *кривой течения*, или *реограммой*.

## 5. Объемная деформация пищевых масс

В тестоделителях для хлебопекарного теста, делительно-закаточных маши-нах для бараночных заготовок, макаронных прессах, прессах для отжима масла и соков, машинах для формования конфетных масс, грануляторах, машинах для таблетирования и т. п. обрабатываемые пищевые массы находятся в условиях всестороннего сжатия. При этом происходит их уплотнение сначала в результате удаления воздуха или жидкости, а затем переориентации и более плотной упаковки частиц массы в основном благодаря пластической деформации.

При машинной обработке и формовании пищевых масс всегда одновременно происходят деформации сдвига и сжатия. Изучение «поведения» масс при объемной деформации дает возможность увязать конструкцию и прочность рабочих органов и кинематику машин с физико-механическими свойствами перерабатываемых масс.

При изучении объемной деформации материала под давлением в условиях всестороннего сжатия обычно решаются следующие задачи: распределение давления в объеме массы, сжимаемость материала под давлением, зависимость плотности массы от давления, процессы релаксации напряжений и ползучести.

Исследование «поведения» макаронного теста в условиях всестороннего сжатия показало, что давление в тесте распространяется неодинаково: давление в осевом направлении превышает радиальное на 10÷15%. В интервале изменения влажности от 28 до 33% стабилизация процесса всестороннего сжатия наступает при давлении 3 МПа. При испытании хлебопекарного теста было установлено, что давление в тестовой массе при сжатии распределяется также неравномерно и зависит от длительности приложения силы на нагнетателе. Превышение давления прессования над заданным рабочим определяется размерами тестовой камеры технологической машины и физико-механическими свойствами теста.

При многократном нагружении хлебопекарного теста наибольшее увеличение плотности происходит после первого нагружения, при

дальнейших нагружениях изменение плотности незначительно. Основные изменения плотности наблюдались при давлениях до  $0,15 \div 0,2$  МПа. После пятикратного нагружения давлением  $0,25$  МПа плотность теста из муки I сорта влажностью  $46,4\%$  увеличилась на  $27,5\%$ , теста влажностью  $42,2\%$  – на  $21\%$ , теста для украинского хлеба – на  $18\%$ . После разгрузки системы (при сохранении полученной деформации) давление во времени медленно уменьшается.

Характерные кривые прессования для различных пищевых материалов (макаронного и бараночного теста, пралиновых конфетных масс, чая, кофе и т.п.) приведены на рис. 6.6. По кривым видно, что до образования сплошной однородной структуры с максимальным уплотнением массы вначале происходит резкое изменение плотности от давления, а затем наблюдается незначительное повышение плотности при резком увеличении давления.

Практически различают трудно- и легкоуплотняемые материалы. Трудно-уплотняемыми являются такие, которые после длительной зоны предвари-тельного уплотнения (без большой затраты энергии) незадолго до максималь-ного уплотнения могут воспринимать большие нагрузки без заметного уплотнения (рис. 9.6, *а*). Другие трудноуплотняемые материалы обладают большим упругим последствием (рис. 9.6, *б*). Диаграмма прессования легкоуплотняемых материалов (рис. 9.6, *в*) имеет короткую зону предуплотнения, нагрузка медленно возрастает на протяжении всего времени прессования.

От физико-механических свойств перерабатываемого материала, его дисперсности и температуры, объема конечного спрессованного продукта зависят: величина зоны предварительного уплотнения, упругость массы, работа, затрачиваемая на изменение формы, и скорость нагружения материала.

Рис. 9.6. Кривые прессования.

При определении зависимости плотности бараночного теста от давления было выяснено, что вначале происходит сжатие теста, имеющего большое количество газовых включений. При этом зависимость имеет криволинейный характер. После уплотнения теста при давлении выше 0,8 МПа эта зависимость принимает линейный характер. Так как в рабочих цилиндрах делительно-закаточных бараночных машин при формовании тестовых заготовок давление превышает 0,8 МПа, то для практических расчетов представляет интерес линейная зависимость.

Количество получаемой жидкой фазы при прессовании масличных материалов, плодов, ягод зависит от величины рабочего давления, характера связи жидкости с материалом, содержания жидкой фазы в исходном материале и остатке, температуры процесса, толщины прессуемого слоя и продолжительности процесса. Жидкая фаза в прессуемых продуктах находится в свободном и связанном состоянии. Свободная жидкость легко отделяется от сухого вещества материала. Для отделения осмотической и адсорбционно связанной влаги требуется затрата значительной энергии, что происходит, например, при сушке.

Перед отжатием пищевые материалы подвергаются механической, термической, электрофизической обработке. Механическая обработка заключается в измельчении материала с целью разрушения клеточных оболочек, препятствующих выходу жидкости из клеток. При тепловой и электрофизической обработке происходят более сложные процессы, но цель та же: подготовить сырье к наиболее полной отдаче жидкой фазы при прессовании.

Физическая сущность отжатая жидкой фазы при прессовании заключается в следующем. В начальный период прессования материала его частицы сближаются и жидкость, находящаяся на поверхности частиц, движется по каналам между частицами, а затем жидкость перемещается в слое пористого материала по капиллярам переменного сечения и направления, т. е. осуществляется фильтрация жидкой фазы в слое.

Как было указано выше, отжатие массы материала при прессовании связано с фильтрацией, при которой отжимаемая жидкость должна проходить по сложной системе капилляров с переменным сечением. Следовательно, при прессовании происходит фильтрация, которую в общем виде можно описать законом Пуазейля

$$(9.10)$$

где  $V$  – объем жидкости, проходящей через канал за время  $\tau$ , м<sup>3</sup>;  $p$  – потеря напора в капилляре, Па;  $r$  – радиус капилляра, м;  $\eta$  – динамическая вязкость жидкости, Па·с;  $l$  – длина капилляра, м.

*Прессование* – более сложный процесс, чем процесс фильтрации жидкости по капиллярам. Однако анализ уравнения Пуазейля позволяет сделать некоторые практические выводы. Из этого уравнения следует, что при прессовании нерационально увеличивать толщину слоя и целесообразно повысить температура массы. Более полному отжатию жидкости способствуют увеличение давления и уменьшение вязкости жидкости. Но, с другой стороны, увеличение давления уменьшает сечение капилляров, а следовательно, и производительность прессов. Поэтому оптимальное рабочее давление при прессовании устанавливается опытным путем с учетом свойств материала, количества и качества получаемой жидкой фазы.

Изменение объема теста зависит от сжимаемости газовых пузырьков и деформации структурной сетки, более компактной «упаковки» твердой дисперсной фазы в дисперсионной среде.

Существенное влияние на условия объемной деформации и течения пищевых масс при их прессовании, формовании и транспортировании по трубам оказывают релаксация давления и ползучесть материала. В пищевой промышленности эти явления изучены для хлебного, макаронного и бараночного теста, различных конфетных масс, байхового чая и некоторых других продуктов.

Особый интерес релаксация представляет для циклических процессов формования (отсадка конфет, печенья, кремов), так как период релаксации



несколько больше разности между временем кинематического цикла и временем выдавливания массы в реальных отсадочных машинах. Это приводит к тому, что внутренние напряжения не успевают рассасываться в период между отсадками и масса, сохраняя упругое последствие, после остановки нагнетательных органов продолжает выпрессовываться через отверстия матрицы, что препятствует образованию корпусов изделий заданной формы. При перекрывании отверстия в момент остановки нагнетателя остаточные напряжения в массе способствуют ее уплотнению и синерезису. Следовательно, при отсадке (особенно сбивных масс) необходимо принудительное снятие напряжений в массе в период между двумя отсадками.

Испытания различных вязко-пластических и псевдопластических пищевых масс (конфетных, макаронного (хлебного и бараночного теста и т. п.) показали, что с повышением давления все реологические характеристики возрастают. Например, при увеличении давления от 0 до 49 кПа на пралино-вые конфетные массы вязкость увеличивается в  $1,5 \div 2,5$  раза, а предельное напряжение сдвига – в 2-3 раза. При повышении давления происходит уплотнение массы, причем график прессования пищевых материалов имеет нелинейный вид, что обуславливает и непостоянство влияния на структурно-механические свойства.

Опыты с бараночным тестом позволили установить, что с повышением избыточного давления от 0 до 2,45 МПа вязкость увеличивается в  $1,2 \div 1,4$  раза, а предельное напряжение сдвига – примерно в 3 раза. Для макаронного теста при изменении давления от 3,5 до 9 МПа наблюдается увеличение вязкости примерно в  $1,5 \div 1,8$  раза и предельного напряжения сдвига в  $1,4 \div 1,5$  раза. Подводя итог влиянию давления на реологические свойства пищевых материалов, следует отметить, что давление влияет на качество готовой продукции. Поэтому при расчете того или иного процесса нужно стремиться к тому, чтобы обработка пищевых материалов производилась при оптимальном давлении.

## **Лекция № 10**

### **Тема: ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ**

#### **План**

1. Пищевые продукты как объекты термической обработки
2. Теплофизические характеристики пищевых продуктов
3. Термодинамические и массообменные характеристики пищевых продуктов
4. Терморadiационные и диэлектрические характеристики пищевых продуктов
5. Принципы обоснования оптимального режима термической обработки пищевых продуктов

#### **1. Пищевые продукты как объекты термической обработки**

В технологических процессах пищевых производств важную роль играют явления тепло- и массопереноса. В большинстве случаев это сложные нестационарные (параметры изменяются во времени) и необратимые (стремящиеся к равновесию) процессы, в результате которых изменяются свойства, структура и качество сырья и полуфабрикатов.

Сырье, материалы и продукты пищевой промышленности представляют собой гетерогенные системы – твердые тела разнообразной структуры (дисперсные системы) и жидкости (растворы различной концентрации), в которых могут находиться и газовые включения. Теплофизические характеристики таких объектов, зависящие от химического состава и в первую очередь от влажности, могут значительно изменяться в процессах

обработки, поэтому их значения необходимо увязывать с параметрами состояния (температура, давление).

К теплофизическим характеристикам относят *удельную теплоемкость*  $c$  [в Дж/(кг·К)], *коэффициент теплопроводности*  $\lambda$  [в Вт/(м·К)] и *коэффициент температуропроводности*  $a$  (в м<sup>2</sup>/с). В последнее время от теплофизических характеристик переходят к более широкому понятию теплофизических свойств веществ, к которым наряду с указанными характеристиками относят также количество теплоты, выделяющееся или потребляемое при физико-химических процессах, а также функции состояния (внутреннюю энергию, энтальпию и др.).

Следует учесть, что в зависимости от способа и скорости нагрева (охлаждения) могут по-разному изменяться структура и свойства объекта, а для влажных коллоидных капиллярно-пористых материалов большое значение имеет взаимовлияние процессов переноса теплоты (энергии) и влаги (массы), особенно при наличии фазовых превращений (испарение, сублимация, конденсация). Поэтому определение теплофизических характеристик и оценку теплофизических свойств пищевых продуктов следует увязывать с другими свойствами и характеристиками, а также со способами их обработки в различных технологических процессах (гигротермическое воздействие, выпарка, сушка, выпечка, обжарка и др.).

К этим характеристикам следует отнести в первую очередь термодинамические и массообменные характеристики: потенциал переноса массы (химический потенциал  $\psi$  (в Дж/моль или Дж/кг) и единый потенциал массопереноса  $\theta_m$  (в единицах потенциала или массообменных градусах, °М), удельную массоемкость  $c_m$  [в кг/(кг. ед. потенциала)], энергию связи влаги с материалом  $L$  (в Дж/кг); коэффициент массо-влажнопроводности  $\lambda_m$  [в кг/(м·ч·ед. потенциала)], коэффициент диффузии вещества (влаги)  $a_m$  (в м<sup>2</sup>/с или м<sup>2</sup>/ч).

В последнее время стали применяться методы интенсивного энергоподвода и, в частности, прогрев в электромагнитном поле

(инфракрасными лучами и в поле высокой и сверхвысокой частоты). В этих условиях важное значение имеют терморadiационные (оптические) и диэлектрические характеристики пищевых продуктов (спектральные и интегральные поглотительная  $A$ , отражательная  $R$  и пропускательная  $D$  способность (в % или долях единицы); диэлектрическая проницаемость  $\varepsilon'$  (действительная), угол диэлек-трических потерь  $\delta$  и произведение  $\varepsilon' \operatorname{tg} \delta = \varepsilon''$  – мнимая составляющая диэлектрической проницаемости, или коэффициент диэлектрических потерь.

## 2. Теплофизические характеристики пищевых продуктов

**Теплоемкость.** *Теплоемкость*, количество теплоты, затрачиваемое для изменения температуры на  $1^\circ\text{C}$ . *Удельной теплоёмкостью* называется теплоёмкость, отнесённая к единичному количеству вещества. Удельная теплоемкость материала  $c_m$  [в Дж/(кг·К)] обычно рассчитывается как средневзвешенная величина между теплоемкостью сухого вещества материала  $c_{с.в}$  и тепло емкостью воды  $c_в$ , которая принимается равной  $4,19$  кДж/(кг·К),

(10.11)

где  $W$  – влажность материала, %.

Теплоемкость сухого вещества различных пищевых продуктов составляет  $1257 \div 1676$  Дж/(кг·К).

Формулу (6.11) можно представить в следующем виде:

$$c_m = c_{с.в} + (c_в - c_{с.в}) W/100. \quad (10.12)$$

Если теплоемкость влажного материала отнести к килограмму сухого вещества, то получим приведенную теплоемкость [в Дж/(кг с.в.·К)]

, (10.13)

где  $u$  – влагосодержание продукта, кг вл /кг с. в.

Согласно формулам (10.12) и (10.13), обычно применяемым в расчетах сушильных установок, зависимость между теплоемкостью материала и его влажностью имеет линейный характер. Специальные экспериментальные исследования показали, что для многих материалов и продуктов функция  $c_m=f(W)$  не является монотонной, и график ее имеет переломные точки. На рис. 6.7 показаны зависимости теплоемкости зерна пшеницы от его влажности, эти зависимости получены по данным разных авторов и по формуле смешения (6.11), при этом принято, что  $c_{с в} = 1548,8$  Дж/(кг·К).

Рис. 10.7. Зависимость удельной теплоемкости зерна пшеницы от его влажности:

1 – по данным В. С. Уколова и А. С. Гинзбурга; 2 – по данным ВНИИЗа; 3 – по формуле смешения; 4 – по данным Диснея; 5 – по данным Г. А. Егорова и Я. Н. Куприца.

Различный характер графиков, по данным многих авторов, обусловлен, по-видимому, разными сортами пшеницы, а также различными условиями подготовки зерна и проведения опытов. На всех графиках имеются переломные точки, однако в определенных пределах влажности зерна числовые значения величин, входящих в формулу для расчета  $c_m$ , получаются различными. Так, данные МТИППа:

-в пределах влажности  $W = 0 \div 13,8\%$   $c_m = (0,352 + 0,00134W) 4190$ ;

-в пределах влажности  $W = 13,8 \div 23,1\%$   $c_m = (0,308 + 0,0056W) 4190$ .

В общем виде расчетная формула имеет такой вид:

$$c_m = c_0 + N \cdot W, \quad (10.14)$$

где  $c_0$  – отрезок, отсекаемый на оси ординат;  $N$  – тангенс угла наклона прямой на участке, соответствующем определенным пределам влажности.

В частном случае, когда линия 2 (см. рис. 10.7) не имеет переломных точек, расчетная формула превращается в формулу смешения (10.12), имеющую вид аддитивного уравнения, в котором:

$$c_o = c_{c.B} ; N = (c_B - c_{c.B})/100,$$

т. е.

$$c_m \approx 1550 + 26,4W \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}).$$

В опытах Уколова, как и по данным Диснея, зависимость  $c$  от влажности зерна имеет линейный характер, однако в разных диапазонах влажности прямые линии описываются разными уравнениями. Так, если при влажности до 11% можно рассчитывать  $c$  по формуле смешения:  $c = 1386 + 28W \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ , то при влажности, превышающей 11%, уравнение прямой имеет другой вид.

Причина этого явления до сих пор не выяснена. Возможно, что при  $W > 11\%$  (для этого сорта зерен) в процессе увлажнения или сушки происходили явления, связанные с выделением или поглощением теплоты.

Появление переломных точек на графиках  $c_m = f(W)$  можно объяснить двумя причинами:

- 1) физико-химическими изменениями сухого вещества материала в различных интервалах влажности;
- 2) влиянием таких факторов, как пористость материала, наличие воздуха в твердом скелете, соотношение между водой, находящейся в жидком состоянии, и паром и др.

Однако следует отметить, что влияние этих факторов на теплоемкость материала вряд ли может быть значительным. Существенное влияние они оказывают на теплопроводность влажного материала. Большое влияние на теплоемкость могут иметь внутренние процессы, происходящие при увлажнении или сушке материала.

Таким образом, для таких сложных систем, как пищевые продукты, определение теплоемкости влажного материала по формуле смешения является приближенным, и для точных расчетов необходимо проведение

специальных экспериментов в широких диапазонах влажности. При отсутствии точных экспериментальных данных для технических расчетов можно пользоваться формулой смешения (10.14), принимая приближенные значения  $c_{с.в}$  приведенные в табл. 10.5.

Таблица 10.5.

Удельная теплоемкость сухого вещества некоторых пищевых продуктов при температуре около 20°C.

Продукт	$c_{с.в}$ , кДж/ (кг·К)	Авторы
Зерно пшеницы	1,55÷1,46	Гофман, Г. А. Егоров, Я. Н. Куприц
Тесто макаронное, мука	1,66	В. В. Лукьянов
Хлеб, мука	1,55÷1,67	Винклер и Геддес, Л. Я. Ауэрман
Сахар-песок	1,04÷1,17	Г. М. Знаменский, В. В. Янковский
Крахмал пшеничный	1,84	Винклер и Геддес
Крахмал картофельный	1,08÷1,21	С. М. Скуратов
Солод ячменный	1,21	Г. И. Красовская
Соль поваренная	0,84	А. С. Зелепуга
Лимонная кислота	1,88	В. А. Шейман
Картофель	1,42	М. А. Громов
Морковь	1,30	М. А. Громов
Свекла	1,46	М. А. Громов
Томаты	1,36	М. А. Громов
Сухое молоко	2,09	Т. А. Боушев

С повышением температуры теплоемкость пищевых продуктов обычно увеличивается. Для иллюстрации приводим формулы для расчета удельной теплоемкости сухого вещества соответственно сахара и картофельного крахмала [в Дж/(кг·К)] в зависимости от температуры:

$$c_{с.в} = 1160 + 3,56 t; \quad (10.15)$$

$$c_{с.в} = 1101 + 3,14 t. \quad (10.16)$$

**Коэффициент теплопроводности.** *Теплопроводность* – это процесс переноса внутренней энергии от более нагретых частей тела (или тел) к менее нагретым частям (или телам), осуществляемый хаотически движущимися частицами тела (атомами, молекулами, электронами и т. п.). Такой теплообмен может происходить в любых телах с неоднородным распределением температур, но механизм переноса теплоты будет зависеть от агрегатного состояния вещества.

Теплопроводностью называется также количественная характеристика способности тела проводить тепло. В сравнении тепловых цепей с электрическими это аналог проводимости.

Способность вещества проводить тепло характеризуется *коэффициентом теплопроводности (удельной теплопроводностью)*. Численно эта характеристика равна количеству теплоты, проходящей через материал толщиной 1 м, площадью 1 м<sup>2</sup>, за единицу времени (секунду) при единичном температурном градиенте.

Перенос тепла во влажных материалах существенно отличается от передачи тепла в сухих материалах:

- 1) влага оказывает влияние на теплопроводность порообразующего твердого скелета тела, в порах которого она находится;
- 2) перенос тепла тесно связан с непосредственным переносом влаги внутри материала.

Тепло может передаваться также конвекцией через поры, в которых находится газ и жидкость, и излучением между стенками пор. Поэтому различают истинный и эквивалентный коэффициенты теплопроводности.

Истинный коэффициент теплопроводности  $\lambda$  [в Вт/(м·К)] является коэффициентом пропорциональности в известном уравнении Фурье



(10.17)

где  $q$  – плотность потока тепла в твердом изотропном теле, Вт/м<sup>2</sup>; – градиент температуры, К/м.

Эквивалентный, или эффективный, коэффициент теплопроводности  $\lambda_{\text{экв}}$  характеризует способность влажного материала проводить тепло всеми указанными выше способами

(10.18)

где  $\lambda_{\text{тв}}$  – коэффициент теплопроводности твердого скелета материала;  $\lambda_{\text{конд}}$  – коэффициент кондукции (теплопроводности) жидкости и паровоздушной смеси, находящихся в стационарном состоянии в порах материала;  $\lambda_{\text{конв}}$  – коэффициент, характеризующий перенос тепла за счет конвекции воздуха внутри материала;  $\lambda_{\text{л}}$  – коэффициент, характеризующий перенос тепла за счет переноса массы воды внутри материала (в виде жидкости и в виде пара);  $\lambda_{\text{л}}$  – коэффициент лучистого теплообмена.

С учетом выражения (6.18)

(10.19)

Влияние влажности материала  $W$  на  $\lambda_{\text{экв}}$  обусловлено степенью, дисперсности материала (крупно-, средне и мелкодисперсные). В пределах малой влажности материала с увеличением влажности материала ( $W$ ) величина  $\lambda_{\text{экв}}$  линейно растет, причем скорость возрастания его тем больше, чем крупнее размер зерен. При большой влажности материала рост  $\lambda_{\text{экв}}$  постепенно приостанавливается (для крупнозернистых), или остается линейным (для среднедисперсных материалов), или темп его резко возрастает (для мелко-зернистых материалов).

Естественно, что на величину  $\lambda_{\text{экв}}$  влияют формы связи влаги с материалом. Принимается, что вначале (при малой влажности материала) влага заполняет мелкие поры между зернами, после их насыщения влага переходит в воздушные поры и сосредоточивается в основном в местах стыка зерен. Таким образом, при малой влажности система в основном

состоит из воздушных пор и твердого скелета, при большой влажности влага заполняет все межзерновые поры и полностью насыщает их.

При термической обработке влажных пищевых продуктов, когда внутри материала создаются значительные градиенты температуры и влажности, определенную роль играет перенос тепла потоком массы. Такое явление наблюдается, например, при сушке инфракрасными лучами и в процессе выпечки, когда температура поверхностных слоев образца растет значительно быстрее температуры его центральных слоев. В начале процесса за счет температурного градиента влага начинает перемещаться по направлению теплового потока, т. е. внутрь образца, в связи с этим несколько интенсифицируется прогрев центральных слоев. При сушке указанное явление несколько замедляет удаление влаги из материала. При охлаждении нагретого материала температурный градиент меняет свой знак, что способствует перемещению влаги в обратном направлении, т. е. изнутри материала к его поверхности.

Проведенные в МТИПП исследования дают основание полагать, что при значительной влажности материала внутренний перенос массы, обусловленный градиентом температуры, происходит в основном в виде жидкости.

При малой влажности материала возможен перенос влаги в виде пара, который осуществляется путем испарения жидкости с одной стороны поры и конденсации пара на другой стороне поры, имеющей более низкую температуру.

*Диффузия пара* – процесс медленный, поэтому большее значение может иметь молярный перенос пара внутри поры.

Практически разность температур на стенках пор бывает незначительной ( $\Delta\theta \rightarrow 0$ ); в этом случае, как указывает А. В. Лыков, движение влаги в процессе испарения и конденсации пара равносильно перемещению жидкости. Очевидно, нельзя рассматривать процесс переноса в отдельной поре без учета реальной структуры пористого материала. В таком материале при конденсации пара на стенке одной поры на близлежащей стенке соседней поры должно

произошло испарение сконденсированной влаги, поэтому приход тепла в результате конденсации пара и расход тепла на испарение будут взаимно погашаться. Более того, так как с понижением температуры теплота парообразования будет увеличиваться, то по направлению движения теплового потока (от поверхности внутрь материала) затрата тепла на испарение может превысить приход тепла за счет конденсации.

Учитывая изложенное, можно сделать вывод, что известное влияние на перенос тепла внутри влажных материалов имеет перемещение влаги в виде жидкости.

Исследования, проведенные А. С. Гинзбургом и В. О. Фогелем, показывают, что за счет массопереноса в процессе выпечки (когда величина в материале значительна) коэффициент теплопроводности увеличивается на 14÷17%.

Между удельной теплоемкостью и влажностью теста существует линейная зависимость

$$c = (0,4 + 0,0061W) \cdot 4,19, \quad (10.20)$$

где  $c$  – удельная теплоемкость теста, кДж/(кг·К);  $W$  – влажность теста, % к общей массе.

Коэффициент теплопроводности рассчитывается по известному выражению

**Коэффициент температуропроводности.** *Температуропроводность* (коэффициент температуропроводности) – физическая величина, характеризующая скорость изменения (выравнивания) температуры вещества в неравновесных тепловых процессах. Численно равна отношению теплопроводности к объёмной теплоёмкости при постоянном давлении.

Как известно, коэффициент температуропроводности  $a$  является важной характеристикой материала, определяющей его теплоинерционные свойства; чем выше  $a$ , тем быстрее происходит нагревание или охлаждение

материала, т. е. коэффициент  $a$  необходимо учитывать при исследовании и расчете нестационарных процессов – нагревания, охлаждения, сушки, увлажнения и т. п.

(10.21)

где  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности материала, Вт/(м·К);  $\lambda$  – плотность (или объемная масса), кг/м<sup>3</sup>;  $c$  – удельная теплоемкость, Дж/(кг·К).

Произведение  $\rho \cdot c$  есть теплоемкость единицы объема материала. Она характеризует теплоаккумулирующую способность: чем больше  $\rho \cdot c$ , тем при том же значении  $K$  коэффициент  $a$  будет меньше, т. е. материал, обладающий большой теплоаккумулирующей способностью, будет медленно нагреваться, но так же медленно он будет и охлаждаться.

Зависимость  $a$  от влажности материала как комплексного коэффициента определяется зависимостью входящих в него характеристик, главным образом  $c$  и  $\rho$  от влажности.

### **Принципы обоснования оптимального режима термической обработки пищевых продуктов**

Оптимальный режим должен обеспечить высокое качество продукта при высокой интенсивности процесса и высоких технико-экономических показателях, из которых выбирается критерий оптимизации.

Как было указано выше, большинство процессов термической обработки являются типичными нестационарными и необратимыми процессами, для которых применимы принципы термодинамики необратимых процессов и в первую очередь принцип линейности

(10.22)

где  $i$  – плотность потока (энергии, теплоты, массы);  $L$  – кинетический коэффициент, характеризующий свойства объекта обработки – проводимость потока;  $X$  – движущая сила процесса.

Если в повышении движущих сил процесса имеются определенные технологические пределы (максимально допустимые градиенты температуры, влагосодержания, давления и т. д.), то в увеличении кинетических коэффициентов (к которым относятся приведенные выше теплофизические и массообменные характеристики) имеются значительные резервы.

Перспективно также применение и изыскание новых движущих сил процесса, например воздействие внешних физических и энергетических полей (акустического, магнитного, электромагнитного и др.).

А. С. Гинзбургом отмечена важная роль начального состояния материала и начального импульса внешнего воздействия, от которого зависят реакция влажного материала и развитие соответствующих внутренних полей, обуславливающих интенсивность процесса. Такая закономерность характерна для процесса выпечки, сушки, обжарки и других, как типичных необратимых процессов, стремящихся к равновесию. В соответствии с универсальным физическим принципом Ле-Шателье – Брауна, чем сильнее внешнее воздействие на объект обработки в начальный момент, тем интенсивнее протекают внутренние процессы, стремящиеся вернуть систему в состояние равновесия. В недавней работе Милицера и др. (Технический университет, Дрезден) показано, что теория «начального импульса» применима ко многим процессам массообмена (экстракция, адсорбция, десорбция).

В связи со значительной термолабильностью и влагоинерционностью важно подготовить влажный материал к восприятию воздействия начального импульса, поэтому существенное значение приобретают различные технологические методы предварительной подготовки материала (диспергирование, виброобработка, предварительный нагрев,

пенообразование, воздействие ПАВ и др.), а также совмещение термической обработки и сушки с другими технологическими операциями.

## **ЛЕКЦИЯ 11.**

### **ТЕМА: ТАРА И УПАКОВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

#### **План**

1. Транспортная тара
2. Пластиковая тара для пищевых продуктов. Тара в законе
3. Использование пластиковой тары для пищевых продуктов
4. Упаковка для пищевых продуктов
5. Упаковка продуктов растительного происхождения
6. Упаковка продуктов детского питания

#### **Транспортная тара**

**Транспортная тара** - это тара, образующая самостоятельную транспортную единицу; тара, в которой материал и продукция транспортируются и хранятся в процессе перемещения от производителя к потребителю.

Транспортная тара является элементом упаковки продукции, как правило, расфасованной в потребительскую тару или вспомогательные упаковочные средства и материалы.

Транспортная тара предназначена для защиты изделий и внутренней упаковки от воздействия внешних факторов и для обеспечения удобства перегрузочных работ, транспортирования, складирования, крепления к транспортным средствам. К транспортной таре относятся ящики, бочки, канистры, фляги, мешки и др.

На груз в процессе транспортирования и хранения влияют 3 основные группы внешних воздействий:

- механические воздействия - удары, толчки, вибрация, статические нагрузки и трение;
- климатические - влияние атмосферных осадков, влажного воздуха, переменной температуры, солнечной радиации;
- биологические - влияние жизнедеятельности микроорганизмов, насекомых и грызунов.

С учетом этих факторов выбирают соответствующую транспортную тару.

Основные виды транспортной тары, употребляемой в пищевой промышленности:

- ящики;
- барабаны;
- бочки;
- фляги;
- мешки;
- бутылки для пищевых жидкостей из стекла;
- банки для горчицы и хрена;
- банки в форме бочонка для расфасовки меда;
- поддоны.

***Различные виды тары для транспортировки пищевых продуктов, представленные на рынке.***

Как известно, упаковка должна не только сохранять товар, но и продавать его. Сегодня это касается и транспортной тары. Во многих супермаркетах товар выставляют прямо в коробках. Транспортная тара и пластиковая тара для пищевых продуктов несет имиджевую и рекламную нагрузку, участвует в создании бренда.

**Пластиковая тара для пищевых продуктов. Тара в законе**

Выбирая тот или иной вид транспортной упаковки, нужно учитывать ее эксплуатационные характеристики, экономическую целесообразность и на действующее законодательство в этой области.

Были приняты «Правила перевозки скоропортящихся грузов на железнодорожном транспорте». В них в частности установлен перечень видов транспортной тары, которые могут быть использованы при железнодорожной перевозке: «Пищевые продукты перевозятся в следующих видах транспортной тары: деревянных, дощатых, картонных и полимерных ящиках, ящиках-лотках, бочках, мешках, сетках, бидонах, флягах, специализированных стоечных поддонах. Указанная тара должна быть исправной, чистой, без следов течи».

В стране действуют «Санитарно-эпидемиологические правила по организации общественного питания, санитарно-эпидемиологическим требованиям к организациям общественного питания, изготовлению и оборото- способности в них пищевых продуктов и продовольственного сырья». Установлены требования к транспортировке, приему и хранению сырья, пищевых продуктов. Требования эти, в частности, таковы: «Кулинарные и кондитерские изделия перевозятся в специально предназначенном для этих целей транспорте в промаркированной и чистой таре... Транспортная тара маркируется в соответствии с нормативной и технической документацией, соответствующей каждому виду продукции... Поступающие в организации продовольственное сырье и пищевые продукты должны соответствовать требованиям нормативной и технической документации и сопровождаться документами, подтверждающими их качество и безопасность, и находиться в исправной, чистой таре».

Картон. Несмотря на значительные изменения, происходящие на рынке упаковки, картон по-прежнему остается главным упаковочным материалом. В сегменте транспортной тары преобладание картона особенно заметно. По данным Abercade Consulting 76–78 % транспортной упаковки составляют ящики. Сейчас в России выпускается около 1 млрд м<sup>2</sup>



гофроящиков в год, и производство их растет в среднем на 10 % в год. Как правило, для производства транспортной тары используется пяти- или семислойный гофрокартон. По-английски семислойный картон — triple-wall («тройная стенка»). Английская фирма David-S.Smith, один из крупнейших производителей в Европе, назвала свой семислойный гофрокартон Tri-Wall, а австрийская компания DuroPak производит семислойный гофрокартон под торговой маркой Tri-Star. У фирмы Kaisersberg есть даже девятислойный материал, который называется Qudriwall. Технология изготовления семислойного гофрокартона неоригинальна: гофроагрегат удлиняется еще на один узел изготовления двухслойного гофрокартона, который затем приклеивается к пятислойному. Толщина семислойного материала может превышать 1,5 см. Толщина, вес и технические характеристики плоских и гофрированных слоев влияют на вес и прочность гофрокартона. Обычно 1 м<sup>2</sup> весит более 1 кг. Чтобы при сгибах толстостенного гофрокартона уменьшить нагрузку растяжения на верхние слои, были придуманы короба без прямых углов — многогранники, выдерживающие большие механические нагрузки. Как правило, они используются для перевозки гранулированных химических продуктов, но иногда и в пищевой промышленности (в частности, для перевозки овощей и фруктов).

Гофроящики, используемые для транспортировки замороженных продуктов, должны отличаться механической прочностью и влагонепроницаемостью. Мясо и полуфабрикаты нужно упаковывать с применением гибкой полиэтиленовой пленки, поливинилиденхлоридной пленки «Повиден», полиэтиленцеллофановой пленки, полиамид-полиэтиленовой пленки и картонной упаковки, позволяющей надежно защитить продукцию от внешних воздействий, при полностью автоматизированном процессе упаковывания.

С точки зрения транспортировки, картонная тара имеет следующие достоинства:

1. Картон достаточно легкий. Например, ящик из гофрокартона в три-четыре

раза легче ящика из пластмассы той же емкости и примерно в три раза легче деревянного. Соответственно, при транспортировке товара экономится горючее.

2. Картон многофункционален: его можно использовать для упаковки различных товаров.

3. Производство картона требует относительно малого расхода электроэнергии и других ресурсов и более экологично, чем производство пластика.

4. Отслужившая упаковка из картона может использоваться в качестве сырья для самых разных целей (в частности, для изготовления макулатурного картона).

5. Картон компактен: коробка доставляется покупателю в сложенном виде и собирается на месте.

6. На картон может быть легко нанесено различными способами (офсет, флексо, шелкография) полноцветное изображение.

Конечно, популярность картона связана и с тем, что на многих отечественных предприятиях сохранились технологические цепочки советских времен.

Главные недостатки картона — высокая газо- и влагопроницаемость большинства его видов, негибкость и плохая устойчивость к механическим воздействиям. Качество отечественного картона также нередко оставляет желать лучшего. Но эти недостатки в большинстве случаев можно устранить, используя, например, ламинированный картон с улучшенными барьерными свойствами. Поэтому в ближайшее время картон будет по-прежнему широко применяться в качестве транспортной тары для пищевых продуктов, тем более что сегодня они, как правило, упаковываются и в индивидуальную тару, защищающую товар от воздействий внешней среды. Подтверждением этого является постоянный рост спроса на тарный картон, составляющий 10–15 % в год.

Бумага и пластик. Оставшуюся часть рынка транспортной упаковки для пищевых продуктов делят бумажные мешки и упаковка из пластика — канистры, ящики, цистерны и т. д. (деревянные ящики мы в расчет не берем, т. к. их доля на рынке не превышает 0,5 %.)

**Пластиковая тара для пищевых продуктов** представлена многими вариантами. Это крупногабаритная пластмассовая тара (ящики из полиэтилена низкого давления вместимостью 25, 30 и 55 л и контейнеры из ударопрочного полистирола), толстостенные канистры (емкостью 5, 10 и более литров), пластиковые мешки.

**Преимущества полимерной упаковки:**

- 1) малый вес (обычно не более 1,1 г/см<sup>3</sup>);
- 2) низкая стоимость, низкий расход электроэнергии при производстве;
- 3) возможность создавать упаковку практически любой конфигурации и типоразмера;
- 4) возможность многократного использования материала тары после переработки;
- 5) возможность объединить технологические процессы консервирования и производства тары на одном предприятии;
- 6) относительная стойкость к химическому воздействию;
- 7) создание упаковки с заданными свойствами;
- 8) возможность экспериментировать с цветом и дизайном пластика.

*К недостаткам пластиковой тары для пищевых продуктов относятся растяжимость (пластик часто рвется, неудобен при упаковке тяжелых товаров), ограничения в использовании для упаковки некоторых продуктов и относительно сложная технология производства.* Конечно, пластик вызывает нарекания со стороны экологов — как в плане производства, так и в плане утилизации. Впрочем, сегодня эта проблема уже представляется решаемой: идут исследования по созданию биоразлагаемых полимеров. Суть технологии — введение в полимерную матрицу различных модификаторов, как правило, растительного происхождения (чаще всего — крахмала).

В использовании бумажных мешков тоже есть свои положительные и отрицательные стороны. Главный плюс — дешевизна. Главный минус — мешок не защищает продукцию от деформаций. У мешков невзрачный внешний вид — не смотрятся в мешках ни пряники, ни консервы, ни другие продукты. Отметим, что бумажные мешки обычно предназначены для разовых поставок.

Транспортная упаковка из гофрокартона находит применение практически во всех отраслях пищевой промышленности. Достаточно широко используется комбинированная тара для групповой упаковки стеклянных и пластиковых бутылок, состоящей из картонного поддона и термоусадочной пленки. Такая упаковка обладает влагостойкостью (чего нельзя сказать об упаковке из гофрокартона) и предохраняет бутылки от ударов друг о друга. Перспективным является использование гофрокартона в сочетании с различными полимерными материалами или фольгой (ламинированного картона). Такая комбинация позволяет существенно улучшить барьерные свойства гофрокартона. Становится возможной упаковка в него масло- или влагосодержащих продуктов, увеличение сроков их хранения.

### **Использование пластиковой тары для пищевых продуктов**

Пластиковую тару следует использовать в случаях, когда требуется хорошая устойчивость тары к воздействиям внешней среды, а также при перевозке продуктов в хрупких (стеклянных) потребительских упаковках. Жесткая транспортная полимерная тара обладает высокой прочностью и хорошим сопротивлением динамическим нагрузкам, не требует систематического ремонта, отличается длительным сроком эксплуатации, надежно сохраняет продукцию от внешних воздействий, имеет хороший внешний вид. Пластиковая тара предлагает разнообразие форм и конструкций и позволяет наиболее рационально упаковывать продукцию. Благодаря своей жесткости пластиковая тара может легко штабелироваться в

несколько ярусов, занимая при складировании минимальные площади, без применения дополнительных устройств.

Ящичные поддоны, картонные и пластиковые часто играют роль торгового оборудования и заменяют стеллажи, прилавки, торговые полки. Это позволяет исключить очень трудоемкое звено в цепи товародвижения — отбор товаров на складе по заказам розничных магазинов; эта работа перекладывается в данном случае на самих покупателей. Устраняется также и целый ряд других операций: выкладка товаров на полки стеллажей и прилавков, проставление на них цен, что приводит к ускорению доставки товаров, снижению издержек обращения, уменьшению потерь от порчи товаров и, в конечном счете, к увеличению прибыли в торговле. Мешки широко применяются для перевозки и хранения различных сыпучих продуктов — сахара, муки, картофеля и т. д.

Мягкие контейнеры используются для транспортирования и временного хранения сыпучих, гранулированных, штучных и жидких продуктов. Они заменяют фанерные барабаны, бочки, мешки и подходят для транспортировки на железнодорожных платформах или водным путем. Их применение снижает трудоемкость операций по упаковыванию и позволяет обеспечить механизацию погрузочно-разгрузочных работ. Еще одним достоинством мягкой транспортной тары из полимерных материалов является то, что она легко складывается и занимает немного места при возвратных перевозках.

Перспективы рынка. Подтверждением выгодности бизнеса по производству транспортной упаковки является тот факт, что многие производители картона переориентировали свои мощности на выпуск тарного картона, как наиболее востребованного рынком и наиболее рентабельного вида продукции. Сейчас основная масса картона производится из первичного сырья, но доля макулатурного сырья постепенно увеличивается. (Сейчас на макулатурный картон приходится до 16 % внутреннего потребления тарного картона.) В ближайшем будущем будет

увеличиваться использование комбинированных материалов, (например, ламинированного картона) и более качественных (мелованных) сортов картона.

Картон и пластиковая тара пока не являются непосредственными конкурентами на рынке транспортной упаковки. Пластик по-прежнему используется главным образом для упаковки потребительской. Применение пластиковых ящиков, бочек и т. д. будет увеличиваться, но довольно медленными темпами. В дальнейшем, с увеличением доли биоразлагаемых полимеров в общем объеме производства пластиков, сокращением вырубки лесов, развитием промышленных технологии доля пластика неизбежно будет увеличиваться. Впрочем, из-за постоянного дефицита упаковочных материалов производителям картона еще долго придется расширять объемы производства.

#### Упаковка для пищевых продуктов

Сегодня невозможно представить, что всего лишь 20-25 лет назад мы не знали, что такое красиво упакованный товары тем более пищевая пленка. Теперь, посещая продуктовые магазины, мы, прежде всего, обращаем внимание на внешний вид товара, на качество и привлекательность упаковки, на ее герметичность и соответствие санитарно-гигиеническим нормам.

Надо сказать, что к упаковочным материалам, которые предназначены для пищевых продуктов, предъявляются самые жесткие требования: так, упаковка для данной группы продукции должна сопровождаться гигиеническим сертификатом, подтверждающим физиологическую безвредность упаковки для здоровья человека.

С целью предотвращения потери массы продукции, сохранения всех качественных характеристик, снижения нежелательных изменений первоначального состава, а также органолептических свойств применяется разная упаковка продуктов питания, создающая необходимые санитарные условия, которые предупреждают загрязнение продуктов, обсеменение их чужеродной микрофлорой и поражение вредителями. К тому же

использование упаковки создает удобства при транспортировке, хранении и реализации продуктов. Такого рода упаковка должна быть легкой, прочной и отлично оберегать пищевые продукты от возможной деформации.

По материалу изготовления тара для пищевых продуктов бывает деревянной, текстильной, стеклянной, металлической, картонной, бумажной и выполненной из полимерных материалов. Рассмотрим наиболее востребованные виды упаковки для пищевых продуктов. И начнем с картонной и бумажной тары, представленной коробами, крафт-мешками, пакетами и коробками, изготавливаемыми из древесной массы либо продукта ее переработки. Такая тара отлично противостоит механическим воздействиям, предохраняя продукцию от увлажнения. Служат для упаковки кондитерских и макаронных изделий, сыра, сливочного масла, творога, яиц и пищевых концентратов.

Полимерная упаковка (ящики и пленка, толщина которой не превышает 250 мкм) отличается химической стойкостью и безвредностью для организма, поскольку такая тара непосредственно соприкасается с товаром. Так, целлофан, выполненный из целлюлозы, используют для изготовления колбасных оболочек, а также в качестве декоративной упаковки коробок для кондитерских и табачных изделий. Полиэтиленовая пленка служит вкладышем для ящиков и бочек. Пленка из полипропилена отличается высокой термостойкостью, поэтому применяется для товаров, которые требуют пастеризации, стерилизации или подогрева.

Огромной популярностью пользуется сегодня пластиковая упаковка, которая не только красива и удобна, но и надежна. Такая тара изготавливается из высококачественного и безвредного для здоровья пластика.

Наконец, упаковочная пленка, которая, во-первых, обеспечивает сохранность товара, во-вторых, выразительность его формы. Этот экономичный материал и стоит недорого, и полноценно исполняет свои эксплуатационные функции.

Важнейшими событиями в борьбе с порчей продуктов в процессе транспортировки стало появление и развитие технологии консервирования и использование пластиков в упаковке, особенно вакуумной.

На подготовку грузов к транспортированию государство ежегодно затрачивает большое количество материальных средств, главным образом на изготовление различной тары.

#### Упаковка продуктов растительного происхождения

Поверхность банок с продукцией должна быть без вмятин, ржавчины, повреждений лакокрасочного покрытия. Крышки банок с продукцией должны быть вогнутыми или плоскими.

Допускаются:

1. Незначительные зубцы и зазубрины по окружности технологического закаточного шва в количестве не более двух;
2. Незначительная деформация корпуса без острых граней;
3. Легкая побелость или матовость наружной поверхности;
4. Незначительные повреждения лакокрасочного покрытия наружной поверхности в виде отдельных царапин по корпусу и концам и сдиров по закаточному шву;

5. Пятна от красно-коричневого до черного цвета в местах дефектов, указанных в нормативном документе на металлическую тару.

Тубы с продукцией должны иметь ровную поверхность, без вздутий, перекоса замка и острых граней в углах замка.

Допускается незначительная помятость корпуса без острых граней.

Консервы и пресервы фасуют в стеклянную тару по нормативным документам:

1. Банки;
2. Бутылки;
3. Банки и бутылки стеклянные, других видов и типов, предназначенные для стерилизуемой или пастеризуемой продукции.



Банки и бутылки с продукцией должны быть герметически укупорены. Для укупоривания банок должны применяться металлические крышки, для укупоривания бутылок - металлические кроненпробки или колпачки по нормативному документу. На укупоренных банках и бутылках уплотнительная паста, прокладка или кольца не должны выступать из-под крышек, кроненпробок и колпачков.

Крышки на банках должны быть вогнутыми или плоскими, крышки типа I - вогнутыми. Наружная поверхность крышек, кроненпробок и колпачков должна быть без следов ржавчины, без повреждений лакового, эмалевого или литографского покрытия.

Допускаются:

1. Незначительные повреждения лакокрасочного покрытия в местах обжима или обкатки крышек в виде потертостей, отдельных царапин и сдигов, не нарушающих оловянного покрытия;

2. Незначительные гофры по местам обкатки крышек;

3. Потемнение от красно-коричневого до черного цвета в местах дефектов, указанных в нормативном документе на средства укупорки стеклянной тары.

***Упаковывание в потребительскую тару из полимерных и комбинированных материалов.*** Для фасования продукции должны применяться:

1. Коробки и стаканчики из поливинилхлорида, полипропилена и полистирола по нормативному документу;

2. Банки штампованные из комбинированного материала лак-алюминиевая фольга-полипропилен;

3. Пакеты из полимерных и комбинированных пленочных материалов, включающих в себя слои полиэтилена низкой или высокой плотности, полипропилена, лавсана, полиамида, целлофана, бумаги, алюминиевой фольги.

Потребительская тар из полимерных и комбинированных материалов с продукцией должна быть герметически укупорена. Укупоривание

производят термосвариванием. Полимерная тара с продукцией должна быть без вмятин и деформации корпуса, нарушающих целостность тары. Тара из полимерных и комбинированных материалов, предназначенная для упаковывания различных видов консервированной продукции, должна быть допущена к применению органами государственного санитарно-эпидемиологического надзора.

Фруктовую, ягодную, овощную и грибную продукцию фасуют непосредственно в транспортную тару:

1. Бочки деревянные, бочки полимерные по нормативному документу;
2. Ящики фанерные;
3. Ящики дощатые;
4. Емкости ЕС-200.

Допускается для внутрипроизводственной переработки без отгрузки торговым организациям фасование продукции в картонные навивные барабаны с полиэтиленовыми вкладышами.

Допускается применение полиэтиленовых вкладышей в деревянных бочках.

Внутренняя поверхность ящиков должна быть выстлана пергаментом, подпергаментом или целлофаном.

Продукция во все виды транспортной тары должна быть фасована плотно, без пустот и заполнять от 80 до 95% вместимости тары, бочки и ящики должны быть прочно и плотно укупорены и не давать течи.

Консервы и пресервы в металлической, стеклянной и полимерной таре и таре из комбинированных материалов должны быть упакованы в транспортную тару:

1. Ящики из гофрированного картона;
2. Ящики дощатые;
3. Ящики полимерные;
4. Ящики деревянные многооборотные.

Допускается для упаковывания продукции в стеклянной и металлической потребительской таре применение тары-оборудования. При формировании ящика из гофрированного картона и при укупоривании его с продукцией клапаны должны быть сшиты металлическими скобами из проволоки или оклеены клеевой лентой на бумажной основе шириной не менее 70 мм или липкой лентой на полимерной основе. Концы ленты должны выходить на боковые стороны ящика на 50-70 мм от кромки.

Допускается:

1. Не оклеивать и не сшивать клапаны ящиков, снабженных обечайками;
2. Собирать клапаны ящиков "взамок" без оклейки и сшивки для ящиков, снабженных обечайками, а также при отгрузке ящиков в контейнерах или на плоских поддонах с последующей упаковкой в термоусадочную пленку;
3. Собирать верхние клапаны ящиков "взамок" со склеиванием их между собой.

Ящики с продукцией, снабженные обечайками, должны быть обтянуты в два пояса металлической лентой шириной не более 15 мм, толщиной не менее 0,3 мм или полимерной лентой шириной 10-15 мм. Допускается применение липкой ленты на полимерной основе.

Для упаковывания продукции в потребительской таре допускается использовать возвратную транспортную тару. Возвратная тара должна быть прочная, сухая, чистая, с удаленной старой маркировкой. Продукция в металлических банках может формироваться непосредственно в пакеты или укладываться в контейнеры. Упаковывание производят по нормативному документу.

Продукция должна упаковываться в транспортную тару таким образом, чтобы исключалась возможность ее свободного перемещения внутри упаковки.

Сушеные овощи в насыпном виде массой нетто до 500 г фасуют:

1. В пакеты из полимерных и комбинированных пленочных материалов, включающих в себя слои полиэтилена низкой и высокой плотности,

полипропилена, лавсана, полиамида, целлофана, бумаги, алюминиевой фольги;

2. В пакеты из лакированного целлофана;

3. В двойные пакеты: внутренний из подпергаменты, целлюлозной пленки (целлофана), парафинированной бумаги, внешний - из писчей бумаги или бумаги для печати;

4. В пачки из бумаги с внутренним пакетом из подпергаменты или парафинированной бумаги.

Пакеты из полимерных и комбинированных материалов с продукцией должны быть герметически укупорены. Укупоривание производят термосвариванием.

Тара из полимерных и комбинированных материалов, предназначенная для упаковывания сушеных овощей, должна быть допущена к применению.

Сушеные овощи в брикетированном виде упаковывают отдельными брикетами или пачками, состоящими из нескольких брикетов. Брикетированные овощи должны быть завернуты в два слоя бумаги, из которых внутренний - подпергамент или парафинированная бумага, наружный - этикетка из писчей бумаги, бумаги для печати или оберточной бумаги.

Сушеные овощи, упакованные в пачки и брикетированные, должны быть упакованы в следующие виды транспортной тары массой нетто до 25 кг:

1. Ящики фанерные N 6, 7, 9, 10;
2. Ящики дощатые N 5, 6, 7;
3. Ящики из гофрированного картона N 5, 10, 11, 18, 28;
4. Барабаны фанерные N 1, 2-1, 2-2;
5. Барабаны картонные навивные вместимостью 20-28 дм.

Сушеные овощи в брикетированном виде допускается упаковывать в металлические банки с последующей укладкой их в дощатые ящики. Сушеные овощи в брикетированном виде, упаковываемые в металлические

банки, закрывают в один слой подпергамента, пергаменты или парафинированной бумаги.

Сушеные овощи в насыпном виде при фасовании массой нетто не более 25 кг должны быть упакованы:

1. В мешки из термосваривающихся материалов, с последующей их герметизацией и упаковыванием в транспортную тару;
2. В ящики фанерные номеров 6, 7, 9, 10;
3. В ящики из гофрированного картона номеров 5, 10, 11, 18, 28;
4. В барабаны фанерные номеров 1, 2-1, 2-2;
5. В барабаны картонные навивные.

По соглашению с потребителем допускается упаковывание сушеных овощей насыпью в многослойные бумажные непропитанные мешки массой нетто не более 20 кг, не менее чем четырехслойные при транспортировании их в контейнерах.

Сушеные овощи с массовой долей влаги не более 8% упаковывают в металлические банки с последующей укладкой в дощатые ящики или в мешки из термосваривающихся материалов с последующей укладкой их в один из видов тары, указанных в п.1.5 настоящего стандарта, за исключением дощатых ящиков. Банки должны быть герметически закатаны, а мешки термосварены.

Ящики и барабаны должны быть внутри выстланы:

1. В один слой оберточной бумагой для брикетированных сушеных овощей;
2. В два слоя оберточной бумагой, подпергаментом или парафинированной бумагой для овощей насыпью.

Для сушеных овощей, упакованных в металлические банки, транспортную тару бумагой не выстилают.

В каждую единицу транспортной тары должны быть уложены сушеные овощи одного вида и одного сорта. Сушеные овощи должны быть плотно уложены до краев транспортной тары и закрыты бумагой так, чтобы концы ее перекрывали друг друга. Согласно ГОСТ "Фрукты сушеные. Упаковка,

маркировка, транспортирование и хранение", сушеные фрукты без заводской обработки должны упаковываться в тару массой нетто не более 25 кг в:

1. Ящики из гофрированного картона номеров 5, 7, 9, 10, 11, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23;
  2. Ящики дощатые неразборные номеров 2, 3, 7, 8, 9, 10, 12;
  3. Ящики фанерные номеров 6, 7, 9, 10;
  4. Барабаны фанерные номеров 1, 2-1, 2-2;
  5. Барабаны картонные навивные вместимостью 20-28 дм;
  6. Мешки бумажные непропитанные не менее чем трехслойные.
- Сушеный виноград и вишню, а также кайсу, курагу и чернослив упаковывают в бумажные мешки только по договоренности с получателем.

Сушеные фрукты заводской обработки, смеси из сушеных фруктов выпускают фасованными массой нетто до 1 кг в следующую тару:

1. Термосваренные пакеты из полимерной пленки: полиэтиленовой или полиэтилен-целлофана;
2. Двойные пакеты: внутренний - из подпергаменты, целлофана, парафинированной бумаги; внешний - из писчей бумаги;
3. Пакеты из фольги и бумаги, ламинированные термосваривающимися материалами;
4. Пакеты из лакированного целлофана;
5. Коробки из картона, ламинированного термосваривающимися материалами;
6. Коробки из бумаги с внутренним мешком - вкладышем из подпергаменты или парафинированной бумаги, либо из упаковочной полимерной пленки. Верхний конец вкладыша герметизируется.

Сушеные фрукты заводской обработки и смеси из сушеных фруктов должны упаковываться в ящики массой нетто не более 25 кг, в соответствии с предельной массой груза, указанной в соответствующих стандартах на ящики:

1. Ящики из гофрированного картона номеров 5, 7, 9, 10, 11, 18, 19, 21, 22, 23;

2. Ящики дощатые неразборные номеров 2, 3, 7, 8, 9, 10, 12;
3. Ящики фанерные номеров 6, 7, 9, 10;
4. Барабаны навивные вместимостью 20-28 дмс вкладышем-рукавом из полимерного материала.

Допускается упаковывание смесей из сушеных фруктов массой нетто до 30 кг в бумажные непропитанные мешки не менее чем четырехслойные с полиэтиленовым вкладышем.

Фруктовые десерты выпускают фасованными в пакеты из полимерной пленки полиэтилен-целлофан или в коробки из картона, ламинированного полиэтиленом, массой нетто до 1 кг.

Фасованные в пакеты или коробки сушеные фрукты заводской обработки, смеси из сушеных фруктов, фруктовые десерты упаковывают в ящики из гофрированного картона номеров 5, 7, 9, 10, 11, 18, 19, 21, 22, 23, фанерные ящики массой нетто до 20 кг. По соглашению между изготовителем и потребителем сушеные фрукты упаковывают в дощатые ящики, в ящики из гофрированного картона в комплекте с вкладышами. Внутренняя поверхность указанных ящиков должна быть выстлана пергаментом или подпергаментом, или парафинированной бумагой, свободные концы которой должны полностью перекрывать сушеные фрукты под крышкой. Сушеные фрукты также можно упаковывать в ящики с мешком-вкладышем из пленки полиэтилен-целлофан или других полимерных материалов. Верхний конец вкладыша герметизируется. Тара и материалы для упаковывания сушеных фруктов должны быть целыми, прочными, чистыми, сухими, незараженными вредителями и без каких-либо посторонних запахов. При упаковывании сушеных фруктов тара должна быть плотно заполнена до краев.

В каждую транспортную упаковочную единицу сушеных фруктов вкладывают упаковочный ярлык с указанием:

1. Наименования предприятия-изготовителя;
2. Наименования продукта;

3. Массы нетто, брутто;
4. Даты выработки упаковывания;
5. Срока хранения;
6. Номера упаковщика.

Дощатые и фанерные ящики с упакованными в них сушеными фруктами по торцам должны быть скреплены стальной упаковочной лентой или стальной проволокой. Допускается скреплять ящики по торцам жестяными полосками толщиной не менее 0,25 мм. Тканевые и бумажные мешки после заполнения их сушеными фруктами должны быть прошиты сверху машинным способом нитками льняными или синтетическими по нормативно-технической документации. Допускается зашивка мешков, не предназначенных для транспортирования железнодорожным транспортом, ручным способом шпагатом, при этом на каждом мешке должно быть не менее 11-12 стежков. В тканевых мешках с сушеными фруктами массой нетто более 30 кг по краям заделки оставляют по два ушка.

Согласно ГОСТ "Продукция плодовая, ягодная, овощная и грибная консервированная. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение", консервы и пресервы фасуют в металлическую тару по нормативно-технической документации:

1. Банки металлические;
2. Тубы алюминиевые;
3. Банки алюминиевые цельные цилиндрические.

Банки и тубы с продукцией должны быть герметически укупорены. Крышки банок и хвостовая часть туб для создания герметичности укупорки должны иметь прокладки из уплотнительной пасты. На укупоренных банках и тубах паста не должна выступать из-под фальца банок и хвостовой части туб.

Упаковка продуктов детского питания



При упаковке продуктов детского питания используются материалы, разрешенные для использования в установленном порядке для контакта с продуктами детского питания).

Продукты детского питания для детей раннего возраста, как правило, выпускаются в фасованном виде в мелкоштучной, герметичной упаковке; жидкие продукты для питания детей раннего возраста выпускаются в упаковке объемом не более 0,35 л, что обусловлено необходимостью снижения уровня риска микробной обсемененности промышленно-стерильного продукта, а также возможностью использования продукта на одно или два кормления, что является принципиально важным с позиций адекватности пищевой ценности рациона физиологическим нормам и возрастным особенностям ребенка.

Согласно положениям законодательства в сфере защиты прав потребителей, "О качестве и безопасности пищевых продуктов", упаковка продуктов детского питания должна обеспечивать безопасность и сохранность пищевой ценности на всех этапах оборота.

## **ЛЕКЦИЯ 12**

### **Тема: Тепловая стерилизация и асептическое консервирование**

#### **План**

1. Термические методы консервирования
2. Пастеризация
3. Стерилизация
4. **Тепловая стерилизация**
5. **Порядок разработки и проверки режимов стерилизации**
6. **Асептическое консервирование**

Термические методы консервирования.

Они включают тепловые высокотемпературные методы — пастеризацию, стерилизацию, асептическое консервирование и низкотемпературные методы хранения и заготовки полуфабрикатов.

Тепловая высокотемпературная обработка позволяет подавлять рост микроорганизмов или полностью уничтожать их, а также инактивировать ферменты. Режим тепловой обработки определяется продолжительностью и температурой. Время, необходимое для уничтожения микроорганизмов при данной температуре, называют «летальным (смертельным) временем». Оно зависит от химического состава обрабатываемого продукта, вида микроорганизмов и их количества. При низком рН нарушается нормальный **обмен веществ** микроорганизмов и устойчивость их к воздействию высоких температур падает.

В кислых соках (рН 4,5) большинство дрожжей погибает при нагреве в течение 2 минут при 62°C, непорообразующие кислотоустойчивые бактерии разрушаются при 65 °С, а спорообразующие — при 87—93°C. Большинство спор плесеней разрушается при нагреве в течение 5 минут при 79°C, однако встречаются термоустойчивые виды плесеней. Инактивация наиболее опасных окислительных ферментов — полифенолоксидаз — происходит при температуре 81—93°C в течение 10—40 с.

Для сохранения органолептических свойств и питательной ценности продуктов переработки винограда стремятся к наиболее кратковременным режимам тепловой обработки, однако для уничтожения микроорганизмов и их термоустойчивых спор приходится значительно повышать температуру: до 100 °С и выше. Все виды тепловой обработки должны проводиться в бескислородных (анаэробных) условиях с тем, чтобы не происходило потерь ароматических веществ и потемнения продуктов.

Существует два вида теплового консервирования: пастеризация и стерилизация.

Пастеризация — это кратковременная тепловая обработка жидких пищевых продуктов (вино, молоко, сок) в умеренных (60—90°C) температурных режимах, предложенных Луи Пастером. Пастеризация обеспечивает наименьшее изменение химического состава и качества продуктов.

С помощью бутылочной пастеризации консервируют биологически нестойкие столовые полусладкие и полусухие, а иногда и игристые вина, а также хорошо обработанный виноградный сок.

Наиболее перспективным и экономически оправданным оборудованием для пастеризации консервированных изделий являются пастеризаторы-охладители непрерывного действия, обогреваемые горячей водой, погружного или оросительного типа. Если соки и напитки фасуют в бутылки при комнатной температуре и укупоривают, то во время нагрева они увеличиваются в объеме и сжимают свободное воздушное пространство внутри тары. Установлено, что внутри бутылок с соком или вином, укупоренных кронен-пробками, избыточное давление при температуре пастеризации 70°C достигает 0,51 МПа (5,1 атм). При пастеризации газированных соков и напитков давление поднимается еще выше: до 0,6—0,7 МПа. Поэтому бутылки должны обладать особой прочностью. В стеклянных банках при нагреве продукта от внутреннего давления лопаются стекло, слетают крышки. Поэтому пастеризацию газированных напитков и стерилизацию консервов в банках проводят в специальных аппаратах — автоклавах, создающих при нагреве соответствующее противодействие.

Стерилизация — тепловая обработка продуктов в диапазоне температур 98—110°C, направленная на уничтожение живых микроорганизмов, способных вызвать порчу продукта или сделать его опасным для здоровья человека. При стерилизации сохраняются вкусовые качества и питательная ценность консервов.

Тепловая стерилизация направлена, прежде всего, против гнилостных бактерий, выделяющих токсины, способные отравить человека. Среди них

наиболее токсичны бациллы ботулинуса, которые заносятся из почвы и в процессе жизнедеятельности выделяют самый сильный бактериальный яд. В продуктах, имеющих высокую кислотность (рН ниже 4,0), эти бактерии не развиваются и погибают при умеренных температурах тепловой обработки.

Стерилизацию в промышленной переработке винограда используют в следующих случаях: для асептического консервирования соков-полуфабрикатов, при изготовлении компотов, соков и напитков для детского питания, при выработке соков с мякотью, натуральных паст и стерильного пюре.

В технологии тепловой стерилизации консервированных продуктов учитывают происхождение и состав закладываемого сырья, начальную температуру и консистенцию продукта, размеры и теплопроводность тары.

Горячее фасование используется при выработке виноградного сока и других высококислотных жидких продуктов из винограда. При этом напитки нагревают в пластинчатом теплообменнике до 85—95°C и фасуют в горячем виде в предварительно подогретые простерилизованные паром бутылки, которые немедленно укупоривают. Для сохранения качества продукта его охлаждают в специальном тоннельном охладителе или же ставят на самоостывание.

**Асептическое консервирование** жидких и пюреобразных продуктов (полуфабрикатов) широко используется при их длительном хранении, а также при выпуске готовой продукции. Метод асептического консервирования состоит в том, что продукт после тепловой стерилизации фасуют в стерильных условиях в стерильную тару и герметично укупоривают. Асептическое консервирование обеспечивает наилучшее сохранение цвета, вкуса и питательной ценности продуктов, но требует очень высокой микробиологической и технической культуры. Это наиболее рентабельный метод теплового консервирования виноградного сока.

## Тепловая стерилизация

Методы, основанные на достижении состояния абиоза и микробных клеток. Состояние абиоза — это прекращение жизнедеятельности клеток сырья и микроорганизмов. Этот метод, осуществляют путем тепловой стерилизации, использованием токов высокой и сверхвысокой частоты, добавлением антисептиков, антибиотиков. Тепловая стерилизация. Обработка продуктов при высокой температуре. Приводит к гибели микроорганизмов (как вегетативных, так и споровых форм) — возбудителей порчи продуктов в результате необратимых изменений в протоплазме, белки которой коагулируют. Кроме того, инактивируются ферменты в продукте, которые катализируют нежелательные биохимические процессы. Метод тепловой стерилизации является одним из основных и наиболее надежным среди используемых в консервной отрасли. Для каждого вида продукта режим стерилизации обосновывают таким образом, чтобы при условии гибели опасных микроорганизмов максимально сохранить органолептические свойства и пищевую ценность продукта. Стерилизация это термическая обработка продукта при температуре 100°C и выше, обеспечивающая полную гибель нетермостойкой неспорообразующей микрофлоры, спорообразующих микроорганизмов, способных вызвать микробиологическую порчу продукта, и гарантирующая по микробиологическим показателям безопасность употребления консервов в пищу. Продукты, обработанные таким способом, называют полными консервами. Субстерилизация — частный случай стерилизации, т.е. термическая обработка продукта, обеспечивающая гибель нетермостойкой неспорообразующей микрофлоры и уменьшающая количество споровых микроорганизмов с целью гарантирования предотвращения порчи продукта при температурах от 2 до 15°C и безопасность употребления его в пищу в течение ограниченного времени. Продукты, обработанные по такому режиму, называют полуконсервами или пресервами, например, некоторые молочные, ветчинные продукты, красная и черная икра и др. Пастеризация — термическая обработка продуктов при температуре ниже 100°C, обеспечивающая гибель дрожжей, плесневых

грибов, молочнокислых микроорганизмов и вегетативных форм бактерий. Применяют такой способ для обработки продуктов, содержащих органические кислоты, консерванты или другие вещества, препятствующие развитию споровой микрофлоры. Частный случай пастеризации — горячее фасование, т.е. фасование горячего продукта при (85-95)°С в тару, нагретую до температуры не ниже 60°С. Гибель неспорообразующей и вегетативных форм поробразующей микрофлоры, а также ограничение развития спорных бактерий обеспечивается термической обработкой продукта до фасования и воздействием высоких температур при постепенном остывании продукта в таре после фасования и укупоривания. В промышленности применяют следующие схемы теплового консервирования: — фасование продукта и герметическое укупоривание тары с продуктом с последующей стерилизацией его по режиму, обеспечивающему гибель вегетативных и спорных форм опасных микроорганизмов; — пастеризация продукта в герметически укупоренной таре по режиму, обеспечивающему гибель вегетативных клеток, выдержка продукта для прорастания спор и дополнительная пастеризация для уничтожения проросших спор (тиндализация); — стерилизация продукта в потоке, фасование, укупоривание тары с продуктом и дополнительная пастеризация для уничтожения микрофлоры, попавшей в продукт при фасовании (комбинированная тепловая обработка); — стерилизация и охлаждение продукта в потоке и фасование стерильного охлажденного продуктов стерильных условиях в стерильную тару (метод асситического консервирования). Метод тепловой стерилизации позволяет сохранять продукты в герметической таре очень длительное время.

### **Порядок разработки и проверки режимов стерилизации**

Режим стерилизации (пастеризации) для конкретного оборудования, вида продукта, типоразмера тары включает: для автоклавов температуру фасования продукта (Тф), продолжительность подъема температуры

греющей среды (воды, пара, паровоздушной смеси) до температуры стерилизации (?n). Температуру греющей среды при собственно стерилизации (Тгс.) и продолжительность собственно стерилизации при этой температуре (?с), продолжительность снижения температуры греющей среды в автоклаве (? ох.), величину противодавления в автоклаве (Р). Режим стерилизации записывают следующим образом: (для ротационных автоклавов дополнительно указывают способ и частоту вращения); для стерилизаторов непрерывного действия указывают температуру фасования продукта, температуру теплоносителей по секциям, продолжительность пребывания банок с продуктом в каждой секции. Дополнительно указывают вид теплоносителя, способ нагрева, охлаждения (орошением, погружением); для асептического метода консервирования указывают температуру стерилизации (пастеризации) и продолжительность нахождения продукта при этой температуре в выдерживателе. Дополнительно целесообразно указывать температуру, до которой следует охлаждать продукт перед фасованием; для метода горячего фасования указывают температуру фасования, продолжительность выдержки продукта горячим, способ охлаждения консервов. Режимы стерилизации консервов и полуфабрикатов разрабатывают в соответствии с требованиями «Методических указаний по разработке режимов стерилизации и пастеризации консервов и консервированных полуфабрикатов, которые вырабатывают предприятия Украины», утв. Министерством агропромышленного комплекса Украины 17.09.1998г.; СОУ 01.1-37-680:2007 и СОУ 01.1-37-681:2007 или др. соответствующих нормативно-законодательных документов. Разработка режимов стерилизации (пастеризации) продуктов и полуфабрикатов основана на выборе условий прогрева, которые достаточны для гибели вегетативных и споровых форм микроорганизмов — возбудителей порчи или пищевых отравлений, и при этом обеспечивают сохранение органолептических и физико-химических показателей готовых консервов, и включает такие этапы: 1. Выбор тест-микроорганизмов и определение

показателей термоустойчивости ( $DT; Z$ ); 2. Расчет величины необходимой летальности ( $FZT^{\circ C} \cdot Az^{\circ C}$ ) 3. Подбор режима стерилизации, обеспечивающего достижение необходимой летальности. ( $Fz^{\circ C}$  факт  $t^{\circ C}$ ?  $Az^{\circ C}$ ) или ( $Fz^{\circ C}$  факт  $t^{\circ C}$ ?  $Fz^{\circ C}$ ) 4. Лабораторная проверка режима 5. Производственная проверка режима 6. Подготовка материалов по результатам испытаний 7. Экспертиза материалов техническим комитетом по стандартизации или организацией, лицензированной на соответствующие виды работ 8. Утверждение режима стерилизации (пастеризации). Константы термоустойчивости используют для расчета требуемой летальности термической обработки консервов, гарантирующей их промышленную стерильность, обозначаемую  $F_t z$ . Норматив требуемой летальности режима стерилизации обязательно должен обеспечить гибель возбудителей порчи и пищевых отравлений. Для всех продуктов, в которых возможно развитие *S. botulinum* ( $pH > 4,2$ ) режим стерилизации должен обеспечить инактивацию спор *S. botulinum*. При температурах продукта порядка ( $115 \dots 120$ ) $^{\circ C}$  в условиях влажного нагревания термоустойчивость спор *S. botulinum*, как правило, ниже устойчивости к нагреванию спор мезофильных и термофильных бактерий-возбудителей порчи консервов. Поэтому для расчета режимов стерилизации большинства продуктов с  $pH > 4,2$  используют параметры термоустойчивости возбудителя порчи консервов *S. sporogenes* и (или) термофильных микроорганизмов. Требуемая степень термоинактивации *S. perfringens*, *B. cereus*, коагулазоположительных стафилококков, энтеропатогенных стрептококков и других патогенных микроорганизмов не стандартизована, так как вероятность выживания их при таких параметрах прогрева ниже вероятности выживания *S. botulinum* и возбудителей порчи.

### **Асептическое консервирование**

Все описанные способы стерилизации требуют довольно продолжительного температурного воздействия на продукт, что приводит к



определенным химическим изменениям. Снизить вредное тепловое воздействие можно применением асептического консервирования. Сущность способа заключается в раздельной стерилизации продукта и тары с последующим фасованием стерильного охлажденного продукта в асептических условиях. В отличие от горячего розлива продукт не только мгновенно нагревается, но и мгновенно охлаждается.

Идея асептического консервирования, возникшая около 45 лет назад, лишь 30 лет спустя получила практическое применение. Это стало возможным после создания специальных насосов, теплообменников, подбора соответствующих дезинфицирующих средств.

Технологический процесс асептического консервирования. В СССР эксплуатируются отечественные установки А9-КСК и А9-КСИ, установки ТА-2А и ТА-3А, выпускаемые в ВНР и модифицированные советскими специалистами, а также линии, выпускаемые в НРБ, реконструированные по советскому проекту (52, 53).

На этих установках консервируют в крупных резервуарах соки плодово-ягодные осветленные и неосветленные, пюре плодово-ягодное (для абрикосового пюре рН не должно превышать значения 3,8), томатное пюре и томатную пасту с содержанием сухих веществ до 30%.

Технологический процесс асептического консервирования состоит из следующих операций: подготовка оборудования, включающая ревизию установки, ее санитарную обработку, определение герметичности, сборку и разборку бактериологических фильтров, стерилизацию оборудования, продуктопроводов и резервуаров; стерилизация с последующим охлаждением продукта и заполнение им резервуаров; хранение продукта и его выгрузка в асептических условиях.

Обработка оборудования. Перед консервированием проверяют состояние резервуаров, продуктопроводов, паро- и воздухопроводов, арматуры. Внутренние поверхности технологического оборудования и коммуникаций промывают холодной водой в течение 3—5 мин, а затем в

течение 10—15 мин — горячей водой при температуре 70—80 °С. Если не удастся полностью удалить остатки продукта на внутренней поверхности, оборудование и коммуникации обрабатывают 2%-ным раствором каустической соды при температуре 70 °С. После мойки стерилизатор, охладитель и продуктопроводы заполняются горячей водой, и при этой температуре осуществ-<sup>\*</sup>ляется выдержка в течение 30 мин. Резервуары моют не менее 5 мин горячей (70—80 °С) водой с помощью моечных машинок ММ-4. После мойки резервуары проверяются на герметичность.

Следующим этапом подготовки установки к эксплуатации является сборка, бактериологических фильтров. В собранном виде бактериологический фильтр должен иметь общее сопротивление материала равным  $44,1 \pm 9,8$  Па. Допускаемая скорость фильтрации воздуха через фильтрующую ткань не более 10 см/с.

После мойки резервуаров проводится микробиологическая проверка бактериологической чистоты их внутренней поверхности. Анализируется смыв стерильным влажным тампоном поверхности в 100 см<sup>2</sup> вблизи люка. Если в смыве (1 см<sup>3</sup>) содержится не более 30 клеток бактерий и 10 клеток дрожжей и плесени, приступают к стерилизации резервуара. Стерилизация щелочью проводится 2%-ным раствором при температуре 80—85 °С путем заполнения и выдержки в течение 45 мин или с использованием моечных машинок ММ-4 в течение 10 мин.

Для стерилизации препаратом «Дезоксон-1» используют 0,1%-ный его раствор в воде при температуре 20—25 °С посредством моечных машинок ММ-4 в течение 45 мин. Дезинфицирующие растворы используют многократно, добавляя к ним соответствующее количество препарата.

После обработки щелочью или «Дезоксоном-1» на резервуар устанавливается бактериологический фильтр и проводится паровая стерилизация при давлении 0,05 МПа соответственно в течение 120 или 90 мин. Начало стерилизации отсчитывают с момента достижения конденсатом температуры 95 °С.

После стерилизующей обработки в последних порциях конденсата не допускается наличие дрожжей и плесеней, факультативно- анаэробных и анаэробных бактерий.

По окончании стерилизации резервуары заполняют стерильным воздухом, доводя давление в резервуаре до 0,05 МПа и сохраняя это давление до заполнения резервуара продуктом.

Оборудование стерилизуют следующим образом. После мойки горячей водой его обрабатывают 2%-ным раствором щелочи (45 мин) или 0,1%-ным водным раствором «Дезоксона-1» (30 мин). Щелочь нагревают до температуры 100 °С, при использовании препарата «Дезоксон-1» температура обработки 35 °С. Затем оборудование промывают горячей водой в течение 60 мин в случае использования каустической соды или 30 мин при обработке препаратом «Дезоксон-1».

После окончания промывания в установку подают пар под давлением 0,03—0,05 МПа. Подачу пара прекращают непосредственно перед началом работы на продукте, но не менее чем через 2 ч от начала прошпаривания в случае щелочной обработки и 1 ч в случае использования препарата «Дезоксон-1».

После стерилизации продукт поступает в охладитель, где он охлаждается до температуры 30—40°С. Охлажденный продукт по стерильному трубопроводу в асептических условиях герметизированными насосами подается в резервуары. При достижении продуктом заданного уровня перекачка прекращается. Продукт хранится при температуре не ниже 0 °С. Разгрузка резервуаров осуществляется по мере необходимости без нарушения стерильности остающегося продукта<sup>^</sup>

Преимущества асептического консервирования. Асептический способ имеет преимущества перед обычной технологией стерилизации. Тепловая обработка продукта в стерилизаторах может проводиться в тонком слое в течение очень короткого времени. Это позволяет сохранить органолептические и физико-химические показатели перерабатываемого

продукта. Кроме того, применение этого способа позволяет сгладить пик сезона переработки овощейг более равномерно использовать рабочую силу.

На консервных предприятиях, находящихся в южных районах страны, производятся переработка плодов и овощей, их асептическое консервирование и хранение. По мере необходимости осуществляется перефасование продукта в транспортную тару. Перефасование проводится в стерильных условиях. Подготовка транспортных средств (контейнеров, резервуаров, цистерн и т. д.) выполняется так же, как и стационарных резервуаров и коммуникаций.

Транспортировка продукта может быть проведена на расстояние до нескольких тысяч километров любым транспортом — железнодорожным, автомобильным или водным. В пункте назначения производится перефасование продукта из транспортных средств в стационарные резервуары. Из последних продукт пере- фасовывается в асептических^ условиях в мелкую потребительскую тару. Таким образом, он подвергается только одной тепловой обработке, что сохраняет его пищевую ценность. Такой способ позволяет получить экономию за счет сокращения затрат на транспортировку потребительской тары (банок, бутылок, бочек) в северные и восточные районы нашей страны. Также отпадает необходимость возврата пустой тары из этих районов в места переработки плодов и овощей.

## **ЛЕКЦИЯ 13**

### **Тема: Хранение продуктов питания при пониженной температуре**

#### **План**

1. Влияние пониженной температуры на микрофлору продуктов животного происхождения
2. Влияние кислорода на товарный вид мясных полуфабрикатов
3. Влияние пониженной температуры на продукты растительного происхождения

Жизнедеятельность микроорганизмов может существенно изменять натуральные свойства продуктов питания как в положительную, так и в отрицательную сторону, делая их вредными или даже опасными для здоровья человека.

Хранение пищевых продуктов и продовольственного сырья при пониженной температуре, является одним из методов защиты от неблагоприятного влияния микроорганизмов на качество продуктов питания.

Снижение температуры хранения ниже температуры окружающей среды даёт положительный эффект, приводящий к удлинению срока годности пищевых продуктов.

Этот метод замедляет химическую активность, движение летучих химических соединений и ослабляет или приостанавливает биологическую активность.

Максимальный эффект от понижения температуры достигается при замораживании.

### **Влияние пониженной температуры на микрофлору продуктов животного происхождения**

Мясо является идеальной средой для микроорганизмов, так как содержит все необходимые для их роста питательные элементы. Пониженная температура замедляет активность микроорганизмов, процесс испарения и химические реакции окисления. При этом жировая ткань, восприимчивая к окислению, обезвоживается.

Бактерии и грибки при температуре  $-8^{\circ}\text{C}$  прекращают свой рост, а при  $-18^{\circ}\text{C}$  замедляется химическая активность и жизнедеятельность микроорганизмов. При температуре  $0^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности воздуха 85% мясные туши могут храниться без изменения качества длительное время: говядина - около 21 дня, свинина и баранина - 14 дней.

Если посетить магазин ножей Рязань, то говядина в виде нарубленных кусков на витрине, имеющей температуру  $5^{\circ}\text{C}$ , будет храниться один-два

дня. Правильный выбор упаковки и условий хранения нарубленных кусков мяса в точке розничной торговли может увеличить срок хранения до 10 дней.

### **Влияние кислорода на товарный вид мясных полуфабрикатов**

Очень важным фактором торгового вида мяса является ярко-красный цвет, ассоциирующийся со свежестью. Различные оттенки красного связаны с состоянием окисления миоглобина.

Свеженарезанная говядина обычно имеет пурпурно-красный цвет благодаря небольшому дефициту кислорода. Обработка мяса контролируемым количеством кислорода придает оксимиоглобину любимый потребителями ярко-вишневый цвет.

Оба состояния окисления безвредны, но потребителям больше нравится ярко-красный цвет мяса. Поэтому при хранении мяса используются полимерные пленки, которые допускают проникновение безвредного количества кислорода, для создания привлекательного внешнего вида свежего мяса.

### **Влияние пониженной температуры на продукты растительного происхождения**

При температуре от 0 до  $-5^{\circ}\text{C}$  начинают образовываться кристаллы льда, которые могут повреждать клеточные стенки, разрушая ткань многих овощей и фруктов, и ухудшая их органолептические свойства. Методика быстрого замораживания без образования кристаллов уменьшает риск таких повреждений.

Контроль параметров температуры и влажности при хранении продуктов питания позволяет защитить их от внешнего биотического ухудшения качества.

Различные методы сохранения пищевых продуктов по классификации, предложенной Я.Я. Никитинским, основаны на следующих принципах:

1. поддержание жизненных процессов, происходящих в сырье и препятствующих развитию микроорганизмов (принцип биоаза); на этом принципе основано, например, хранение свежих плодов и овощей;

2. подавление жизнедеятельности микроорганизмов воздействием различных физических или химических факторов (принцип анабиоза); при этом подавляются также протекающие в сырье жизненные процессы. На принципе анабиоза основано хранение пищевых продуктов при низких температурах или в атмосфере углекислого газа, консервирование путем повышения концентрации растворенных в продукте веществ, а также путем добавления химических консервантов, задерживающих развитие микроорганизмов (например, уксусной кислоты при мариновании);

3. прекращение жизнедеятельности микроорганизмов, сопровождающееся прекращением жизненных процессов в сырье (принцип абиоза), — консервирование нагреванием, действием электрического тока, ионизирующих излучений, ультразвука, добавлением химических веществ, ядовитых для микроорганизмов, а также механическим удалением микроорганизмов из продукта (стерилизующее фильтрование).

При этом ни один из этих принципов, положенных в основу классификации, не может быть осуществлён на практике в чистом виде. Чаще всего те или иные методы консервирования основываются на смешанных принципах. Таким образом возможны следующие виды консервирования:

· хранение с поддержанием жизненных процессов применяется для сохранения свежесорванных плодов, ягод и овощей, в которых после съема продолжается **обмен веществ**, сопровождающийся выделением энергии. Этим объясняется естественный иммунитет, т. е. сопротивляемость растительного сырья действию микроорганизмов. Для замедления микробиологических процессов растительное сырье нужно сохранять в хороших санитарных условиях, отбирая поврежденные, гнилые и

плесневелые экземпляры, которые могут заразить всю партию. Чтобы удлинить срок хранения плодов, ягод и овощей, их хранят в условиях пониженной температуры (в подвалах, погребах, холодильниках).

· хранение в атмосфере углекислого газа. Задерживаются биохимические процессы, ведущие к перезреванию сырья. Углекислый газ подавляет деятельность микроорганизмов. Однако замена кислорода воздуха углекислым газом должна быть только частичной. При полном отсутствии кислорода жизненные процессы в ткани прекращаются, клетки отмирают, и сырье портится. Оптимальный состав газовой среды зависит от вида сырья.

· хранение при пониженной температуре. С понижением температуры от оптимальной точки жизнедеятельность микроорганизмов постепенно замедляется. При достаточном охлаждении она практически приостанавливается, и микроорганизмы переходят в недействительное состояние.

Охлаждением называется обработка и хранение пищевых продуктов при низких температурах, при которых образование кристаллов льда в тканях еще не начинается.

## ЛЕКЦИЯ 14

### Тема: РАДИАЦИОННАЯ СТЕРИЛИЗАЦИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

#### План

1. Различные методы обработки продуктов питания
2. Сущность метода радиационной стерилизации продуктов питания
3. Группы пищевых продуктов, подвергающиеся стерилизации
4. 3 особенности и эффективность радиационной обработки различных продуктов
5. Радиационная дезинсекция пищевых продуктов



## **Различные методы обработки продуктов питания:**

1. Консервирование высокими температурами проводят для уничтожения микрофлоры и инактивации ферментов продовольственных товаров. К этим методам относятся пастеризация и стерилизация

2. Консервирование ультразвуком (более 20 кГц). Этот метод используют для пастеризации молока, в бродильной и безалкогольной промышленности, для стерилизации консервов.

3. Облучение ультрафиолетовыми лучами (УФЛ). Это облучение лучами с длиной волны 60—400 нм. Применяют для обработки поверхности мясных туш, крупных рыб, колбасных изделий, а также для дезинфекции тары, оборудования, камер холодильников и складских помещений.

4. Использование обеспложивающих фильтров. Сущность этого метода состоит в механическом отделении товара от возбудителей порчи с использованием фильтров с микроскопическими порами. Этот способ позволяет максимально сохранить пищевую ценность и органолептические свойства товаров и применяется для обработки молока, пива, соков, вина и других жидких продуктов.

5. Асептическое консервирование – это стерилизации продукта при температуре 130—150 °С с последующим охлаждением; стерилизации тары радиационной обработкой. Такая обработка универсальна и применяется для жидких и вязких продуктов (молоко, соки, вина, паста и др.). В своей работе я хочу подробнее остановиться именно на радиационной обработке продуктов питания, так как радиоактивные вещества, могут проникать в организм с пищей и водой через кишечник. И каким образом можно обезопасить себя от радиоактивных веществ, и какие продукты питания можно подвергать радиационной обработке.

## **СУЩНОСТЬ МЕТОДА РАДИАЦИОННОЙ СТЕРИЛИЗАЦИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ**

*Консервирование ионизирующими излучениями* называют холодной стерилизацией, или пастеризацией, так как стерилизующий эффект достигается без повышения температуры. Для обработки продовольственных товаров используют  $\alpha$ -,  $\beta$ -излучение, рентгеновское излучение, поток ускоренных электронов. Ионизирующая радиация основана на ионизации микроорганизмов, в результате чего они погибают. К консервированию ионизирующими излучениями относится радиационная стерилизация (радаппертизация) продуктов длительного хранения и радиуртизация пастеризующими дозами.

Радиационная стерилизация продуктов питания заключается в облучении пищи ионизирующим излучением под действием изотопов кобальта или цезия, с целью увеличения сроков хранения и уничтожения болезнетворных микроорганизмов.

Известно, что по различным причинам: гниение, прорастание, порча насекомыми, пропадает большое количество продовольственных продуктов, сырья, семян. Таким образом, использование радиационной стерилизации позволит не только увеличить сроки хранения тех или иных продуктов питания, но и значительно сократить число возможных пищевых отравлений

Существенным недостатком ионизирующей обработки продуктов является изменение химического состава и органолептических свойств. В промышленности этот метод используется для обработки тары, упаковки, помещений. [3]

### КОНСЕРВИРОВАНИЕ ИОНИЗИРУЮЩИМИ ИЗЛУЧЕНИЯМИ

При таком способе стерилизующий эффект получают без повышения температуры. Для обработки пищевых продуктов используют рентгеновское излучение,  $\alpha$  излучение или поток ускоренных электронов. Особый интерес представляет  $\beta$  и  $\gamma$ - излучение.

Механизм действия ионизирующей радиации основан на ионизации молекул и атомов микроорганизмов, в результате чего нарушаются их нормальные биологические функции и они отмирают.

Величина дозы облучения зависит от вида продукта, а также характера и интенсивности обсеменяющей его микрофлоры. Различают: 1) радиационная стерилизация, почти полностью подавляющая развитие микроорганизмов, называется радаппертизация. В этом случае используют дозы порядка 10-25 кГр (килогрей).

Обработку пищевых продуктов пастеризующими дозами порядка 5-8 кГр, достаточную для увеличения длительности хранения называют *радуризацией*.

Наиболее перспективным является облучение в инертных газах, вакууме, при низких температурах и с применением антиокислителей. Однако этот способ консервирования до сих пор не нашел промышленного применения и находится в стадии углубленного изучения (его влияние на здоровье человека, степень устойчивости микроорганизмов к действию ионизирующих излучений). [8]

## МНЕНИЕ УЧЕНЫХ О БЕЗОПАСНОСТИ МЕТОДА РАДИАЦИОННОЙ СТЕРИЛИЗАЦИИ

В мировой практике метод радиационной стерилизации начали осваивать примерно 15 лет назад. Тогда обнаружилось, что традиционные методы стерилизации пищевых продуктов – обработка сернистым газом и другие – наносят вред озоновому слою Земли. Была предложена принципиально новая методика – облучение гамма-лучами от радиоактивных источников, электронами на ускорителях заряженных частиц или высокоэнергетичными рентгеновскими лучами. Метод оказался эффективным – продукты не портились, сохраняли свои вкусовые качества и внешний вид. Он был одобрен Всемирной организацией здравоохранения, при условии строгого (!) контроля.[4] Обработка осуществляется в более 60 странах мира. По сведениям Международной радиационной ассоциации, только Европа ежегодно выпускает на рынок более 200 тысяч тонн облученных продуктов. Для многих видов продуктов определены оптимальные режимы радиационной обработки, проведены многолетние

исследования их пригодности и безвредности использования, создано радиационное оборудование. Ряд таких установок на основе документации, разработанной в НИИТФА, сооружен в странах с жарким климатом - Бангладеш, Сирии, Перу, Португалии, на Кубе.[2]

По рекомендации ВОЗ, все производители обязаны ставить в известность потребителя и указывать на упаковке специальный знак – “радура”, чтобы покупатель мог выбирать, есть ему облученный продукт или нет.

Мировые ученые до сих пор не решили вопрос о безопасности метода радиационной стерилизации. Исследования показали, что при облучении продуктов заниженной дозой стерилизация становится неэффективной, так как не уничтожаются грибки и болезнетворные микроорганизмы – сальмонелла, холерный вибрион и прочие. В свою очередь, при большой дозе заметно разрушаются витамины, возрастает количество побочных продуктов, так называемых свободных радикалов, которые обладают очень высокой химической активностью. Пока они находятся в продукте, они себя никак не проявляют, но, попадая в организм человека и растворяясь, могут вызвать самые разнообразные реакции – повредить генетический код человека, повысить риск возникновения онкологических и других заболеваний, вызвать преждевременное старение и многое другое, что подтвердили опыты на лабораторных животных. [4]

### **ГРУППЫ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ, ПОДВЕРГАЮЩИЕСЯ СТЕРИЛИЗАЦИИ**

Пищевые продукты, которые можно подвергать действию ионизирующей радиации, делятся на три группы:

Таблица №1

Первая группа продуктов		Вторая группа продуктов		Третья группа продуктов	
<u>характеристики</u>	<u>меры</u>	<u>характеристики</u>	<u>меры</u>	<u>характеристики</u>	<u>меры</u>

продукты питания, наиболее подходящие для облучения, стерилизующи ми дозами	морк овь, фасоль, картофель, спаржа, зеленый горошек, томат- паста, свинина, цыплята, треска другая морская рыба	продукты, в которых после облучения большими дозами наступают незначительны е органолептиче ские изменения	капус та, шпинат, кукуруза, черешня, яблочный сок, ветчина, сосиски, телятина, баранина, хлеб	продукты, которые еще нуждаются тщательном исследовании, поскольку них влиянием стерилизующи х доз радиаций происходят заметные органолептиче ские изменения, необходимо найти способы их устранения	мол oko, сыр, ягоды (садовые и лесные), подар буззы и дыни, лимонны и апельсин овый соки, апельсин ны, бананы
---	--	---	--	---	---

## ОСОБЕННОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАДИАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ РАЗЛИЧНЫХ ПРОДУКТОВ

### Мясо и мясопродукты

Исследования физико-химических и биологических изменений в мясе и различных видах мясных продуктов, протекающих под действием ионизирующего излучения, последствия его воздействия на микрофлору этих продуктов, а также изучение их биологической ценности и безвредности позволили создать научно обоснованную радиационную технологию обработки мяса и ряда мясных продуктов. Это может быть использовано для увеличения сроков хранения и длительного сохранения сырого говяжьего,

свиного и птичьего мяса, мясных полуфабрикатов из говядины, свинины, крольчатины и мясных кулинарных изделий.

Преимущества радиационно-биологической технологии сохранения и консервирования мяса и мясопродуктов следующие:

1 увеличиваются сроки хранения продуктов;

1 можно использовать новые упаковки (например, из полимерных материалов) и обработать в них продукт;

1 снижаются потери (например, при замораживании мяса теряется 40 кг от каждой тонны);

1 лучше сохраняются в течение длительного времени свойства продукта;

1 отсутствуют остатки химических веществ (по сравнению с консервированием химическим способом);

1 можно автоматизировать процессы производства;

1 обеспечивается сохранность мяса и мясных продуктов при температуре 0? 5°C; улучшаются технико-экономические показатели.

Результаты исследования показывают также, что радиационная обработка приводит к снижению на 80% потребность в нитридах при облучении ветчины, в результате чего уменьшается опасность заболевания раком.

В настоящее время установлено, что полуфабрикаты из говядины и свинины, помещенные в упаковку из полимерных материалов под вакуумом при давлении 40? 60 мм рт.ст. и g -облучении дозой 6 кГр, способны сохраняться в течение 2 месяцев при температуре 2? 4°C, а при облучении дозой 4 кГр — до 40 суток при той же температуре.

Технологическая схема обработки излучением полуфабрикатов из говядины и свинины, позволяющая сохранять хорошие вкусовые и товарные качества в течение 2 месяцев, следующая:

1. убой животных и разделка туш;

2. охлаждение полутуш при низких положительных температурах (не менее 24 ч);
3. обвалка и изготовление стандартных полуфабрикатов;
4. обработка поверхности полуфабрикатов чистой поваренной солью или смесью с триполифосфатом натрия и аскорбиновой кислотой (эта операция проводится в том случае, если животных не подвергали предубойной обработке);
5. расфасовка обработанных полуфабрикатов в пакеты из двухслойной (целлофан — полиэтилен) или трехслойной (целлофан — фольга — полиэтилен) пленки;
6. термическая сварка пакетов на вакуум-упаковочной машине;
7. облучение упакованных полуфабрикатов на установке с  $\gamma$ -источником при дозе 4? 6 кГр;
8. хранение при температуре 2? 4°C.

Радиационная обработка тех же мясопродуктов позволяет сохранять их при комнатной температуре до 10 суток без признаков нежелательных изменений во вкусе, запахе и качестве. Поверхностная тепловая обработка в сочетании с последующей радиурризацией при дозе 6 кГр позволяет повысить сохранность продукта при 5 и 20°C до пяти месяцев без его порчи. Опыты, проведенные во ВНИИ консервной и овощесушильной промышленности, показали, что доза 4? 6 кГр позволяет увеличить срок хранения куриных тушек при температуре 1°C от 10 до 34 суток, а упаковка под вакуумом в полимерную пленку с последующей радиационной обработкой при дозе 6 кГр обеспечивает хранение при 3°C в течение 30 суток. Сочетая упаковку тушек птицы под вакуумом с обработкой их различными солевыми смесями, ученым удалось снизить дозу облучения без уменьшения сроков хранения. Исследования, проведенные в США, показали, что облучение дозой 23 кГр потрошенных тушек птицы непосредственно в контейнере для перевозки обеспечивает их сохранность при температуре 0? 2°C в течение 14? 16 суток.

Расчеты показывают, что при производительности гамма-установки 4000 т мяса в год, дозе излучения 6 кГр и коэффициенте использования излучения 35% стоимость облучения 1 кг мяса, упакованного в полимерную пленку, составит 2 коп., а единовременные капитальные затраты составят 410 тыс. руб. При этом экономический эффект в основном получается за счет замены стеклянной и жестяной тары на полимерную пленочную упаковку и снижения потерь на 40 кг от каждой тонны по сравнению с замороженным мясом. [6]

### Лук и картофель

Опыт использования радиационно-биологической технологии для предотвращения прорастания картофеля и лука свидетельствует о том, что можно переходить к внедрению ее в промышленных масштабах. Во многих странах завершены испытания по обработке ионизирующим излучением больших партий свежего картофеля, подобраны дозы радиационной обработки и их мощности, проверено качество клубней при хранении. Как показали исследования, доза должна быть дифференцирована в зависимости от сроков радиационной обработки: 50? 70 Гр — при облучении в октябрь-ноябре, 100 Гр — при облучении в более поздние сроки (до марта). Кроме того, облучать картофель нужно не свежесобраный, а выдержанный 12? 14 суток при температуре 15? 20°С и влажности воздуха не ниже 85%. Также важно исключить нанесение клубням механических повреждений как во время облучения, так и при закладке на хранение. Не рекомендуется в процессе хранения перебирать облученный картофель, так как это увеличивает потери. Радиационная обработка картофеля позволяет длительно хранить его в обычном складе без искусственного охлаждения или химической обработки.

Установлено, что облученный картофель вполне пригоден для промышленной переработки на различные продукты, что позволит обеспечить круглогодичную работу картофелеперерабатывающих предприятий. Представляет интерес возможность радиационной обработки



картофеля с помощью ускорителей с энергией электронов 1 МэВ, что позволяет обрабатывать только поверхностный слой клубня и практически мало воздействует на ткани клубней и лучше сохраняет в них питательные вещества.

Обработка лука ионизирующим излучением дозой 60 Гр позволяет в течение 9? 12 месяцев хранить лук практически без потерь (по сравнению с контролем), не изменяет органолептических свойств и он вполне пригоден для промышленной переработки.

Расчеты, проведенные в Уругвае, показали, что установка для радиационной обработки продуктов в местных условиях рентабельна, если она обрабатывает 25000 т картофеля, 5000 т чеснока в год. Расчеты, проведенные в Голландии на основании успешных полупромышленных испытаний обработки многих продуктов, показали, что экономически рентабельно облучение лука дозой 40 Гр при производительности установки 20 тыс. т в год.

Пущена в эксплуатацию промышленная установка для облучения картофеля и лука в Италии.

Крупномасштабные испытания (несколько десятков тонн) с поставкой потребителям облученного картофеля, по данным МАГАТЭ, были проведены в ФРГ, Италии, Венгрии, Уругвае, Израиле. Аналогичные исследования проводились также в СССР.

Создание многотоннажных производственных установок для радиационной обработки картофеля и лука, хорошо продуманная информация и демонстрация высокого качества этих продуктов среди населения будут способствовать широкому внедрению новой технологии. [6]

### Плоды, ягоды и овощи

Радиационная обработка плодов, ягод и овощей может найти применение для увеличения сроков их хранения, а также повышения сокоотдачи плодового и овощного сырья.

Длительность хранения плодов, ягод и овощей определяется жизнедеятельностью микроорганизмов на их поверхности и устойчивостью тканей к этим фитопатогенным микроорганизмам. Поэтому основная задача при разработке радиационно-биологической технологии состояла в том, чтобы определить оптимальные дозы обработки, позволяющие подавить жизнедеятельность микроорганизмов без глубоких физиологических нарушений в плодах и без ухудшения их товарного вида. Установлено, что доза, равная 3 кГр, для многих видов скоропортящихся свежих плодов и ягод является эффективной для увеличения сроков их хранения в 3-5 раз по сравнению с необлученными и позволяет уменьшить количество отходов. При этом рекомендуется использовать мощность дозы 3,5-4 кГр/ч. В работах разных авторов рассмотрены различные аспекты увеличения сроков хранения: качество растительного сырья, сортовые особенности, условия хранения и транспортировки. В СССР были проведены исследования по радиационной обработке земляники, малины, абрикосов, персиков, винограда, томатов и слив общей массой 50 т с последующей реализацией их через торгующие организации с разрешения Министерства здравоохранения СССР. Однако данные об экономической эффективности этого процесса практически отсутствуют.

Обработка винограда, вишни, малины, сливы дозой 3-4 кГр позволяет увеличить выход сока от 3 до 12%. Радиационная обработка совместно с препаратами ферментов черной смородины увеличивает выход сока на 7-15%, крыжовника — на 5-6%. Радиационная обработка увеличивает выход сока из моркови на 10%, из томатов — на 9, из сливы (в зависимости от степени зрелости) — до 28%. Ионизирующее излучение увеличивает сокоотдачу плодового и овощного сырья при принятой в промышленности технологии, в некоторых случаях смягчает режим тепловой обработки, а иногда позволяет совсем не прогревать сырье. Если учесть, что доза 3 кГр способствует сокращению потерь от микробиологической порчи при хранении, то очевидно, что процесс перспективен. Подсчитано, что в

условиях консервного завода на установке производительностью 1,5 т/ч за сезон можно облучать 5? 7 тыс. т сырья. Сокращая потери от порчи в 3? 5 раз (при потерях 10? 15%), можно сэкономить 150 тыс. руб. (при средней закупочной цене 250 руб. за 1 т). Перерабатывая облученное сырье на соки и увеличивая их выход на 10%, можно дополнительно сэкономить около 250 тыс. руб. [6]

### Рыба и рыбная продукция

Различные виды рыбы и морепродуктов — источник пополнения продовольственных ресурсов. Океан дает людям 10% потребляемого в пищу белка. Однако рыба и морепродукты — скоропортящиеся продукты, так как содержащиеся в них микроорганизмы быстро развиваются при температурах, даже незначительно превышающих среду их обитания. Издавна люди принимали меры, чтобы увеличить сроки хранения рыбы и морепродуктов без потерь, используя сушку, вяление и соление. В настоящее время рыбу коптят, замораживают, консервируют в различном виде, заготавливают различные полуфабрикаты и даже блюда, которые достаточно лишь разогреть. Однако люди охотнее всего употребляют в пищу свежую рыбу. Общеизвестно, что сроки хранения свежей рыбы не превышают нескольких суток. Ежегодные потери морепродуктов, например, в США из-за порчи в процессе хранения составляют миллионы долларов. Следует иметь в виду, что многие районы добычи рыбы и морепродуктов расположены вдали от центров потребления.

Уже сегодня технология, основанная на использовании ионизирующего излучения, в рыбной промышленности может применяться в следующих направлениях: для улучшения оплодотворяемости и выживаемости рыб, увеличения выхода мальков в рыбном хозяйстве и при искусственном разведении различных видов морских моллюсков (устриц, гребешков и т.д.); для увеличения сроков хранения свежей рыбы и других видов продуктов морского промысла (креветок, крабов и др.); для консервирования рыбы, рыбо- и морепродуктов, для обработки рыбной продукции (кормовой муки,

сухой вяленой рыбы и др.) в целях уничтожения сальмонелл или насекомых-вредителей.

Однако наибольшую потенциальную ценность в рыбной промышленности радиационно-биологическая технология представляет для сохранения рыбы и различных видов морепродуктов в свежем и консервированном состояниях. Использование ионизирующего излучения позволяет не только увеличить сроки хранения, но и проводить обработку продукции в упакованном виде, что исключает возможность повторного загрязнения продукции вплоть до ее употребления.

В некоторых странах созданы судовые экспериментальные установки для радиационной обработки рыбы и морепродуктов в условиях морского промысла. Известно также о создании береговой опытно-промышленной установки, которая должна быть установлена на Вентспилском рыбоконсервном комбинате, для которого спроектирован цех радиационного консервирования производительностью 800 кг/ч свежей рыбы при дозе 5 кГр.

На основании проведенных во ВНИИ морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО) комплексных физико-химических, биологических, микробиологических, органолептических и медикобиологических исследований в лабораторных и морских условиях были разработаны основы технологии радиуризации рыбы и рыбных продуктов, которая заключается в том, что радиационная обработка свежей рыбы дозой 2 кГр увеличивает срок ее хранения до 30 суток, а дозой 4 кГр — до 60 суток при температуре 2°C. Технологический процесс заключался в следующем: свежую рыбу разделывали, упаковывали в герметичную упаковку, затем подвергали радиационной обработке и отправляли на хранение. Радиуризация рыбы горячего копчения при дозе 2 кГр увеличивает срок ее хранения в 3-4 раза при температуре 5°C.

Радиационная обработка рыбы и рыбных продуктов, упакованных под вакуумом в полимерную пленку, позволяет продлить сроки хранения при температуре 0-5°C; радиационная обработка в среде гелия дает такой же

результат. Изменения, связанные с обезвоживанием при радиационной обработке, устраняются предварительной обработкой рыбы 10%-ным раствором NaCl в течение 60 мин или 10%-ным раствором триполифосфата натрия в течение 15 мин.

Доказана возможность радиационной обработки рыбы в морской воде с последующим хранением в охлажденном состоянии без воды. Применение дозы выше 6 кГр позволяет хранить рыбу до 60 суток при температуре 0? 5°С.

По расчетам ВНИИ морского рыбного хозяйства и океанографии и ВНИИ радиационной техники, себестоимость 1 т продукции при производительности установки 20 т/сут составит 35 руб.; при 5 т/сут — 121 руб. (доза 2 кГр). Экономический эффект при радиации охлажденной рыбы составляет 72,6 руб. на 1 т (при использовании установки производительностью 20 т/сут), для рыбы горячего копчения — 76 руб., кулинарных изделий — 162 руб., а годовой экономический эффект — примерно 460 тыс. руб.

Таблица №2

Сроки хранения морепродуктов при температуре 0 и 6°С

Вид морепродукта	Доза облучения, кГр	Сроки хранения, сут.	
		0°С	6°С
Филе морского языка	Не облучали	4? 11	3? 7
	1? 1,5	20? 25	3? 8
	2	21? 42	12? 18
Филе английской рыбы	Не облучали	4? 6	-
	1	14? 21	-
	2	21? 28	-
Филе тихоокеанского окуня	Не облучали	6? 7	-
	1,5? 2	25? 28	-

Куски палтуса	Не облучали	4? 18	4? 8
	1	14? 21	-
	2	21? 56	14?
			21
Мясо крупных тихоокеанских крабов	Не облучали	5? 14	3? 7
	1	14? 35	14?
	2	21? 56	21
Мясо камчатских крабов	Не облучали	5? 14	3? 7
	1	21	7? 14
	2	28? 42	14
Тихоокеанские устрицы	Не облучали	20	9
	1	30	11
	2	30? 34	20?
			25

[6]

Таблица №3

СООТНОШЕНИЕ ТРАДИЦИОННЫХ ЕДИНИЦ РАДИОАКТИВНОСТИ С ЕДИНИЦАМИ МЕЖДУНАРОДНОЙ СИСТЕМЫ (СИ)

Наименование величины	Внесистемные единицы	Единицы СИ	Соотношение внесистемных единиц с единицами СИ
Радиоактивность (активность нуклида в радиоактивном источнике)	Кюри (Ки)	Беккерель (Бк)	1 Ки=3,7 · 10 <sup>10</sup> Бк

Радиоактивность вещества (удельная массовая активность)	Кюри на килограмм (Ки/кг)	Беккерель на килограмм (Бк/кг)	Соответственно
Радиоактивность жидкой и газообразной среды (удельная объемная активность)	Кюри (Ки/л)	Беккерель на литр (Бк/л)	Соответственно
Радиоактивность площади (удельная загрязненность площади)	Кюри на квадратный километр (Ки/км <sup>2</sup> )	Беккерель на квадратный километр (Бк/км <sup>2</sup> )	Соответственно
Поверхностное радиоактивное загрязнение	Распад	или	Частица
	мин · с · м <sup>2</sup>		
Экспозиционная доза	Рентген (Р)	Кулон на килограмм	1 Р = 0,258 мКл/кг
Поглощенная доза	Рад	Грей (Гр)	1 рад = 100 эрг/г = 1 · 10 <sup>-2</sup> Дж/кг = 0,01 Гр
Эквивалентная доза	Бэр [1]	Зиверт (Зв)	1 бэр = 0,01 Зв

## **РАДИАЦИОННАЯ ДЕЗИНСЕКЦИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ**

Следует иметь в виду, что для многих пищевых продуктов, которые хранятся или продаются в упакованном виде, радиационная обработка позволит не только их сохранить, но и избежать повторного заражения при

использовании в технологических процессах. Этот вид обработки направлен также на уничтожение насекомых-вредителей, т.е. улучшение качества дезинсекции пищевых продуктов.

На основании исследований по влиянию радиационного облучения на процессы развития и размножения насекомых-вредителей возникли предпосылки для создания некоторых технологических процессов, направленных на уничтожение насекомых-вредителей в зерне и зернопродуктах, сушеных фруктах, овощах и пищевых концентратах. Из возможных объектов, в которых для уничтожения насекомых-вредителей может применяться радиационное облучение, первое место займет зерно (с учетом обработки исходного сырья).

Радиационная дезинсекция зерна по сравнению с существующими конкурирующими методами, например, с получившим широкое распространение химическим методом, имеет следующие преимущества: отсутствует загрязнение окружающей среды; в облученном зерне отсутствуют остатки ядохимикатов; в зерно ничего не добавляется; обработка обеспечивает полное уничтожение насекомых-вредителей, не влияет на качество продукции; процесс радиационной обработки легко механизуется и автоматизируется, конкурентоспособен по технико-экономическим показателям. Химический метод (фумигация) не всегда эффективен против внутренней зараженности зерна, а в некоторых случаях его массовое применение приводит к проявлению форм вредителей, резистентных к используемым химическим веществам. Кроме того, при проведении процесса фумигации создаются вредные условия труда для персонала, производящего обработку зерна, и практически отсутствует возможность полной десорбции фумиганта из продукта. Зерно благодаря своим физико-механическим свойствам, из которых для рассматриваемой технологии определяющим является сыпучесть (текучесть), позволяет создавать установки как с гамма-нуклидными источниками излучения с



высоким КПД использования, так и с ускорителями электронов энергией 1? 3 МэВ.

В настоящее время установлены дозы, при которых полностью стерилизуются амбарный долгоносик, зерновой точильщик и суринамский мукоед, отработаны режимы радиационной обработки. Рекомендовано принять в качестве единой дезинсекционной дозы 200 Гр для зерна, зараженного комплексом насекомых-вредителей.

Для апробации радиационной дезинсекции в некоторых странах были созданы установки с источниками  $\gamma$ -излучения и ускорителями электронов. Так, в США работает стационарная гамма-установка для дезинсекции в потоке незатаренного зерна производительностью 2,3 т/ч при дозе 250 Гр, во Франции — производительностью 4 т/ч при дозе 150? 200 Гр, в Англии — производительностью 30 т/ч при дозе 160 Гр. В СССР Институтом ядерной физики Сибирского отделения АН с участием ВНИИ зерна и зернопродуктов создана установка на основе ускорителя электронов производительностью 50? 100 т/ч, которая успешно прошла производственные испытания и используется в промышленности.

Разработана технология радиационной дезинсекции сушеных фруктов, овощей и пищевых концентратов. Эффективная доза дезинсекции 70 Гр — доза, при которой происходят гибель основных видов насекомых-вредителей и полная стерилизация клещей. На основании исследований Института питания АН и НИИ гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана получено разрешение Министерства здравоохранения на радиационную обработку сушеных фруктов дозой до 3 кГр, концентратов — дозой 700 Гр. Вкус, цвет, запах и питательная ценность облученных продуктов не имели отклонений от нормы. Особенностью облученных сухофруктов является их способность быстрее развиваться (например, при дозе 1 кГр — в 1,5? 2 раза быстрее, чем контрольные образцы). Проведенные исследования позволили предложить процесс радиационной дезинсекции сухофруктов взамен их фумигации химическими веществами типа дихлорэтана, бромистого метила,

сероуглерода. При этом стоимость обработки снизится на 10%. Кроме того, готовые сухофрукты не будут содержать остаточных количеств химических препаратов и улучшатся условия труда обслуживающего персонала. [8]

### БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ, ПРОИСХОДЯЩИЕ В СТЕРИЛИЗОВАННЫХ ПРОДУКТАХ

Биологические изменения, вызванные радиацией, могут носить как положительный (биопозитивный), так и отрицательный (бионегативный) характер.

Для умерщвления микроорганизмов требуются много большие дозы радиации, чем для умерщвления крупных животных. Как правило, смертельная доза радиации тем выше, чем ниже ступень развития организмов. Однако проблема состоит в том, что большие дозы нередко оказываются губительны и для самих пищевых продуктов, вызывая в них нежелательные изменениями вкуса и запаха. В этом отношении особенно чувствительны к радиации мясо, молоко и получаемые из них продукты.

Некоторые из побочных химических реакций, приводящих к такого рода изменениям, удастся частично предотвратить, применяя специальные методы облучения. Например, продукты можно облучать при низких температурах или использовать в облучательных системах так называемые ловители свободных радикалов, принадлежащих наряду с ионами и возбужденными молекулами к весьма реактивным промежуточным продуктам радиационного воздействия. Можно также сочетать облучение с тепловой обработкой, при этом требуемая доза радиации снижается.

Однако все опасения относительно того, что при стерилизации облучением может теряться пищевая ценность продуктов и возникать токсичные или канцерогенные вещества, не имеют под собой почвы. До сего времени не обнаружено никаких специфических для радиации токсичных веществ, а продолжительные опыты, проводимые на животных и людях-добровольцах, показали, что подобные опасения необоснованны. Установлено также, что и питательные свойства продуктов при облучении

ухудшаются во всяком случае не более, чем при обычной тепловой стерилизации.

## КОНТРОЛЬНО-ЛАБОРАТОРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАДИАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ

Радиация не обладает свойствами, которые позволяли бы человеку обнаружить ее при радиационной обработке пищевых продуктов, поэтому необходимо проводить радиационный контроль. При выборе приборов следует руководствоваться нормативными документами, перечнем объектов контроля и контролируемых величин, сведениями о конечных значениях измеряемых параметров. Рекомендуется использовать ряд приборов, выпускаемых отечественными предприятиями.

Универсальный радиометр-спектрометр МКС-А02. Предназначен для поиска, измерения количественных характеристик ядерных излучений ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ), радионуклидов с последующей обработкой информации на компьютере. Габаритные размеры — 290x160x135 мм, масса 3 кг.

Сцинтилляционная установка СКС-50 (Sc). Предназначена для определения удельной активности  $\gamma$ -излучающих нуклидов в пробах продуктов питания. Установка измеряет активность искусственного изотопа  $^{132}\text{Cs}$ , удельную активность нуклидов  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{49}\text{K}$  в различных пробах.

Рентген-флуоресцентный анализатор состава вещества СКС-50Р. Предназначен для определения массовой концентрации элементов, содержащихся в анализируемых веществах. Используется в сельском хозяйстве, пищевой и мясо-молочной промышленности. Изготовитель — предприятие “Грин Стар” НИЦ СНИИП Минатома России, г. Москва.[6]

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ  
ПЕРЕРАБОТКИ ПИЩЕВОГО СЫРЬЯ И КУЛИНАРНОЙ ОБРАБОТКИ  
ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ, ДЛЯ СНИЖЕНИЯ СОДЕРЖАНИЕ В НИХ  
РАДИОНУКЛИДОВ

В результате технологической переработки пищевого сырья и кулинарной обработки продуктов содержание в них радионуклидов существенно снижается.

Например, при переработке зерна в муку и крупу удаляются оболочки, на которых в больших количествах сорбируются радионуклиды. Значительная часть вредных веществ с овощей и фруктов удаляется при мытье и снятии кожуры. При варке картофеля и свеклы, а также капусты, гороха, фасоли, щавеля, грибов и столовой зелени активность радионуклидов снижается еще на 10—20%. Следовательно, вся сельскохозяйственная продукция должна подвергаться тщательной очистке, мытью и соответствующей кулинарной обработке.

Перед приготовлением мясо следует предварительно вымочить в холодной воде небольшими кусками в течение 1—2 ч, затем залить холодной водой и варить при слабом кипении до полуготовности без добавления соли. Необходимо помнить о том, что при жарении мяса и рыбы происходит их обезвоживание и на поверхности образуется корочка, препятствующая выведению вредных веществ.

Для выведения уже попавших в организм радионуклидов рекомендуются следующие мероприятия. Рациональное питание, содержащее в достаточном количестве продукты, вызывающие выраженное механическое, химическое и термическое раздражение, перистальтику кишечника. Полезны продукты, в значительном количестве содержащие грубую растительную клетчатку (хлеб грубого помола, перловая и гречневая каши, холодные фруктовые и овощные супы, блюда из вареных и сырых овощей), а также продукты, содержащие органические кислоты (кефир, простокваша, кумыс).

В результате технологической переработки пищевого сырья и кулинарной обработки продуктов содержание в них радионуклидов существенно снижается.

При варке картофеля и свеклы, а также капусты, гороха, фасоли, щавеля, грибов и столовой зелени активность радионуклидов снижается еще на 10—20%. Следовательно, вся сельскохозяйственная продукция должна подвергаться тщательной очистке, мытью и соответствующей кулинарной обработке.

Нежелательно отваривать и запекать картофель в кожуре. При варке овощей целесообразно сначала отварить их до полуготовности, затем слить воду, залить овощи новой порцией воды.

Необходимо помнить о том, что при жарении мяса и рыбы происходит их обезвоживание и на поверхности образуется корочка, препятствующая выведению вредных веществ.

Для выведения уже попавших в организм радионуклидов рекомендуются следующие мероприятия. Рациональное питание, содержащее в достаточном количестве продукты, вызывающие выраженное механическое, химическое и термическое раздражение, перистальтику кишечника.

Полезны продукты, в значительном количестве содержащие грубую растительную клетчатку (хлеб грубого помола, перловая и гречневая каши, холодные фруктовые и овощные супы, блюда из вареных и сырых овощей), а также продукты, содержащие органические кислоты (кефир, простокваша, кумыс).

В результате исследований установлено, что радионуклиды из сухой заварки чая в заварочную жидкость переходят только через 16—20 ч.

Таким образом, свежезаваренный чай не только безопасен, но и полезен и его можно пить без ограничений.

Расчеты показывают, что при производительности гамма-установки 4000 т мяса в год, дозе излучения 6 кГр и коэффициенте использования излучения 35% стоимость облучения 1 кг мяса, упакованного в полимерную пленку, составит 2 коп., а единовременные капитальные затраты составят 410 тыс. руб. При этом экономический эффект в основном получается за счет

замены стеклянной и жестяной тары на полимерную пленочную упаковку и снижения потерь на 40 кг от каждой тонны по сравнению с замороженным мясом.

## ЛЕКЦИЯ 15

### ТЕМА: ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕМБРАННОЙ НАНОТЕХНОЛОГИИ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

#### План

1. Использование нанотехнологий в пищевой промышленности
2. Вопросы безопасности использования нанотехнологий в производстве продуктов питания.
3. Основные критерии безопасности наночастиц и наноматериалов

Конец XX — начало XXI века ознаменовались формированием одной из ключевых технологий будущего — нанотехнологии, первое определение которой ввел в 1974 году японский профессор Норио Танигухи как «технологии, контролирующей поведение и/или структуру на уровне молекул и атомов».

Нанотехнология — это приемы и методы, позволяющие работать с материальными объектами в нанодиапазоне. Нанодиапазон включает в себя объекты размером от единиц до сотен нанометров (в переводе с греческого «нанос» означает «карлик»). Нанометр — это действительно карликовая единица, одна миллиардная часть метра ( $1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$ ). Чтобы наглядно представить себе такой размер, достаточно знать, что 1 нанометр (нм) — это примерно длина 10 положенных рядом атомов водорода. Сегодня под нанотехнологией понимают технологию получения объектов с характерными структурами размером менее 100 нм.

По мнению многих современных ученых, нанотехнология окажет определяющее воздействие на науку, технику и производство товаров и услуг в XXI веке.

Благодаря нескольким открытиям, сделанным в конце XX века, выяснилось, что между макро- и микромиром лежит малоисследованная область, в которой существуют молекулы и их конгломераты, чье поведение, с одной стороны, нельзя описать методами макромеханики, но с другой — оно не подчиняется и квантовым законам, определяющим поведение атомов и небольших молекул.

Одним из таких открытий явилось обнаружение особых молекул, так называемых фуллеренов и нанотрубок. Фуллерен имеет каркасную структуру, очень напоминающую футбольный мяч, состоящий из «заплаток» пяти- и шестиугольной формы. Если представить, что в вершинах этого многогранника находятся атомы углерода, то мы получим самый стабильный фуллерен C<sub>60</sub> (рис. 2.1).

### **Использование нанотехнологий в пищевой промышленности**

**Рис. 2.1.** Структура фуллерена C<sub>60</sub>

В молекуле C<sub>60</sub>, которая является наиболее известным, а также наиболее симметричным представителем семейства фуллеренов, число шестиугольников равно 20. При этом каждый пятиугольник граничит только

с шестиугольниками, а каждый шестиугольник имеет три общие стороны с шестиугольниками и три — с пятиугольниками.

Самая простая нанотрубка состоит из одного слоя атомов углерода; ее диаметр составляет несколько десятков ангстрем, т. е. приблизительно 1 нм. Нанотрубка — это молекула из более миллиона атомов углерода, представляющая собой трубку с диаметром около нанометра и длиной несколько десятков микрон. В стенках трубки атомы углерода расположены в вершинах правильных шестиугольников (рис. 2.2).

**Рис. 2.2.** Структура углеродной нанотрубки — общий вид

Нанотрубки отличаются от других форм углерода (алмаза, графита и аморфного углерода) по электрическим, магнитным и оптическим свойствам. В зависимости от схемы сворачивания плоскости в трубку, нанотрубки могут быть и проводниками, и полуметаллами, и диэлектриками. В некоторых видах нанотрубок наблюдается даже сверхпроводимость. Примечательно, что щей нанотрубке на два порядка выше, чем в имеющихся в настоящее время объемных сверхпроводниках.

Благодаря особенностям структуры, нанотрубки чрезвычайно прочны как на растяжение, так и на изгиб. Показатель прочности нанотрубок, так называемый модуль Юнга, в 10 раз выше, чем у стали. Что удивительно, при критических нагрузках нанотрубки не рвутся и не ломаются, а перестраивают свою структуру. Такие материалы с наполнителями из нанотрубок сейчас уже предлагают использовать для производства бронежилетов. Прочность и легкость таких изделий не имеют себе равных.

Вторым основополагающим открытием, определившим прорыв в нанотехнологиях, явилось создание туннельной, или зондовой, микроскопии. Принцип такой микроскопии заключается в сканировании поверхности ультратонким зондом, толщина иглы которого может достигать одной молекулы. С помощью этого инструмента можно исследовать ранее



недоступные для визуализации объекты с нанометровым разрешением. Основанные на этом принципе зондовые микроскопы позволяют не только видеть объекты на молекулярном уровне, но и манипулировать ими.

Открытие нанотрубок и атомной силовой микроскопии сконцентрировало внимание научной общественности на наноматериалах — материалах, обладающих уникальными малоизученными свойствами. Современные изыскания вышли далеко за пределы изучения каркасных наночастиц на основе углерода.

Нанобиотехнология — раздел нанотехнологии, занимающийся созданием нанопродуктов для воздействия на живые системы или с использованием живых систем для целей создания нанотехнологических продуктов.

Фактически нанобиотехнологии означают попытку совместить биологические молекулы, системы живой клетки и созданные человеком наноструктуры — живое с неживым. Популярность биологических подходов в нанотехнологиях вызвана стремлением создавать уникальные микромашины, осуществлять сборку сложных наноструктур из составных блоков, доставку и разделение наночастиц и компонентов смесей — все то, что уже миллионы лет реализуется в природных системах.

Интерес к применению наносистем в биологии и пищевой промышленности объясняется несколькими причинами. Во-первых, объекты нанобиотехнологии — живые организмы и их компоненты, находящиеся в нанометровом диапазоне. Размер клеток животных и растений обычно находится в диапазоне 10–50 мкм, а основные компоненты клеток находятся в нанометровом диапазоне. Клеточные мембраны, например, имеют толщину около 10 нм, многие органеллы также имеют размеры в десятки и сотни нанометров. Как известно, белки состоят из аминокислот, а аминокислоты имеют размер около 0,3 нм.

Во-вторых, развитая поверхность дает возможность закреплять молекулы различных веществ, создавая своеобразные наноконструкции «наночастица — биологически активная оболочка».

Еще одна область, в которой нанобиотехнологии занимают лидирующие позиции, — это так называемый биологический наноконструктор, когда биологические системы участвуют в сборке сложных конструкций из наночастиц. В качестве простейшего примера такого конструктора можно привести самосборку наноструктур на основе одиночных молекул ДНК, привитых к наночастицам. Такие частицы будут соединяться только с теми частицами, которые несут вторую комплементарную молекулу ДНК, прочно связываясь с образованием двойной молекулы ДНК. Причем для этого частицы даже не надо специально подводить друг к другу, они сами находят свою вторую «половинку», свободно плавая в растворе. Комбинируя молекулы ДНК, привитые к различным наночастицам, можно создавать достаточно сложные наноструктуры. Считается, что в будущем станет возможным создавать очень сложные наносистемы, используя механизмы, похожие на те, которые работают при строительстве живых организмов из отдельных клеток в живой природе.

Нанотехнология в настоящее время — динамично развивающаяся научная дисциплина. Со стороны национальных правительств, регулирующих органов и деловых кругов существует стойкий интерес к ней. Спектр продукции, изготавливаемой с применением нанотехнологий, уже сейчас довольно широк: солнцезащитные крема, предметы одежды, косметика, фармацевтические препараты, микрочипы, наполнители для автомобильных шин и т. д. По данным Woodrow Wilson International Centre, к октябрю 2010 года только в США было выпущено 580 изделий, изготовленных с применением нанотехнологий. Самая большая категория (61 %) — это продукция, которая имеет отношение к здоровью (одежда,

косметика, солнцезащитные крема и т. д.), а 11 % составляют пищевые продукты и напитки. С марта 2006 года рост в целом составил 175 %.

**Пищевая промышленность.** Из всех нанопродуктов наиболее широко при производстве продуктов питания и напитков используются биокатализаторы или ферменты. Фермент — наноразмерная молекула белка, которая выступает катализатором в химической реакции. Определенные ферменты можно выделить из организма, произведшего их, или изготовить искусственным путем, а затем применять в различных производственных процессах, включая производство пищевых продуктов.

Приблизительно 80% всех промышленных ферментов являются гидролазами и используются для деполимеризации природных веществ. Из данных ферментов 30% составляет карбогидролаза, которая используется в хлебопечении, пивоварении, производстве алкогольных напитков и крахмала.

Тремя основными источниками натуральных ферментов являются растения, животные и микроорганизмы. Микроорганизмы используются более широко, чем растения и животные, поскольку их производство, как правило, дешевле, а их ферментный состав обычно легче прогнозировать и контролировать. Кроме того, легче организовать поставку сырья. Ферменты, производимые грибами (амилазы, диактазы и т. д.), изготавливаются путем стимуляции ферментации субстрата (например, отрубей или пырея) микроорганизмами.

В настоящее время ферменты широко применяются в производстве пищевых продуктов для улучшения текстуры, внешнего вида, питательной ценности и аромата продуктов питания. Ферменты также служат в качестве биодатчиков на токсичность и используются для оценки качества при производстве продуктов питания. Ферменты имеют несколько преимуществ: биоразлагаемость и большая специфичность, благодаря которой уменьшается количество побочных реакций и побочных продуктов, и, следовательно, повышается качество продукции и снижается вероятность загрязнения.

По данным BCC Research, производством и продажей промышленных ферментов занимается сравнительно мало компаний:

- США: Diversa Corp., Genencor, GDS Technology, Specialty Enzymes, ThermoGen;
- Германия: AB Enzymes и X-Zyme;
- Великобритания: Biocatalysts Ltd;
- Дания: Novozymes.

Валовое потребление ферментов в отраслях продуктов питания и напитков (кроме производства спирта) составило (в млн долл. США): в 2007 году — 765; в 2008 году — 688,5; в 2010 году — 805. По прогнозам специалистов в 2014 году их потребление возрастет до 976,5 млн долл. США. Кроме того, данный сегмент быстрее будет расти на развивающихся рынках, на которых

потребляются большие объемы продуктов питания по мере развития их экономик. В результате мировой рынок ферментов для продуктов питания и напитков будет расти с темпами, близкими к 5% в год.

Согласно оценкам, средняя цена промышленных ферментов в 2007–2008 годах составляла около 20 тыс. долл. США за метрическую тонну, к 2014 году она должна снизиться до 13,4 тыс. долл. США.

В производстве продуктов питания и напитков могут использоваться нанохимические датчики и нанобиодатчики.

*Нанохимические датчики* в основном связаны с ароматизацией и ароматизаторами продуктов питания и напитков. В 2003 году ученые из Калифорнийского технологического института запатентовали химический «электрон

ный нос» на основе наночастиц, предназначенный для анализа химического состава различных паров или жидкостей.

Чувствительность к различным молекулам достигается за счет количественного и качественного варьирования состава проводящих и/или

непроводящих участков на матрице датчика. В качестве проводящих участков при этом используются проводящие наночастицы.

Ранее в прессе появлялись сообщения о том, что компания Sony работает над созданием «электронного носа» в рамках совместного проекта с Max Planck Institute. Согласно этим сообщениям, в «электронном носе» будут использоваться наночастицы. Так, датчик, использовавшийся для различения сортов кофе по аромату, представляет нечто аналогичное устройству, запатентованному компанией Sony в 2002 году (Патент США № 6458327, «Electronic Device, Especially Chemical Sensor, Comprising A Nanoparticle Structure»).

*Нанобиодатчик* — это устройство, которое включает:

- а) живой организм или продукт, получаемый от живых систем (например, фермент или антитело);
- б) преобразователь для осуществления индикации, подачи сигнала или другой формы подтверждения присутствия определенного вещества в окружающей среде.

Активные элементы многих биодатчиков, таких как ферменты и антитела, имеют наноразмеры. Данные устройства, с некоторой оговоркой, можно считать нанобиодатчиками. Однако наиболее часто нанобиодатчиками называются только те биодатчики, которые включают структуры, выработанные на наноуровне (например, нанокантилеверы или наноиглы), а не материалы, которые изначально имеют наноразмеры, как, например, ферменты и антитела.

Например, в биодатчиках могут использовать флуоресцирующие или магнитные наночастицы. Данные наночастицы выборочно прикрепляются к определенным болезнетворным микроорганизмам в пище, после чего для обнаружения присутствия даже малейших следов этих микроорганизмов используются приборы, чувствительные к инфракрасному или магнитному излучению.

При производстве продуктов питания и напитков нанодатчики могут использоваться для следующих целей.

1. Мониторинг и контроль технологических процессов. Благодаря повышенной чувствительности и другим возможностям, нанодатчики, вероятно, заменят традиционные датчики, используемые в производстве продуктов питания и напитков для стабилизации параметров производственных процессов (температура, давление и т. д.), или станут их дополнением.

Уже разработаны нанодатчики, которые можно размещать внутри оборудования для производства и распределения продуктов питания (и, в конечном

итоге, в упаковке для продуктов) для обнаружения болезнетворных микроорганизмов. Благодаря своему миниатюрному размеру, в одну микроматрицу можно поместить сотни или даже тысячи таких нанодатчиков, что позволит обнаруживать большое разнообразие болезнетворных микроорганизмов одновременно. Небольшой размер нанодатчиков также дает возможность проникнуть в самые мелкие трещины, где часто и скрываются болезнетворные микроорганизмы.

2. Разработка вкуса и аромата. Так называемые «электронные носы» используются для характеристики сложных вкусов или ароматов в виноделии. Нанохимические датчики могут значительно увеличить возможности этих приборов.

3. Мониторинг свежести. В дополнение к мониторингу присутствия болезнетворных микроорганизмов или загрязнителей в производственном оборудовании в настоящее время разрабатываются нанодатчики, которые смогут контролировать состояние продуктов питания при транспортировке или хранении и сообщать о признаках порчи или загрязнения владельцам или потребителям продуктов питания. Например, в одной из перспективных разработок наночастицы, входящие в состав упаковки, реагируют на

изменения молекулярного состава начинающего скисать молока, что вызывает изменение цвета упаковки.

В долгосрочной перспективе возможно даже, что те же самые нанодатчики в молочном пакете, вызывающие изменение цвета упаковки при порче молока, смогут также передавать сигнал о заканчивающемся сроке годности на ценник, и для других скоропортящихся продуктов. Другие исследователи разрабатывают нанодатчики, которые можно поместить в техническую базу сбыта продукции, а также в саму упаковку для обнаружения присутствия различных болезнетворных микроорганизмов.

В альтернативной технологии нанодатчиков, которая еще находится в стадии разработки, используются наночастицы, которые светятся различными цветами в зависимости от присутствия того или иного болезнетворного микроорганизма. Работники, снабженные ручными инфракрасными или магнитными датчиками, смогут обнаружить присутствие болезнетворных организмов и даже определить их количество.

Разрабатываются также чипы радиочастотной идентификации (RFID) с интегрированными матрицами нанодатчиков, предназначенные для обнаружения признаков порчи или появления болезнетворных микроорганизмов. Эта технология позволит отслеживать состояние продуктов питания удаленно.

4. Использование технологии наночистоты. В молочной промышленности процесс наночистоты в основном используется для выпя

ривания и частичной деминерализации жидкой сыворотки. Сыворотка содержит углеводы (лактозу), белки, минералы, витамины и небольшое количество жира. Помимо этого, белки и лактозу часто отделяют для использования в производстве других пищевых продуктов или в качестве пищевых добавок.

Как правило, процесс отделения белков от сыворотки происходит путем ультрачистоты, тогда как наночистота используется в

следующем этапе процесса для удаления минеральных солей и оставления лактозы и витаминов. Данный процесс называется деминерализацией сыворотки. Растворенное вещество, получаемое в результате нанофильтрации, состоит из соленых сточных вод, тогда как концентрат содержит обессоленные углеводы сыворотки, жир и витамины.

Нанофильтрация, как правило, делает возможным уровень деминерализации на уровне 35 % за один этап и до 45 % за два этапа (после разбавления концентрата он снова проходит этап нанофильтрации). К другим применениям нанофильтрации в молочной промышленности можно отнести предварительное сгущение молока при изготовлении сыра, а также частичную деминерализацию молока.

Нанофильтрация также используется в сахарной промышленности для получения сахара в концентрированной форме. Нанофильтрационная мембрана позволяет воде проходить, удерживая сахар с образованием раствора концентрата.

К другим применениям нанофильтрации в индустрии питания и напитков относятся выделение этанола при производстве кукурузного масла, обессоливание желатина, производство супов и соусов, выделение пищевых масел из рабочих растворителей, а также очистка и ректификация алкогольных и безалкогольных напитков.

5. В пищевой промышленности наноматериалы находят применение в фильтрах для очистки воды.

6. При получении более легких и прочных, термоустойчивых и обладающих антимикробным действием упаковочных материалов. Например, глиняный нанокompозитный материал применяется при производстве пластиковых бутылок для увеличения срока хранения пива и придания бутылкам большей прочности.

Группа Helmut Kaiser Consultancy Group предсказывает, что к 2015 году нанотехнологии будут применяться уже в 40 % пищевой индустрии.



## **Вопросы безопасности использования нанотехнологий в производстве продуктов питания.**

Количество патентов по данному направлению возрастает лавинообразно (рис. 2.3).

**Рис. 2.3.** Тенденции нарастания числа патентов за 1993–2010 гг. в области нанотехнологий в производстве пищевых продуктов, биологически активных и пищевых добавок, упаковки

Количество уже существующей пищевой нанопродукции, а также ожидаемой на российском рынке быстро нарастает (рис. 2.4).

При этом существенную долю данной продукции составляют инженерные наночастицы, искусственно вводимые в пищевые продукты и пищевую упаковку.

Вместе с тем, вопросы оценки безопасности искусственно создаваемых и вводимых или мигрирующих в пищу инженерных наночастиц серебра, селена, двуокиси титана чрезвычайно актуальны и нигде в мировой практике практически не решены до настоящего времени.

Антибиотические свойства серебра известны с XIX века, когда оно широко использовалось в коллоидной форме для лечения различных инфекций. После появления антибиотиков использование серебра пошло на спад, но в настоящее время, в связи с растущей проблемой роста числа бактерий, устойчивых к воздействию антибиотиков, производство и использование коллоидных форм серебра получило новое развитие. Известно, что бактерии не могут вырабатывать аналогичную устойчивость к

серебру, так как ионы серебра воздействуют на ферменты, необходимые бактериям для усвоения кислорода, и они погибают от удушья.

Число доступных продуктов

Годы

**Рис. 2.4.** Прогноз количества нанотехнологий в области пищевых производств

С начала 1990 года в США и других странах потребителям предлагают продукты коллоидного серебра в качестве пищевых добавок. Однако постоянное употребление серебра даже в малых дозах, может вызвать хроническое заболевание, связанное с повышенным содержанием серебра в организме — аргентоз, или аргироз.

Наиболее известный человек, страдающий аргентозом — Пауль Карасон, имеющий в США прозвище Blue Man. Впервые информация в прессе о нем была опубликована 20 декабря 2010 года. Он более 15 лет принимал препараты коллоидного серебра (наносеребра). Изначально с помощью коллоидного серебра Пауль Карасон пытался избавиться от тяжелой формы дерматита. Дерматит прошел, но появился аргироз — болезнь, вызванная длительным отложением в организме серебра, его соединений или серебряной пыли, которая развивается при длительном применении больших доз серебра (концентрацией раствора 30–50 мг/л в течение 7–8 лет с лечебной целью, а также при работе с соединениями серебра в производственных условиях).

Заболевание характеризуется необратимой сильной пигментацией кожи, принимающей серебристый или синевато-серый оттенок (рис. 2.5). Способов лечения на данный момент не существует, хотя ограниченно может помочь лазерная терапия.

В 1999 году Food and Drug Administration (FDA) провела кампанию против рекламы диетических пищевых добавок на основе коллоидного серебра; продукты коллоидного серебра должны проходить все процедуры как при заявке на новое лекарство. В 2003 году в США было арестовано 132 480 бутылок пищевой добавки Seasilver на основе коллоидного серебра на сумму около 5,3 млн долл. США. В 2007 году его потребление в качестве пищевой добавки было незначительным, так как вся отрасль потребляла менее 150 г наночастиц серебра; в ближайшие годы существенного роста потребления пищевых добавок на основе серебра не ожидается.

К сожалению, большинство пищевой нанопродукции на данный момент оценивается как потенциальноопасное (рис. 2.6).

**Рис. 2.6.** Оценка степени опасности пищевых нанопродуктов (по материалам Woodrow Wilson International Centre)

Проблемы нанобезопасности, включая безопасность пищевой продукции, были сформулированы и активно разрабатываются в качестве приоритетных рядом правительственных, межправительственных и общественных организаций:

1. EFSA (European Food Safety Authority, Евросоюз).
2. SCENIHR (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks, Евросоюз).
3. DEFRA (Department for Environment, Food and Rural Affairs, Великобритания).
4. FSA (Food Standards Agency, Великобритания).
5. FDA (Food and Drug Administration, США).
6. US EPA (U.S. Environmental Protection Agency, США).
7. ISO (International Organization for Standardization).
8. NATO, PEN (Project on Emerging Nanotechnologies) и др.

В Российской Федерации хорошо понимают эту проблему. Вопросы пищевой нанобезопасности в настоящее время разрабатываются в рамках Федеральной целевой программы «Развитие инфраструктуры наноиндустрии в Российской Федерации на 2008–2011 годы», Государственный контракт № 01.648.12.3023 «Разработка нормативно-методического обеспечения и средств контроля содержания и безопасности наночастиц в продукции сельского хозяйства, пищевых продуктах и упаковочных материалах», основными исполнителями которого являлись Московский государственный университет пищевых производств (МГУПП) — головной исполнитель, научно-исследовательский институт питания РАМН, Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы, Институт биохимии РАН им. А. Н. Баха и Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

Цель проекта — создание комплекса методов, средств и руководств по их применению для контроля содержания и безопасности наночастиц и наноматериалов, содержащихся в сельскохозяйственной продукции, пищевых продуктах и упаковочных материалах.

В рамках проекта разработаны несколько методик анализа нанодисперсий тяжелых металлов и их оксидов в пищевых матриксах методами просвечивающей электронной микроскопии, атомно-силовой микроскопии, динамического светорассеивания. Подготовлены и утверждены на государственном уровне три документа:

Методические рекомендации МР «Методы отбора проб, выявления и определения содержания наночастиц и наноматериалов в составе сельскохозяйственной, пищевой продукции и упаковочных материалов».

2. Методические указания МУ 1.2.2637–10 «Порядок и методы проведения контроля миграции наночастиц из упаковочных материалов».

3. Методические указания МУ 1.2.2638–10 «Оценка безопасности контактирующих с пищевыми продуктами упаковочных материалов, полученных с использованием нанотехнологий».

Кроме того, в МГУПП создана и оборудована уникальная, первая для пищевой отрасли России, аналитическая эталонная нанолаборатория с широкими возможностями анализа пищевых нанодисперсий, имеющая непрерывно пополняемую базу данных по разработкам в области пищевых нанотехнологий.

В рамках этого проекта был разработан «Перечень критериев безопасности наночастиц и наноматериалов».

**Основные критерии безопасности наночастиц и наноматериалов** включают следующие:

**1. Происхождение наноформы.** Любой наноматериал может быть получен двумя способами: дроблением макроскопического объекта до уровня нанодисперсии (top-down) или ассоциацией молекул (bottom-up).

В тех случаях, когда макроформа или молекулярная форма являются натуральными, а следовательно, и нетоксичными для человеческого организма компонентами, то получаемая из них наноформа должна априорно признаваться безопасной до тех пор, пока в каждом конкретном случае не доказано противное. Примерами таких безопасных наноматериалов в соответствии с данной классификацией служат нанодисперсии бета-каротина, коэнзима Q10, карбоната кальция или натуральных глинистых минералов (top-down) и нанотрубки молочного белка альфа-лактальбумина (bottom-up).

Остальные нанодисперсии пока следует рассматривать как потенциально опасные. В пищевой отрасли к таковым относят нанодисперсии серебра, селена, золота, железа, двуокиси титана, двуокиси кремния (кремнезем, диатомит, силикагель), окиси цинка.

**2. Растворимость наноматериалов в воде и биологических жидкостях.** Этот критерий позволяет подразделять все наноматериалы на те, которые за счет быстрого растворения утрачивают свою наноидентичность при попадании в желудочно-кишечный тракт, и те, которые ее сохраняют. Потенциальную опасность в качестве наноматериалов представляют только вторые, а безопасность материалов первой категории определяется только уровнями традиционных токсических контаминантов (тяжелых металлов, пестицидов, радионуклидов, микотоксинов, полиароматических углеводородов и т. д.), а также микробиологических загрязнителей. В определенной дозе такие материалы могут быть токсичными, но эта токсичность обусловлена их молекулярными формами, а не исчезающей при попадании в организм наноструктурой.

**3. Размеры нанодисперсии.** Благодаря достоверно установленной способности наночастиц проникать сквозь клеточные мембраны, оценку потен

циальной опасности следует проводить для нерастворимых в воде и биологических жидкостях, ненатуральных для организма нанодисперсии частиц, наибольший размер которых не превышает 100 нм. Согласно этому критерию, оценка потенциальной опасности должна проводиться для частиц, все три измерения которых лежат в пределах 100 нм.

Пленки и волокна, у которых, соответственно, два или один размер существенно превышают наноуровень, априорно следует оценивать исходя из общих критериев безопасности, пока в каждом конкретном случае не доказана необходимость учета рисков, связанных с наноразмерными эффектами.

К сожалению, из-за сложной структуры пищевых продуктов (наличие собственных коллоидных структур, многокомпонентность и многофазность, изменчивость в течение времени) непосредственное применение общепринятых методов для анализа и контроля невозможно.

Исследование продуктов питания на предмет наличия в них наночастиц с целью определения их формы, размера и концентрации в продуктах питания проводят в несколько этапов.

1. На этапе отбора образца должна соблюдаться стерильность, так как продукты питания могут быть богатой питательной средой для различных микроорганизмов, что особенно актуально для таких продуктов, как молоко, соки, пиво и т. д.

2. Пробоподготовка — ключевой этап в исследовании, так как именно этот этап позволяет применять стандартные методы исследования. Основная цель пробоподготовки — получить препарат, который можно исследовать стандартными методами. В связи с этим, в зависимости от исследуемого объекта, пробоподготовка различается. В частности, при исследовании пива нужно сделать лишь серию разбавлений, а для исследования молока необходимо предварительное проведение гидролиза, диализа, центрифугирования.

Исследовать продукты питания после пробоподготовки можно различными стандартными методами, например, методом атомно-силовой микроскопии (АСМ). Исследуемое вещество в этом методе — раствор наночастиц в воде или другом растворителе, не содержащем посторонних веществ или содержащем их в малых количествах. Данный раствор наносят на подложку (слода, полимер) и после высыхания проводят измерения.

3. На этапе анализа данных осуществляют обработку информации, полученной в результате исследования, включающую выравнивание изображений, использование различных фильтров, применение программ для статистического анализа. На выходе получают статистические данные о форме и размерах частиц. Также можно сделать вывод о концентрации частиц при применении определенных методов.

В аналитической эталонной нанолaborатории МГУПП при определении наночастиц серебра, которое обладает высокой бактерицидной активностью и в связи с этим используется в упаковке, необходимо учитывать, что в зависимости от типа упаковки миграция таких частиц в продукт может происходить с разной скоростью или в идеальном случае не происходить вовсе. Важное условие — нахождение наночастиц в продукте в допустимых концентрациях. Методика пробоподготовки молока осуществляется по следующей схеме:

ИСХОДНЫЙ ПРОДУКТ → ГИДРОЛИЗ → ЦЕНТРИФУГИРОВАНИЕ  
→ ДИАЛИЗ → ПРОВЕДЕНИЕ АСМ-ИЗМЕРЕНИЯ

На рис. 2.7 и 2.8 приведены результаты укрепления наночастиц серебра в молоке при гидролизе.

**Рис. 2.7.** Укрепление наночастиц серебра при кислотном гидролизе

**Рис. 2.8.** Изображение наночастиц серебра при ферментативном гидролизе молока