

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Иркутский государственный университет»  
ГОУ ВПО «Бурятский государственный университет»

**Л. П. ШАУЛИНА, Л. Н. КОРСУН**

**КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА И  
БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩЕВЫХ  
ПРОДУКТОВ  
И ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО СЫРЬЯ**

*Учебное пособие*



УДК 641.1(075.8)

ББК 51.23я73

Ш29

*Печатается по решению ученого совета химического факультета  
Иркутского государственного университета*

*Р е ц е н з е н т ы*

**Л. В. Тумурова,**

канд. хим. наук, доц. кафедры общей и неорганической химии БГУ, химик-эксперт химико-токсикологической лаборатории Республиканского наркологического диспансера Министерства здравоохранения Республики Бурятия

**Л. Н. Димова,**

канд. хим. наук, доц. кафедры общей и неорганической химии ИГУ

Ш29 **Шаулина Л. П.**

Контроль качества и безопасности пищевых продуктов и продовольственного сырья : учеб. пособие / Л. П. Шаулина, Л. Н. Корсун. – Иркутск : Изд-во ИГУ, 2011 – 111 с.

Учебное пособие разработано в соответствии с требованиями, предъявляемыми квалификационными характеристиками ООП подготовки бакалавров и магистров по направлению «Химия» (020100.62) – профилю «Аналитическая химия»

Рассмотрены вопросы классификации пищевых продуктов, нутриенты и ксенобиотики, входящие в их состав, основные пути загрязнения продуктов питания, токсиколого-гигиенические характеристики контаминантов и способы их количественного определения. Дана характеристика пищевых добавок, генномодифицированных продуктов, биологически-активных веществ и упаковочных материалов. Рассмотрена организация системы сертификации пищевых продуктов и продовольственного сырья.

Учебное пособие предназначено для студентов, аспирантов и преподавателей, занимающихся анализом пищевых продуктов и продовольственного сырья.

Библиогр. 44 назв. Ил. 3. Табл. 37.

УДК 641.1(075.8)

ББК 51.23я73

© Шаулина Л. П., Корсун Л. Н., 2011  
© ФГБОУ ВПО «ИГУ», 2011

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>1. Проблемы продовольствия и пути их решения .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Термины и определения .....</b>	<b>8</b>
<b>3. Классификация пищевых продуктов и химических соединений в пищевых продуктах .....</b>	<b>10</b>
<b>4. Основные пути загрязнения продуктов питания и продовольственного сырья. Классификация контаминантов.....</b>	<b>12</b>
<b>5. Современное состояние аналитической химии пищевых продуктов и продовольственного сырья .....</b>	<b>14</b>
5.1. Пробоподготовка. Минерализация объектов.....	15
5.2. Способы интенсификации процессов разложения.....	17
<b>6. Органолептический (сенсорный) анализ в контроле качества пищевых продуктов .....</b>	<b>18</b>
<b>7. Токсиколого-гигиенические характеристики контаминантов. Способы их количественного определения. 23</b>	
7.1. Загрязнение пищевых продуктов и продовольственного сырья токсичными веществами, продуктами метаболизма, хозяйственной деятельности человека и выбросами промышленных предприятий.....	23
7.1.1. Токсичные элементы.....	23
7.1.2. Микотоксины.....	33
7.1.3. Диоксины .....	37
7.1.4. Полициклические ароматические углеводороды.....	42
7.2. Загрязнение веществами и соединениями, применяемыми в животноводстве .....	46
7.2.1. Антибиотики и противомикробные средства.....	46
7.2.2. Гормональные препараты .....	51
7.3. Загрязнение веществами и соединениями, применяемыми в растениеводстве.....	52
7.3.1. Регуляторы роста растений .....	52
7.3.2. Нитраты, нитриты, нитрозосоединения.....	53
7.3.3. Пестициды .....	57

<b>8. Пищевые добавки.....</b>	<b>62</b>
8.1. Определение и классификация пищевых добавок .....	62
8.2. О безопасности пищевых добавок .....	65
8.3. Основные группы пищевых добавок .....	67
8.3.1. Консерванты .....	67
8.3.2. Антиокислители – антиоксиданты .....	70
8.3.3. Вещества, влияющие на структуру и физико-химические свойства пищевых продуктов .....	74
8.3.4. Подслащивающие вещества.....	77
8.3.5. Ароматизаторы и вещества, усиливающие аромат и вкус .....	82
8.3.6. Вещества, улучшающие внешний вид пищевых продуктов .....	86
<b>9. Генномодифицированные продукты.....</b>	<b>89</b>
9.1. Методы определения генномодифицированных продуктов .	92
<b>10. Биологически активные добавки.....</b>	<b>93</b>
<b>11. Полимерные и другие материалы, используемые в пищевой промышленности .....</b>	<b>95</b>
11.1. Соединения, применяемые в технологии полимерных материалов .....	96
11.2. Полимерные материалы, используемые в пищевой промышленности .....	97
11.3. Утилизация упаковочного материала.....	99
<b>12. Сертификация .....</b>	<b>100</b>
12.1. Сертификация как процедура подтверждения соответствия.....	103
12.2. Декларирование соответствия.....	105
12.3. Сертификация пищевых продуктов.....	105
12.4. Аккредитация органов по сертификации и испытательных лабораторий.....	107
<b>Использованная литература .....</b>	<b>108</b>

# 1. ПРОБЛЕМЫ ПРОДОВОЛЬСТВИЯ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Население земного шара составляет ~7 млрд человек и ежедневно увеличивается на 250–300 тыс., а каждую неделю в среднем – на миллион. Современный человек потребляет в сутки ~ 800 г пищи и 2 л жидкости. Суточный рацион населения планеты, таким образом, составляет более 4 млн т пищи. Производство продовольственного сырья отстает и будет отставать от темпов роста населения. Дефицит продуктов питания приближается к 60 млн т. Остро стоит проблема недостаточного потребления населением белков и витаминов.

Значительная роль в покрытии мирового дефицита отводилась интенсификации сельскохозяйственного производства. Доказано, что ликвидировать возрастающий дефицит за счет расширения посевных площадей, увеличения поголовья скота, продуктивности растениеводства и животноводства невозможно. Реален другой подход. Это повышение пищевой ценности продуктов, что связано с использованием урожайных сортов растений с высоким содержанием белка, витаминов, выведением новых пород сельскохозяйственных животных.

Необходимо помнить, что в ходе длительной эволюции в природе вырабатывались определенные типы обмена веществ в живых организмах. Они и обеспечивали незаменимость отдельных компонентов пищевых продуктов и соответствующую ферментативную организацию клеток и тканей организма.

Химическая структура пищи, по-видимому, явилась тем первичным кодом, который и определил типы обмена веществ и биохимию организма. Например, в хлеб для улучшения его качества вводят различные ингредиенты. В Японии пользуется популярностью «зеленый хлеб», который пекут из обычной муки, но при замесе добавляют порошок из зеленых водорослей. Хлеб рекомендуют гипертоникам, страдающим заболеваниями щитовидной железы. В качестве добавки широко используют соевые отруби (~ 12 %). В японской кухне хризантемы являются компонентами многих блюд. Основное меню японцев – это рис, рыба. Введение в рацион цветов, корней и других растений, богатых витаминами и микроэлементами – это восстановление необходимого баланса.

Качественно иная система питания у славянских народов, следовательно, иная и биохимия обмена веществ.

В современной пищевой промышленности находят применение различные приемы улучшения качества пищевых продуктов и совершенствования технологического процесса. Считают, что наиболее экономически выгодным является применение пищевых добавок, в результате чего они получили широкое распространение в большинстве стран.

Один из путей решения продовольственной проблемы – химический синтез пищевых продуктов и их компонентов, в частности производство витаминных препаратов и их премиксов. Биотехнология позволяет решить проблемы белка и витаминов за счет высокой скорости роста микроорганизмов, которая в 1000 раз превышает скорость роста сельскохозяйственных животных, и в 500 раз – растений. Для выращивания микроорганизмов используют разнообразные химические продукты и соединения: природный газ, нефть, крахмал, гидролизаты и т. д.

Качественно иное направление возможного решения проблемы продовольствия – применение генетически модифицированных (ГМ) продуктов.

Использование семян генетически измененных растений значительно повышает урожайность. Существует мнение, что при нынешнем количестве населения планеты только ГМ продукты могут избавить мир от угрозы голода, так как при помощи генной модификации можно увеличивать урожайность и изменять качество пищи. Противники считают, что при современном уровне агротехники и механизации сельскохозяйственного производства уже существующие сейчас сорта растений и породы животных способны обеспечить население планеты высококачественным продовольствием (проблема же возможного мирового голода вызвана исключительно социально-политическими причинами, а потому и решена может быть не генетиками, а политическими элитами государств).

Разработка ГМ продуктов некоторыми учеными рассматривается как естественное развитие работ по селекции животных и растений. Другие же, напротив, считают генную инженерию отходом от классических принципов селекции, так как ГМ продукты – это не результат постепенного выведения нового сорта (породы) организмов путем естественного размножения, а, фактически искусственно синтезированный в лаборатории новый вид. Вмешательство в естественные природные процессы может пагубно сказаться на потребителях модифицированных продуктов,

а также привести к экологическому дисбалансу, нарушению питательной трофической цепи и т. д.

Пища содержит более 600 веществ, необходимых для нормальной жизнедеятельности. Каждое из этих веществ занимает свое место в цепочке биохимических процессов. 96 % получаемых с пищей органических и неорганических веществ обладают определенными лечебными свойствами. Здоровье человека, его состояние зависят от того, в каких количествах содержатся эти вещества в продуктах, потребляемых человеком.

Проблемы окружающей среды, широкое применение в сельском хозяйстве пестицидов, удобрений, гормональных препаратов, антибиотиков, развитие новых технологий, использование новых пищевых добавок, создание генетически модифицированных продуктов, фальсификация пищевых продуктов сделали необходимым включение пищевых продуктов и продовольственного сырья в сферу эколого-аналитического мониторинга. Согласно данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) в промышленности используется более 500 тыс. химических соединений, из них – 40 тыс. вредных и 12 тыс. токсичных. Для многих соединений не установлены предельно допустимые уровни содержания, в том числе и для пищевых продуктов.

В связи с этим актуальной задачей является контроль качества пищевых продуктов, цель которого – защита потребителя от некачественных и опасных продуктов.

**Качество пищевых продуктов определяется** тремя составляющими:

- органолептические показатели;
- качественные показатели – соответствие требованиям нормативных документов для конкретного продукта;
- показатели безопасности.

В последнее десятилетие в нашу страну ввозится ~40 % импортных пищевых продуктов и это ставит ее на грань продовольственной зависимости. Надежная продовольственная безопасность возможна в том случае, когда 75–80 % потребности основных видов пищевых продуктов обеспечивается отечественным производством.

**Цель данного учебного пособия** – познакомить студентов с основными компонентами – загрязнителями пищевых продуктов, их классификацией, нормативными документами, регламентирующими качество и безопасность, дать представление о методах количественного определения контаминантов.

## 2. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

**Пищевые продукты (ПП)** – продукты, произведенные из пищевого сырья и используемые в пищу в натуральном или переработанном виде.

**Продовольственное сырье (ПС)** – объекты растительного, животного, микробиологического, минерального происхождения, вода, используемая для производства ПП.

**Безопасность ПП** – отсутствие токсического, канцерогенного, мутагенного или любого другого неблагоприятного действия ПП на организм человека при употреблении их в общепринятых количествах.

**ДСД** – допустимая суточная доза.

**ПДК** – предельно допустимая концентрация.

**ДСП** – допустимое суточное потребление.

**ЛД<sub>50</sub>** – среднесмертельная доза, т. е. доза, которая вызывает гибель 50 % подопытных животных.

**Качество** – совокупность свойств и характеристик продукции, которая придает ей способность удовлетворять обусловленные или предполагаемые потребности.

**Система качества** – совокупность организационной структуры, ответственности процедур, процессов и ресурсов, обеспечивающих осуществление общего руководства качеством.

**Обеспечение качества** – совокупность планируемых и систематически проводимых мероприятий, необходимых для создания уверенности в том, что продукция удовлетворяет определенным требованиям качества. Важная роль отводится внешнему виду, органолептическим показателям, упаковке, информации для потребителя о качестве и направлении использования продукта.

**Фальсификация ПП и ПС** – изготовление и реализация поддельных ПП и ПС, несоответствующих своему названию и рецептуре.

**Идентификация ПП и ПС** – установление тождественности характеристик продукции ее существенным признакам.

**Нормативный документ (НД)** – документ, устанавливающий правила, общие принципы или характеристики, касающиеся различных видов деятельности или их результатов и доступный широкому кругу пользователей.

**Сертификация** – форма осуществления органом по сертификации подтверждения соответствия объектов требованиям



технических регламентов, положениям стандартов, сводов правил или условиям договоров.

**Система сертификации** – совокупность правил выполнения работ по сертификации, ее участников и правил функционирования системы сертификации в целом.

**Сертификат соответствия** – документ, удостоверяющий соответствие объекта требованиям технических регламентов, положениям стандартов, сводов правил или условиям договоров.

**Третья сторона** – лицо или орган, признанные независимыми ни от поставщика (**первая сторона**), ни от покупателя (**вторая сторона**).

**Проверка соответствия** – подтверждение соответствия продукции (процесса, услуги) установленным требованиям посредством изучения доказательств.

**Испытание** – техническая операция, заключающаяся в определении одной или нескольких характеристик данной продукции в соответствии с установленной процедурой по принятым правилам. Испытания осуществляют в **испытательных лабораториях**.

**Аккредитация лабораторий** – официальное признание того, что испытательные лаборатории правомочны осуществлять конкретные испытания или конкретные типы испытаний.

**Надзор за соответствием** – повторная оценка с целью убедиться в том, что продукция (процесс, услуга) продолжает соответствовать установленным требованиям.

**Контроль** – оценка соответствия путем измерения конкретных характеристик продукта (частное понятие оценки соответствия). Контроль включает два элемента: получение информации о фактическом состоянии объекта (для продукции – о ее качественных и количественных характеристиках) и сопоставление полученной информации с установленными требованиями с целью определения соответствия, т. е. получение вторичной информации.

**Производственный контроль** – соблюдение стандартов, медико-биологических требований и санитарных норм на всех этапах производства: использование сырья, технологическая обработка, хранение и реализация готовой продукции.

**Ведомственный и государственный контроль** складывается из соответствующих требований и обусловлен развитием системы контроля качества пищевой продукции в РФ и за рубе-

жом. Его осуществляют: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Ростехрегулирование), Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор), Комитет РФ по торговле, Государственный таможенный комитет РФ, Министерство внутренних дел РФ, Государственная инспекция по заготовкам и качеству сельскохозяйственной продукции, Государственная ветеринарная инспекция РФ, Торгово-промышленная палата, Бюро товарных экспертиз и т. д.

**Знак соответствия** – защищенный в установленном порядке знак, применяемый (или выданный органом по сертификации) в соответствии с правилами системы сертификации, указывающий, что обеспечивается необходимая уверенность в том, что данная продукция (процесс, услуга) соответствует конкретному стандарту или другому нормативному документу. Знаком соответствия маркируется товар и в том случае, если он соответствует всем требованиям стандарта.

**Маркировка** продовольственных товаров – средство обеспечения контроля их качества. Маркировки подразделяются на транспортные и маркировки потребительских товаров в зависимости от вида тары и упаковки.

### **3. КЛАССИФИКАЦИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ И ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ**

**В зависимости от назначения** ПП подразделяются на 3 группы:

**1-я группа** – продукты массового потребления, выработанные по традиционным технологиям и предназначенные для питания основных групп населения.

**2-я группа** – **лечебные (диетические) и лечебно-профилактические** продукты, специально созданные для лечебного и профилактического питания. В эту группу входят витаминизированные, низкожировые (снижение жира на 33 %), низкокалорийные продукты (менее 40 ккал/100 г), с повышенным содержанием пищевых волокон, уменьшенным количеством сахара, холестерина.

**3-я группа – продукты детского питания**, специально созданные для питания здоровых и больных детей до трехлетнего возраста.

**С учетом общих характерных признаков и особенностей** использования все ПП объединены в однородные группы продуктов:

- молоко и молочные продукты;
- мясо и мясные продукты;
- рыба, рыбные продукты и морепродукты;
- яйца и яйцепродукты;
- пищевые жиры;
- крупы и макаронные изделия;
- мука, хлеб и хлебобулочные изделия, отруби;
- овощи, плоды (фрукты, ягоды, орехи) и грибы свежие и переработанные;
- сахар и его заменители, мед, кондитерские изделия;
- консервы и концентраты;
- вкусовые продукты (чай, кофе, пряности, приправы, пищевые кислоты);
- минеральные воды.

ПП представляют собой сложные многокомпонентные системы, состоящие из сотен химических соединений. Эти соединения условно классифицируют следующим образом:

**1. Соединения, имеющие алиментарное значение. Это необходимые организму нутриенты:** белки, жиры, углеводы, витамины, минеральные вещества.

**2. Вещества, участвующие в формировании вкуса, аромата, цвета, предшественники и продукты распада основных нутриентов,** другие биологически активные вещества. Они **условно носят неалиментарный характер.** К этой группе относят природные соединения, которые обладают антиалиментарными токсичными свойствами, например соланин в картофеле, фазин в фасоли, или препятствуют обмену нутриентов, например авитамины.

**3. Чужеродные, потенциально опасные соединения** антропогенного или природного происхождения. Их называют **контаминантами, ксенобиотиками** или чужеродными химическими веществами. Эти вещества могут быть как органической, так и неорганической природы, в том числе и микробиологического происхождения.

## **4. ОСНОВНЫЕ ПУТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ И ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО СЫРЬЯ. КЛАССИФИКАЦИЯ КОНТАМИНАНТОВ**

**1. Использование неразрешенных красителей, консервантов, антиокислителей** или их применение в повышенных дозах.

**2. Применение новых нетрадиционных технологий** продуктов питания или отдельных веществ, в том числе полученных путем химического и микробиологического синтеза.

**3. Загрязнение сельскохозяйственных структур** и продуктов животноводства пестицидами, используемыми для борьбы с вредителями растений и в ветеринарной практике для профилактики заболеваний животных (используют около 600 препаратов на основе 300 действующих веществ).

**4. Нарушение гигиенических правил** использования в растениеводстве удобрений, оросительных вод, различных отходов промышленности, коммунальных, сточных и других вод, осадков очистительных сооружений.

**5. Использование** в животноводстве и птицеводстве **неразрешенных** кормовых добавок, консервантов, стимуляторов роста.

**6. Миграция** в продукты питания **токсичных** веществ из пищевого оборудования, посуды, инвентаря, тары, упаковок вследствие использования неразрешенных полимерных, резиновых и металлических материалов.

**7. Образование** в пищевых продуктах **эндогенных, токсичных соединений** в процессе теплового воздействия, кипячения и других способов технологической обработки.

**8. Несоблюдение санитарных требований** в технологии производства и хранения пищевых продуктов, что приводит к образованию бактериальных токсинов (микотоксинов, батулотоксинов и др.).

**9. Поступление** в продукты питания **токсичных веществ**, в том числе радионуклидов из окружающей среды, атмосферного воздуха, почвы, водоемов.

С точки зрения токсичности и распространенности **наибольшую опасность имеют следующие контаминанты.**

**Токсины микроорганизмов** – наиболее опасные природные загрязнители, распространены в растительном сырье, например в импортном арахисе обнаруживаются афлотоксины до 26 % от объема исследуемого продукта, кукурузе – 2,8 %, ячмене – до 6 %. Патулин выявляется в продуктах переработки фруктов – соке, джеме, пюре, что связано с нарушением технологий и использованием нестандартного сырья.

**Токсичные элементы** (тяжелые металлы), основные источники загрязнения – угольная, металлургическая, химическая промышленность и т. д.

**Антибиотики**, их остаточные количества обнаруживаются в 15–25 % продукции животноводства и птицеводства. Проблема усугубляется тем, что методы контроля и нормативы разработаны только для нескольких из множества применяемых антибиотиков.

**Пестициды** могут накапливаться в продовольственном сырье и пищевых продуктах вследствие бесконтрольного использования средств защиты растений.

**Нитраты, нитриты, нитрозоамины.** Проблема связана с нерациональным использованием удобрений, что приводит к накоплению контаминантов, усилению процесса нитрозирования и образованию высокотоксичных соединений – нитрозоаминов. В настоящее время нитрозоамины встречаются практически во всех мясных, рыбных и других продуктах, при этом до 36 % мясных и 51 % рыбных продуктов содержат их в концентрациях, превышающих гигиенические нормативы.

**Диоксины и диоксиноподобные** соединения, среди которых особо опасными являются хлорорганические – их источником служат хлорные производства.

**Полициклические ароматические углеводороды**, образуются в результате природных и техногенных процессов.

**Радионуклиды** – природные и искусственные источники.

**Пищевые добавки** – подсластители, ароматизаторы, красители, антиоксиданты, стабилизаторы.

Некоторые группы токсичных соединений, подлежащие контролю в отдельных ПП и ПС, приведены в табл. 1.

Загрязнители, подлежащие контролю в различных группах ПП и ПС

Группы ПП и ПС	Загрязнители
Зерно и зернопродукты	Пестициды, микотоксины (афлотоксины)
Мясо и мясопродукты	Токсичные элементы, нитриты, антибиотики, нитрозоамины, гормональные препараты, полихлорированные дибензодиоксины и дибензофураны
Овощи, фрукты, продукты их переработки, картофель	Пестициды, нитраты, патулин
Молоко и молокопродукты	Пестициды, антибиотики, токсичные элементы, афлотоксин, полихлорированные дибензодиоксины и дибензофураны

## **5. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ И ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО СЫРЬЯ**

Сравнительно недавно основное значение в оценке качества ПП придавали сенсорному органолептическому анализу. Сегодня эта область анализа является важной частью контроля пищи, но не решающей. Известно, что с помощью добавок (в том числе токсичных) можно придать продукту ряд прекрасных органолептических свойств.

Анализ ПП – сложная аналитическая задача. Главная причина затруднений – их многокомпонентность и индивидуальность. Кроме того, следует учитывать агрегатное состояние, полидисперсность, соотношение компонентов и т. д. Поэтому возникает необходимость приспособления даже простых стандартных методов к особенностям состава и структуры каждого продукта. Своеобразие состава и форм нахождения определяемых компонентов в ПП осложняет и процесс пробоподготовки: необходимо отделять определяемый компонент от сопутствующих, что значительно удлиняет анализ.

Химический анализ позволяет осуществлять контроль не только качества сырья, продуктов, но и этапы технологического процесса с целью внесения корректив в технологию производства.

К методам анализа, используемым в контроле качества, предъявляется ряд требований: 1) высокая чувствительность;

2) селективность и разрешающая способность; 3) точность и воспроизводимость; 4) экспрессность; 5) возможность одновременного определения нескольких веществ; 6) простота пробоподготовки; 7) несложное приборное оборудование; 8) возможность автоматизации; 9) возможность проведения анализа в полевых условиях. При выборе метода анализа трудно удовлетворить все условия, поэтому приходится принимать компромиссные решения.

Состояние аналитической химии ПП и ПС не соответствует современному уровню аналитической химии в целом.

## 5.1. Пробоподготовка. Минерализация объектов

Анализ ПП и ПС наряду с некоторыми особенностями, обусловленными наличием сложной (в основном, органической) матрицы, сводится к трем основным этапам:

- отбор образца, типичного для объекта исследования;
- подготовка образца к анализу (с минимальными потерями или даже с концентрированием, если интересует содержание микропримесей);
- количественный анализ и статистическая оценка результатов.

Анализ проб ПП и ПС проводится в соответствии с НД, которые содержат описание процедур всех перечисленных выше этапов.

Для определения токсичных элементов пробоподготовка, согласно НД, проводится методами **сухой, мокрой минерализации, кислотной экстракции**.

Чаще всего органическую матрицу пищевого объекта разрушают мокрым и сухим путем.

Метод с применением **сухого озоления, сжигания и горения в кислороде** более прост и его предпочитают мокрому. Этот метод предусматривает полное разрушение органической части образца с использованием термической обработки – прокаливание в муфельных печах при  $t = 400\text{--}500$  °С. Достоинство этого способа озоления – простота и доступность, Недостаток – длительность (для сахаров  $\square$  30 ч), возможны потери летучих элементов. Этот способ не применяют при анализе следовых коли-

честв элементов, либо осуществляют минерализацию в замкнутой системе.

**Мокрая минерализация** – это окислительное разложение проб сильными неорганическими кислотами-окислителями в разных соотношениях и комбинациях с последующей термообработкой. Используется в тех случаях, когда основой является биоматрица.

Минерализация должна обеспечить полное удаление органических соединений; постоянство содержания определяемого металла; нахождение элементов в постоянной химической форме, пригодной для определения выбранным методом. Если первое условие легко выполнимо, то два других связаны со сложностью из-за летучести, возможности образования нерастворимых осадков, адсорбции на поверхности посуды. Потери при этом сводятся к минимуму, но возрастает возможность загрязнения за счет реактивов. Используют различные **способы мокрого озоления**:

- обработка азотной кислотой (способ Кариуса),
- обработка серной кислотой (способ Кьельдаля),
- обработка смесью серной и азотной кислот (способ Дениже) с соотношением кислот 1 : 2,5,
- окисление пероксидом водорода или перманганатом калия,
- обработка другими окислителями. В отдельных случаях – смесью серной и хромовой кислот, серной кислоты и пергидроля или других веществ.

Используют предварительное обугливание с последующим воздействием парами азотной кислоты.

Минерализация осуществляется в две стадии. Сначала образец минерализуют разбавленной кислотой при  $t = 90\text{ }^{\circ}\text{C}$ , затем испаряют воду до тех пор, пока концентрация окислителя не станет достаточной для его действия, при необходимости добавляют органический окислитель. В зависимости от природы матрицы и определяемых компонентов мокрую минерализацию выполняют в открытых системах, открытых системах с дефлегматором, закрытых системах.

**Кислотная экстракция с последующим озолением экстракта** применяется для извлечения токсичных элементов из продуктов с высоким содержанием жировых компонентов (масла, орехи и т. д.).

Для открытых систем используют круглодонные колбы, чашки, покрытые часовым стеклом. Температура разложения в



этом случае ограничена температурой кипения самого низкокипящего компонента. Повышение температуры сокращает продолжительность минерализации. Минерализацию в закрытых системах чаще проводят в автоклавах из нержавеющей стали или с полимерным покрытием.

## 5.2. Способы интенсификации процессов разложения

Для интенсификации процесса мокрой минерализации помимо автоклавов (АК) используют воздействие ультразвука (УЗ) и микроволновое облучение (МВ).

**Использование АК** позволяет уменьшить потери определяемых компонентов, увеличить эффективность деструкции пищевых продуктов, уменьшить количество используемых реагентов и повысить скорость минерализации в 2–3 раза. Недостатки: высокое давление, выделение больших объемов  $\text{CO}_2$  и  $\text{NO}_2$  вследствие разрушения органической матрицы, невозможность разложения жиров и масел.

Интенсификация минерализации за счет **использования ультразвука** предусматривает обработку навески образца 1–2 г небольшим количеством концентрированных неорганических кислот (1–2 мл  $\text{HNO}_3$ , 1–2 мл  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 4–5 мл  $\text{HClO}_4$ ), 20 мл дистиллированной воды, затем пробу подвергают воздействию ультразвука в течение 2 мин, раствор фильтруют и проводят определение. УЗ-воздействие обеспечивает высокую полноту извлечения.

В основе УЗ-воздействия лежит явление **кавитации**. Под кавитацией понимают образование пустот в жидкости в результате ее разрыва при больших избыточных давлениях. При прохождении ультразвуковой волны через жидкость образуются газовые пузыри. Эти кавитационные пузыри или пустоты перемещаются с потоком, попадают в область с давлением выше критического и сокращаются. После смыкания полостей кинетическая энергия, сконцентрированная в небольшом объеме, освобождается и переходит частично в тепловую и энергию сжатия. Из центра сомкнувшейся полости распространяется ударная сферическая волна. Под действием возникающего импульса давления происходит разрушение молекулярных комплексов.

За счет кавитации в воде также образуются свободные радикалы  $\text{OH}^*$  и  $\text{H}^*$ , обладающие высокой реакционной способностью. Радикалы являются носителями окисляющего действия УЗ.

Процесс окисления органических веществ без участия минеральных кислот малоэффективен. Важным является порядок добавления кислот:  $\text{HNO}_3 - \text{H}_2\text{SO}_4 - \text{HClO}_4$ .

Полнота перехода металла из органической матрицы в раствор ограничивается временем воздействия УЗ 1,5–2 мин. С увеличением времени повышается внешнее давление, которое может препятствовать образованию пустот.

Сравнение интенсификации процессов разложения за счет УЗ и МВ показало, что УЗ более эффективен. Он позволяет в 20–40 раз повысить скорость мокрой минерализации, а МВ-облучение – в 3–8 раз, но МВ в автоклавах имеет преимущество перед УЗ. Интенсификация за счет МВ-воздействия связана с одновременным воздействием на ход химической реакции трех факторов: температуры, давления и МВ-излучения.

Разложение органических матриц в закрытых сосудах под давлением 10–100 атм при **микроволновом облучении** позволяет минерализовать пробу в течение 10–20 мин. Использование автоклавов и МВ дает возможность контролировать параметры окисления. Первые публикации по использованию МВ появились в 1974 г., в настоящее время более 10 фирм выпускают оборудование для разложения органических веществ.

## **6. ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЙ (СЕНСОРНЫЙ) АНАЛИЗ В КОНТРОЛЕ КАЧЕСТВА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ**

Исторически оценка качества ПП проводилась, прежде всего, с использованием органов обоняния, осязания, зрения, т. е. органолептически. До наших дней органолептическая оценка не утратила своего значения, этот вид контроля всегда предшествует физико-химическим исследованиям. Результаты органолептического контроля являются решающими при определении качества продуктов вне зависимости от пищевой ценности. Тем не менее, следует учитывать, что с помощью различных добавок, в том числе вредных и токсичных, можно придать продукту ряд «прекрасных» органолептических свойств.

Необходимость органолептической оценки послужила толчком к разработке различного вида сенсоров («электронный нос», «электронный язык») и развитию научного направления «Сенсорный анализ».

Органолептические методы исследования возникли и развивались для удовлетворения потребностей пищевой промышленности, поскольку:

- они призваны обеспечивать стандартность таких показателей и характеристик выпускаемых продуктов, как привлекательный внешний вид, текстура, полноценный аромат, приятный гармонический вкус;
- в органолептическом контроле нуждаются отдельные стадии технологического процесса подготовки и переработки ПС;
- методы позволяют выявить и вкусовые особенности страны с учетом национальных признаков и традиций в выборе пищи.

Исследования по органолептическому анализу широко ведутся за рубежом. Их доля составляет более 10 % от общего числа публикаций по аналитической химии ПП. В нашей стране используются различные методы органолептического контроля качества традиционных продуктов питания (мясо-молочных, хлебо-булочных, вино-водочных и других изделий).

Органолептический контроль осуществляется специально подготовленными специалистами – дегустаторами. К дегустаторам предъявляются особые требования: они должны обладать исключительной сенсорной чувствительностью, высокой распознавательной способностью, воспроизводить результаты оценки качества продукта, что возможно в случае узкой специализации и длительных тренировок. Формирование групп дегустаторов происходит после прохождения двух этапов испытаний: 1) проверки чувствительности вкусового анализатора, 2) обоняния.

Анализаторы вкуса и запаха человека должны отличаться высокой чувствительностью и селективностью, но для получения правильных и достоверных результатов, не зависящих от личных индивидуальных качеств дегустатора, необходимо полностью стандартизировать условия обследования, исключить наличие психологических задач, которые связаны с принятием решения.

Особенность подготовки дегустаторов заключается в постоянных тренировках на конкретных образцах того или иного ПП.

Органолептическая оценка качества новых или традиционных ПП и вкусовых веществ должна проводиться в стандартных условиях в специальных лабораториях с едиными требованиями к группе дегустаторов, иметь единый согласованный порядок представления проб на анализ и единые правила оформления.

При проверке вкусового анализатора оценивается:

- вкусовая чувствительность испытуемых – способность различать четыре основных вкуса и воспринимать разницу в концентрациях;
- дифференциальная вкусовая чувствительность, под которой понимается минимальная разница вкусового восприятия;
- чувствительность обоняния по отношению к 10 запахам.

Исследование органолептических способностей показало, что из 100 испытуемых 16 являются «дальтониками» по вкусовым ощущениям по отношению к принятым в международной практике для тестирования концентрациям вкусовых веществ: сахарозе – сладкое, поваренной соли – соленое, лимонной кислоте – кислое, кофеину – горькое.

Только 2 человека из 100 имеют повышенную чувствительность по всем четырем видам вкуса. Для формирования группы дегустаторов из 10 человек с высокой сенсорной чувствительностью к четырем видам вкуса необходимо обследовать 500 человек.

Анализ вкусовой чувствительности испытуемых показывает значительные индивидуальные различия в их вкусовых ощущениях (табл. 2).

Таблица 2

Данные по определению  
вкусовой чувствительности

% испытуемых	Вкусовые ощущения			
	сладкое	соленое	горькое	кислое
80,7	+			
67,0		+		
21,6	+	+	+	
5,7	+		+	+
22,7	+	+		
1,1		+		+
0,0		+	+	

Повышенная чувствительность одновременно к соленому и горькому вкусам вообще не наблюдается.

Для правильной организации органолептической оценки необходимо иметь единую методику проверки сенсорной чувствительности лиц, участвующих в анализе. Испытание на «вкусовой дальтонизм» должно проходить по единой методике для всех стран с использованием одного набора химических веществ одинаковой концентрации и единого критерия оценки.

В существующих методиках оценки сенсорной чувствительности не все требования полностью стандартизированы. Например, для приготовления водных растворов вкусовых веществ используют пять способов получения воды с нейтральным вкусом:

- дистилляция – Россия, Польша, Словакия;
- кипячение и фильтрование – Германия;
- кипячение, фильтрование и декантирование – Венгрия, Россия;
- обработка дистиллированной воды активированным углем – Россия;
- кипячение с перманганатом калия и фильтрование – Россия.

Исследования показали, что нейтральный вкус имеет вода, полученная кипячением с перманганатом калия.

При испытаниях на отсутствие вкусового дальтонизма разница в концентрациях контрольных растворов, принятая в разных странах, колеблется для сахарозы в 1,7; хлорида натрия – 2, лимонной кислоты в 2,5–3,3; винной кислоты – 2,8 раза. Чувствительность к горькому вкусу определяют по нескольким растворам: используют растворы кофеина, гидрохлорида хинина, сульфата хинина, иногда сульфата магния. Растворы кофеина различаются по концентрации в 20 раз.

Критерий проверки на «вкусовой дальтонизм» также различен. В Болгарии и Германии испытуемый из 9 предъявленных проб должен распознать 8, в Польше и России – 7, в Венгрии – 9. При определении индивидуальных порогов вкусовой чувствительности в разных странах используются тест-системы различных концентраций.

При оценке «вкусового дальтонизма» каждому испытуемому дают 9 проб растворов вкусовых веществ по 50–100 мл в колбах или стаканах так, чтобы три любых вида вкуса из 9 были представлены двукратно, а один – трехкратно. При повторном испытании рекомендуются все виды вкусовых веществ, представленных двукратно, и одну пробу воды. Пробы кодируются.

Испытания на «вкусовой дальтонизм» проводят через 1,5–2 ч после еды.

Необходимо учитывать способность человека различать и запоминать запахи. Человек может различать по запаху 17 000 соединений. Память на аромат образца со всеми нюансами существует короткий промежуток времени 20–30 сек. В долговременной памяти человека закрепляются основные тона аромата, а вернее, впечатления о его характере, положительных и отрицательных эмоциях, вызванных им. Отсутствие возможности надолго закреплять в памяти оттенки предъявляемого пахучего образца связано с тем, что природные продукты не имеют строго идентичного состава всех ароматобразующих веществ. Например, число отдельных компонентов в приготовленном мясе зависит от условий кормления и содержания скота, его возраста, пола, времени года и т. д. Аромат хлеба определяется качеством и количеством сырья, технологией приготовления теста, условиями выпечки и другими факторами. Именно по основным, наиболее постоянным тонам аромата (базисный аромат) в сочетании с текстурой, цветом и вкусом продукта человек оценивает его полезность и доброкачественность.

Для оценки обоняния используют:

- 1) этанол-ректификат – 10 объем %;
- 2) изоамиловый спирт – 0,01 %;
- 3) уксусная кислота – 0,5 %;
- 4) гидроксид аммония – 0,05 %;
- 5) масляная кислота 0,1 %;
- 6) ванилин – 0,05 %;
- 7) камфора – 0,005 %;
- 8) пропилмеркаптан –  $5 \cdot 10^{-6}$  %.

По окончании испытаний заполняется карта дегустатора по определенной форме.

## 7. ТОКСИКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНТАМИНАНТОВ. СПОСОБЫ ИХ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ

### 7.1. Загрязнение пищевых продуктов и продовольственного сырья токсичными веществами, продуктами метаболизма, хо- зяйственной деятельности человека и выбросами промышленных предприятий

#### 7.1.1. Токсичные элементы

Химические элементы в виде ионов, минеральных солей, комплексных соединений с неорганическими и органическими веществами входят в состав живой материи и являются незаменимыми нутриентами. В виде ионов минеральные вещества участвуют в передаче нервных импульсов, обеспечивают ряд физиологических процессов организма, входят в состав органических соединений, например гемоглобин, являются материалом для построения тканей организма и т. д.

Минеральные вещества в ПП и организме человека в зависимости от количества подразделяют на микро- и макрокомпоненты. Если массовая доля компонента менее  $10^{-2}$  %, его считают микрокомпонентом. Металлы относят к минеральным веществам, необходимым организму нутриентам. **Роль металлов двойственна:** с одной стороны, они необходимы для нормального протекания физиологических процессов, с другой – токсичны при высоких биодоступных концентрациях. Согласно ВОЗ содержание 8 химических элементов контролируют при международной торговле продуктами питания: Fe, Cu, Hg, Cd, Pb, As, Sr, Zn; в России – Pb, As, Cd, Hg, Cu, Zn, Sn, Fe.

**Количественное определение** токсичных элементов связано с рядом трудностей, обусловленных низкими значениями их ПДК в ПП, что требует применения высокочувствительных физико-химических методов анализа. Кроме того, сложная органическая матрица, летучесть отдельных элементов, обуславливают особую осторожность в пробоподготовке.

**Свинец** – один из самых распространенных и опасных токсикантов. В атмосферу ежегодно поступает  $4,5 \cdot 10^5$  т свинца.

ПДК свинца в водопроводной воде составляет 0,03 мг/кг. Значительно выше эта характеристика в атмосферном воздухе – 1,5 мкг/м<sup>3</sup>. **Общее содержание свинца в организме человека – 120 мг.** ДСД – 0,007 мг/кг массы тела. В ПП содержание свинца колеблется в довольно широких пределах (табл. 3).

Активное накопление свинца отмечается в мясе сельскохозяйственных животных вблизи промышленных центров, крупных магистралей. В организме взрослого человека усваивается в среднем 10 % поступившего свинца, у детей – 30–40 %, 90 % свинца выводится с физиологическими жидкостями, биологический период полувыведения составляет 20 дней, из костей до 20 лет.

Механизм токсического действия свинца определяется по двум основным направлениям: 1) блокада функциональных сульфгидрильных групп белков, что приводит к ингибированию многих жизненно важных ферментов; 2) проникновение свинца в нервные и мышечные клетки, образование лактата свинца путем взаимодействия с молочной кислотой, затем образование фосфата свинца, который создает барьер для проникновения в нервные и мышечные клетки ионов кальция, и как результат – развитие паралича. Таким образом, основными мишенями при воздействии свинца являются кроветворная, нервная, пищевая системы и почки. Отмечено его влияние на половую функцию организма.

Таблица 3

Содержание свинца в некоторых продуктах питания

Продукт	Содержание Pb, мг/кг
Фрукты	0,01–0,6
Овощи	0,02–1,6
Крупы	0,03–3
Мясо и рыба	0,0–0,78
Молоко	0,01–0,1

Мероприятия по профилактике загрязнения свинцом ПП включают ведомственный и государственный контроль за выбросами, контроль за использованием луженой, глазурированной, керамической пищевой посуды.

Контроль за содержанием свинца осуществляют *фотометрическим дитизиновым, атомно-абсорбционным и полярографическим методами.*



**Кадмий** широко используется в различных отраслях промышленности в качестве компонента защитных гальванических покрытий, в производстве пластмасс, полупроводников, в производстве аккумуляторов. Его соли входят в состав некоторых фосфатных удобрений и применяются в ветеринарии как антигельминтные и антисептические препараты.

Кадмий является наиболее опасным загрязнителем ПП. 80 % этого элемента поступает в организм человека с пищей, 20 % – через легкие из атмосферы, при курении. В одной сигарете содержится 1,5–2 мкг кадмия и его уровень в крови и почках курящего в 1,5–2 раза выше. С рационом взрослый человек в сутки может получать 150 и выше мкг кадмия, но в суточном наборе продуктов содержание этого токсичного элемента не должно превышать 30–35 мкг. ДСП – 70 мкг/сутки. ПДК в питьевой воде – 0,01 мг/л. 92–94 % кадмия выводится из организма (в сутки 0,1 % – велико время удерживания). Этот элемент образует комплекс с низкомолекулярным белком металлотионеином. В таком виде металл не токсичен. **Здоровый организм взрослого человека содержит 50 мг кадмия**, в организме новорожденного он отсутствует и накапливается только к 10 мес. Как и свинец, кадмий не является необходимым организму нутриентом.

Содержание кадмия в ПП представлено в табл. 4.

Таблица 4

Содержание кадмия в отдельных продуктах питания

Продукт	Содержание Cd, мкг/кг
Зерновые	28–95
Горох	15–19
Картофель	12–50
Капуста	2–26
Фрукты	9–42
Растительное масло	10–50
Молоко	2,4 (в среднем)
Яйца	23–250
Грибы	100–500

Главной мишенью биологического действия кадмия являются почки, вторичное проявление интоксикации – нарушение минерального состава костей. Механизм действия – блокада сульфгидрильных групп. Кадмий является антагонистом цинка, кобальта, селена, он ингибирует активность ферментов, содержащих эти элементы. Результатом являются развитие гиперто-

нии, анемии, снижение иммунитета. Отмечены тератогенный, мутагенный, канцерогенный эффекты. Присутствие в организме Co, Se, Zn, их хелатов смягчают действие кадмия за счет конкурентного взаимодействия элемента с белком металлотioneином.

В профилактике интоксикации кадмием имеет значение правильное питание: преобладание в рационе растительных белков, богатое содержание серусодержащих аминокислот, аскорбиновой кислоты, элементов цинка, железа, меди, кальция.

При пробоподготовке и определении кадмия необходимо учитывать его способность испаряться при  $t = 500\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Поэтому минерализацию проводят в серной кислоте с добавкой пероксида водорода.

Основными методами определения кадмия являются *атомно-абсорбционный и полярографический*.

**Олово.** Его необходимость для организма человека не доказана. **Организм взрослого человека содержит  $\square$  17 мг олова**, что указывает на возможность его участия в обменных процессах. Повышенное содержание олова придает продуктам неприятный вкус. При поступлении олова с пищей усваивается  $\sim 1\%$ . Неорганические соединения олова малотоксичны, более токсичны – органические. Соединения олова находят применение в сельском хозяйстве в качестве фунгицидов, в химической промышленности как стабилизаторы поливинилхлоридных полимеров. Основной источник загрязнения – банки, фляги, тара, оборудование, которое изготавливается с применением лужения и гальванизации. Активность перехода олова в ПП возрастает с увеличением содержания органических кислот, окислителей, нитратов при температуре хранения более  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Опасность отравления оловом усиливается при постоянном присутствии его спутника свинца. Токсичная доза олова при его однократном поступлении –  $5\text{--}7\text{ мг/кг}$  массы тела, т. е.  $300\text{--}700\text{ мг}$ . ПДК составляет  $200\text{ мг/кг}$ . Действенной мерой предупреждения загрязнения пищи оловом является покрытие поверхности тары и оборудования гигиенически безопасным лаком или полимерным материалом.

Для **текущих** анализов на олово используют *фотометрический метод с кверцетином*, арбитражным является *атомно-абсорбционный*.

**Цинк.** Является необходимым элементом и как кофактор входит в состав около 80 ферментов, участвующих в важнейших биологических и ферментативных процессах. Например, процес-

сы в поджелудочной железе, где цинк стабилизирует молекулы инсулина или участвует в процессах переноса CO<sub>2</sub> кровью и высвобождения его в легких. Обычными симптомами недостаточности цинка являются замедление роста, нарушение вкуса (гипогезия), обоняния (гипосмия).

**В организме взрослого человека содержится 1,4–2,3 г цинка.** Суточная потребность в цинке составляет 5 мг, при беременности и лактации – 20–25 мг. Цинк, содержащийся в растительных продуктах, менее доступен для организма, усваивается ~10 %, так как фитин растений и овощей связывает элемент. Из продуктов животного происхождения цинк усваивается ~ на 40 %

В табл. 5 представлены данные по содержанию цинка в ПП.

Таблица 5

Содержание цинка в некоторых пищевых продуктах

Продукт	Содержание Zn, мг/кг
Мясо	20–40
Рыба	15–30
Картофель, морковь	10
Молоко	2–6
Устрицы	60–1000

Интоксикация возможна при нарушении использования пестицидов, небрежного применения терапевтических препаратов. Известны случаи отравления напитками, хранившимися в оцинкованной железной посуде. Исследователями отмечен антагонизм цинка и меди. Повышенный прием цинка влияет на медный баланс, что отражается на показателях холестерина в плазме крови, а также на активности ферментов, содержащих медь. Такие продукты могут содержать 200–600 мг/кг и более цинка.

Для *арбитражных* анализов на цинк используют *атомно-абсорбционный метод* анализа, для *текущих* – *полярографический*.

Медь является необходимым для организма элементом. Входит в состав ферментов, гормонов. **В организме взрослого человека содержится ~100–150 мг меди** и осуществляются определенные механизмы ее биотрансформации. Суточное потребление 4–5 мг. Поступающий с продуктами элемент аккумулируется в количестве ~30 % от поглощенного. При длительном воздействии высоких доз меди наступает «поломка» механизмов адаптации, переходящая в интоксикацию и отравление. Основ-

ную опасность представляют выбросы промышленных предприятий, напитки, продукты, соприкасающиеся с медной тарой. Токсичность меди проявляется при ее потреблении 125–200 мг в день. Ион меди  $\text{Cu}^{2+}$  является сильным окислителем, разрушает в пищевых продуктах витамины С и А, ухудшает органолептические свойства, способствует окислению липидов.

Обычная концентрация меди в ПП – 0,4–0,5 мг/кг. В большом количестве она содержится в мясе, печени, почках, сердце, зелени. Повышенное содержание меди отмечается в бобовых культурах. Особенно много в печени животных и рыб, до 60 мг/кг.

*Арбитражным* методом определения меди является *атомно-абсорбционный*, для *текущих* анализов используют *экстракционно-фотометрический с применением дитизона*.

**Железо** – один из самых распространенных элементов в земной коре (четвертое место по распространенности, 5 % земной коры по массе) и необходимым для жизнедеятельности как животных, так и растительных организмов. У растений дефицит проявляется через хлороз, у человека – железодефицитную анемию. Железо является кофактором в гемсодержащих ферментах, участвует в образовании гемоглобина, эритроцитов, обеспечивает активность ряда ферментов, осуществляет перенос кислорода.

**В организме взрослого человека содержится ~4,5 г Fe.** Потребность взрослого человека в железе составляет 14 мг в сутки, у женщин в период беременности и лактации потребность резко возрастает.

Практически все продукты содержат железо. В ПП его содержание колеблется в пределах 70–4000 мкг/100 г. В зерновых, муке, крупах определяют в среднем 40 мг Fe на 1 кг продукта, молоке и кисломолочных продуктах – 45, сырах – 44, свежем мясе и колбасных изделиях – 25 мг/кг. Много железа в бобовых растениях, в печени, почках – 250–400 мг/кг. Дополнительное количество железа поступает с водопроводной водой, где содержание железа зависит от источника, состояния системы водоснабжения.

Железо из мясных продуктов усваивается примерно на 30 %, растительных – на 10 %. Растительные продукты содержат фосфаты и фитин, которые образуют с железом труднорастворимые соли и препятствуют усвояемости. Чай понижает усвояемость железа в результате связывания его с дубильными веществами в

трудно растворимый комплекс. Усвоению железа способствует витамин В<sub>12</sub>, аскорбиновая кислота. Несмотря на активное участие в различных обменных процессах, элемент может оказывать и токсичное воздействие.

Для проведения *текущих* анализов используют *фотометрический метод* определения железа, *арбитражных – атомно-абсорбционный*.

**Ртуть** – один из самых опасных и токсичных элементов, способный накапливаться в организме человека, животных, растениях. Благодаря растворимости, летучести ртуть и ее соединения распространены в природе. В земной коре ее содержание 0,5 мг/кг, морской воде – 0,03 мкг/кг. **В организме взрослого человека содержится ~13 мг ртути**, но она не является нутриентом. Человек с суточным рационом получает 0,045–0,06 мг ртути. Ртуть способна накапливаться в волосах человека (30–40 мкг/г).

Загрязнение ПП может происходить в результате:

- естественного процесса испарения из земной коры в количестве 25 000–125 000 т ежегодно;
- использования ртути и ее соединений в хозяйстве: производство хлора и щелочей, амальгамная металлургия, медицина, и стоматология, например, использование каломели Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> в качестве антисептика, раствора сулемы HgCl<sub>2</sub> для дезинфекции, ртутной серной мази при кожных заболеваниях, фунгицидов (алкилированные соединения ртути) для протравливания семян.

Миграция и распределение ртути в окружающей среде осуществляется в виде круговорота двух типов: 1) перенос элементной ртути от наземных источников в мировой океан; 2) циркуляция соединений ртути, образующихся в процессе жизнедеятельности бактерий.

Второй тип круговорота является более опасным, приводит к образованию метил-, диметил- и других высокотоксичных соединений, поступающих в пищевые цепи. Метилирование ртути осуществляется аэробными и анаэробными микробами, микромицетами, которые обитают в почве, донных отложениях.

Предполагается, что метилирование осуществляется в определенных условиях в кишечнике человека и животных. Наиболее токсичны алкилртутные соединения с короткой цепью. Период полувыведения из организма неорганических соединений – 40 суток, органических – 76.

Соединения ртути по-разному всасываются, метаболизируются и выводятся из организма человека. Наиболее токсичны

алкилртутные соединения  $\text{CH}_3\text{Hg}^+$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{Hg}^+$  и др. Механизм токсичного действия – взаимодействие с сульфгидрильными группами; блокируя их, ртуть изменяет свойства, инактивирует ряд ферментов. Неорганические соединения ртути нарушают обмен элементов кальция, меди, цинка и др., органические – белков, цистеина, токоферола и т. д. Защитным эффектом обладают соединения селена и цинка. Предполагается, что защитное действие, например, селена связано с образованием нетоксичного селенортутного соединения.

Фоновое содержание ртути в сельскохозяйственных растениях составляет от 2 до 20 мкг/кг. Высокая концентрация ртути обнаружена в грибах (табл. 6), где может синтезироваться метилртуть.

Таблица 6

Содержание ртути в различных продуктах

Продукт	Содержание Hg, мкг/кг
Зерновые	10–103
Фрукты	1–124
Грибы:	
шляпочные	6–450
перезрелые	До 2000
Мясо	6–20
Почки	До 70
Рыба:	
хищная пресноводная	107–509
нехищная пресноводная	79–200
океанская	300–600

Наибольшей концентрацией ртути отличается мясо рыбы, поскольку ртуть активно аккумулируется из воды. Организм рыб способен накапливать элемент в печени, где синтезируется метилртуть. У некоторых видов рыб в мышцах содержится белок металлотионеин, с которым ртуть и другие металлы образуют комплексные соединения, накапливаясь за счет этого. У таких рыб содержание ртути достигает 500–20 000 мкг/кг (рыба-сабля), 5000–14 000 мкг/кг (тихоокеанский марлин).

При варке рыбы, мяса концентрация ртути снижается, а при обработке грибов остается постоянной. Это объясняется тем, что в грибах ртуть связана с аминогруппами соединений, в рыбе, мясе – с серусодержащими аминокислотами.

ПДК для пищевых продуктов составляет 0,005–0,70 мг/кг, ПДК в воде – 0,005 мг/кг.

Из-за летучести соединений ртути возможны потери как при хранении, так и при сушке. Используют только мокрое озонирование смесью серной и азотной кислот.

*Арбитражным методом определения ртути является атомно-абсорбционный или метод холодного пара ( $\lambda = 253,7$  нм), текущим – экстракционно-фотометрический с дитизионом.* Метод холодного пара основан на поглощении света атомами в газообразном состоянии, которые выделяются потоком воздуха из водного раствора после восстановления ионов до атомного состояния при  $\lambda = 253,7$  нм в газовой кювете при комнатной температуре.

**Мышьяк.** В природе элемент находится как в элементном состоянии, так и в виде арсенидов, арсеносульфидов тяжелых металлов. Мышьяк содержится практически во всех объектах биосферы: в морской воде –  $0,5$  мкг/кг, земной коре –  $2$  мкг/кг, рыбах, ракообразных – наибольшее количество до  $10$  мг/кг, креветках – до  $40$  мг/кг.

Фоновый уровень в продуктах питания –  $0,5$ – $1$  мг/кг: овощи, фрукты –  $0,01$ – $0,02$ , печень –  $2$ , молоко, молочные продукты –  $0,005$ – $0,01$ .

**В организме человека  $0,1,8$  мг мышьяка.** Необходимость присутствия его в организме не доказана, но мышьяк оказывает стимулирующее действие на процессы кроветворения. Бальнеологические свойства его известны более двух тысяч лет. Добавки мышьяка в низких концентрациях в корм птице, скоту значительно ускоряют их рост.

Суточное поступление As в организм составляет  $0,05$ – $0,42$  мг, ДСД –  $3$  мг.

Мышьяк в зависимости от дозы может вызвать острое и хроническое отравление. После ртути этот элемент является вторым по токсичности контаминантом ПП. Хроническая интоксикация возникает при длительном употреблении питьевой воды с концентрацией  $0,3$ – $3,2$  мг/л. Разовая доза в  $30$  мг смертельна. Соединения мышьяка относят к протоплазменным ядам. Они хорошо всасываются в пищевом тракте. В крови мышьяк образует стойкие соединения с белковой частью гемоглобина и в виде протеинового комплекса распространяется по органам и тканям. Механизм токсического действия этого элемента связан с блокированием тиоловых групп ферментов, которые контролируют тканевое дыхание, деление клеток и другие функции. Специфическими симптомами интоксикации являются утолщение рого-

вого слоя кожи ладоней и подошв, аккумулируется мышьяк в печени и волосах. 90 % мышьяка выводится из организма.

Загрязнение ПП обусловлено использованием соединений мышьяка в качестве инсектицидов, фунгицидов. В виде арсенатов свинца, меди он входит в состав древесных консервантов, стерилизаторов почвы. Соединения мышьяка находят применение в производстве красителей, стекла, полупроводников.

Атмосферный воздух в районе станций, работающих на каменном угле, нефти содержит значительное количество мышьяка.

Основная сложность в определении мышьяка также связана с летучестью его соединений. Для обнаружения мышьяка используют *метод Гутцайта*, который заключается в том, что мышьяк в виде газообразной формы – арсина  $AsH_3$ , пропускается над бумагой, пропитанной раствором  $HgCl_2$ . На бумаге образуется темное пятно, интенсивность которого сравнивают с интенсивностью пятен стандартов. Образование арсина положено в основу *атомно-абсорбционного метода* определения мышьяка. *Фотометрический метод определения мышьяка* основан на реакции образования восстановленной формы гетерополисоединения молибдоарсената.

В табл. 7 обобщены сведения о методах определения токсичных элементов в различных продуктах, их пределы обнаружения и ПДК.

Таблица 7  
Методы определения токсичных элементов в пищевых продуктах

Элемент	ПДК, мкг/мл (для различных пищевых продуктов)	Метод анализа	Предел обнаружения, мкг/мл
Pb	0,05–2,0	Полярография ААС	0,05 0,02
Cd	0,03–1,0	Полярография ААС	0,03 0,004
Zn	0,03–1,0	Полярография ААС	0,1 0,02
Fe	5–15	Фотометрия ААС	1,0 0,02
Cu	0,5–30	Полярография ААС	0,1 0,02
Hg	0,05–0,7	Беспламенная ААС	0,005
As	0,05–5,0	Колориметрирование Гидрирование ААС	0,02 0,002
Sn	200	Фотометрия ААС	0,02 10,0



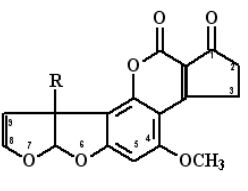
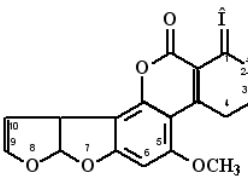
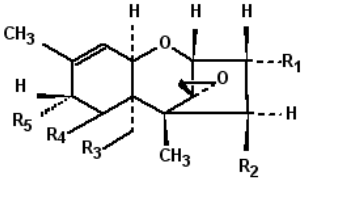
## 7.1.2. Микотоксины

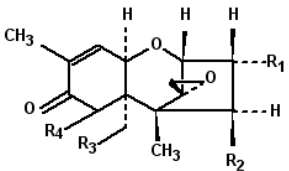
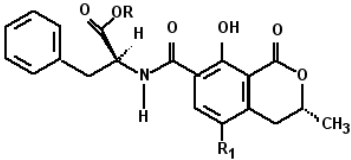
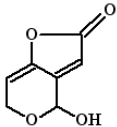
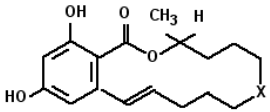
Известно более 250 видов грибов, продуцирующих несколько сотен микотоксинов. Многие из них обладают мутагенными (в том числе канцерогенными) свойствами. По данным ФАО более 10 % ПП и кормов ежегодно теряется вследствие поражения плесневыми грибами. Большинство микотоксинов – кристаллические вещества, термически стабильны, хорошо растворимые в органических растворителях. Микотоксины (за исключением охратоксинов) достаточно устойчивы к действию кислот, разрушаются щелочами с образованием нетоксичных или малотоксичных соединений.

Среди микотоксинов (табл. 8), представляющих опасность для здоровья человека и животных, наиболее распространены афлатоксины.

Таблица 8

Некоторые представители микотоксинов

	<p align="center"><b>Группа I</b></p> <p align="center"><b>Афлатоксин В<sub>1</sub></b>: R = H  <b>Афлатоксин В<sub>2</sub></b>: R = H,  положение 8 и 9 гидрированы  <b>Афлатоксин М<sub>1</sub></b>: R = OH</p>
	<p align="center"><b>Группа II</b></p> <p align="center"><b>Афлатоксин G<sub>1</sub></b>  <b>Афлатоксин G<sub>2</sub></b>: положения 9 и  10 гидрированы</p>
	<p align="center"><b>Группа III – трихоцены</b></p> <p align="center"><b>Токсин Т-2</b>: R<sub>1</sub> = OH, R<sub>2</sub> = R<sub>3</sub> = OAc,  R<sub>4</sub> = H, R<sub>5</sub> = OCOCH<sub>2</sub>CH(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>  <b>Токсин НТ-2</b>: R<sub>1</sub> = R<sub>2</sub> = OH, R<sub>3</sub> = OAc,  R<sub>4</sub> = H, R<sub>5</sub> = OCOCH<sub>2</sub>CH(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>  <b>Диацетоксикирпенол (ДАЗ)</b>: R<sub>1</sub> = OH, R<sub>2</sub>  = R<sub>3</sub> = OAc, R<sub>4</sub> = H, R<sub>5</sub> = CH<sub>2</sub></p>

	<p><b>Группа IV – трихоцены</b></p> <p><b>Нивеленол:</b> <math>R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = \text{OH}</math>  <b>Дезоксиниваленол (ДОН):</b>  <math>R_1 = R_3 = R_4 = \text{OH}, R_2 = \text{H}</math>  <b>3-ацетил-дезоксиниваленол:</b>  <math>R_1 = \text{OAc}, R_2 = \text{H}, R_3 = R_4 = \text{OH}</math>  <b>15-ацетил-дезоксиниваленол:</b>  <math>R_1 = R_4 = \text{OH}, R_2 = \text{H}, R_3 = \text{OAc}</math>  <b>Фузаренон:</b> <math>R_1 = R_3 = R_4 = \text{OH}, R_2 = \text{OAc}</math></p>
	<p><b>Группа V – охратоксины</b></p> <p><b>Охратоксин А:</b> <math>R = \text{H}, R_1 = \text{Cl}</math>  <b>Охратоксин В:</b> <math>R = \text{H}, R_1 = \text{H}</math>  <b>Охратоксин С:</b> <math>R = \text{Cl}, R_1 = \text{C}_2\text{H}_5</math></p>
	<p><b>Группа VI</b></p> <p><b>Патулин</b></p>
	<p><b>Группа VII</b></p> <p><b>Зеараленон:</b> <math>X = \text{CO}</math>  <b>Зеараленол:</b> <math>X = \text{CHOH}</math></p>

**Афлатоксины** (АТ, фурокумарины) – основные загрязнители (главным образом микотоксин В<sub>1</sub>) ПП и ПС. В эту группу входят более 15 микотоксинов. Фурокумарины содержат лактоновую, карбонильную, метоксильную группы, бензольные кольца, изолированные двойные связи. Высокой токсичностью обладают афлатоксины В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> и G<sub>2</sub> (для афлатоксина В<sub>1</sub> ЛД<sub>50</sub> 7,8 мг/кг). АТ – сильные мутагены (в том числе гепатоканцерогены), обладают также тератогенным и иммунодепрессивным действием. Токсичное действие обусловлено их взаимодействием с нуклеофильными участками ДНК, РНК и белков, что приводит к нарушению проницаемости мембран субклеточных структур и подавлению синтеза ДНК и РНК. Токсический эффект АТ усиливается при дефиците белков, незаменимых жирных кислот и ретинола. Но и в избытке белков отмечается уси-

ление канцерогенного действия. Согласно данным ВОЗ с суточным рационом при благоприятных условиях человек потребляет до 0,19 мкг АТ, что не оказывает отрицательного воздействия на организм. Оптимальными условиями развития грибов являются температура 20–30 °С, влажность 85–90 %. В России ПДК АТ В<sub>1</sub> для всех продуктов кроме молока составляет 5 мкг/кг, молока и молочных продуктов – 1 мкг/мл.

Как правило, АТ загрязняют зерновые (пшеницу, рожь, ячмень, рис, овес, просо, кукурузу и др.), бобовые (горох, фасоль, соя), орехи (грецкий, фундук, арахис, фисташки), бобы, какао, кофе и т. д. Некоторые АТ могут присутствовать в мясе, молоке, яйцах. Максимальное содержание АТ найдено в кукурузе (например, афлотоксин В<sub>1</sub> – до 600 мг/кг), арахисе, комбикормах. Из животных к АТ наиболее чувствительны поросята и телята.

По имеющимся данным в Южной Азии АТ загрязнены 98 % масляничных культур, Южной Америке – 56 %. Образованию АТ способствуют засуха, повышенная температура, влажность. В ряде стран Африки и Азии, где наблюдаются острые отравления АТ у людей, выявлена прямая корреляция между частотой заболевания населения раком печени и содержанием АТ в ПП.

Химическая детоксикация кормов аммиаком при повышенном давлении и температуре (США, Франция) или пероксидом водорода (Индия) позволяют снизить содержание АТ до безопасного уровня. Перспективна биологическая детоксикация АТ и других микотоксинов некоторыми видами микроорганизмов.

**Трихотецены.** Включают более 80 микотоксинов, которые подразделяют на 4 типа: А, В, С и D. Представители группы А – токсин Т-2 и диацетокси-скирпенол, группы В – дезоксиниваленол и ниваленол, группы С – роридин А, группы D – кротоцин. ЛД<sub>50</sub> для этих микотоксинов варьирует от 6,7 мг/кг (токсин Т-2) до 46 мг/кг (дезоксиниваленол). Токсические свойства обусловлены их участием в подавлении биосинтеза белка.

**Патулин.** Впервые выделен в 1943 г. как антибиотик. ЛД<sub>50</sub> – 17–36 мг/кг. Обладает высокими мутагенными свойствами. Ингибирует синтез белка, ДНК, РНК, ферменты, содержащиеся в активном центре группы SH.

**Охратоксины.** В эту группу входят охратоксины А, В и С. Ингибируют синтез белка, нарушают обмен гликогена. Наиболее токсичен охратоксин А (ЛД<sub>50</sub> – 3,4 мг/кг).

**Зеараленон и его производные.** К этой группе относят 15 микотоксинов. Для зеараленона ЛД<sub>50</sub> 10 000 мг/кг. В качестве природных загрязнителей встречаются только зеараленон и зеараленол.

Содержание микотоксинов в пищевых продуктах и кормах варьирует в широких пределах и может достигать сотен мкг/кг. ПДК в ряде стран установлены для основных микотоксинов. В пищевых продуктах ПДК патулина – 0,05, токсина Т-2 – 0,1, дезоксиниваленола – 0,5 и 1,0 (в зависимости от вида продукта), зеараленона 1,0 мг/кг.

**Для анализа** основных микотоксинов существуют и активно совершенствуются достаточно точные количественные методы. Однако проблема заключается в том, что микотоксины, как правило, крайне неравномерно распределяются в массе зерна, орехов и т. д. В местах роста плесени концентрация микотоксинов может быть очень высокой. Показателен пример, продемонстрированный на Всемирном форуме по микотоксинам в Нидерландах (табл. 9). Результаты анализа 10 проб, отобранных из одной партии, значительно различаются.

Таблица 9

Содержание афлотоксина в разных пробах арахиса одной партии

Проба	Содержание афлотоксина, мг/кг
1	0
2	3
3	13
4	0
5	19
6	41
7	43
8	0
9	0
10	69

Самая точная аналитическая техника может дать неверное представление о качестве продукта, если не будет применена определенная схема отбора проб и подготовки образца. Один из наиболее совершенных и удачных методов отбора проб для анализа на содержание афлатоксина описан в Директиве ЕС (табл. 10).

Видно, что из партии в 10 т рекомендовано отобрать 30 кг продукта. Далее они должны быть разделены на три равные части (по 10 кг), тонко помолоты и снова тщательно перемешаны.

Только после этого могут быть отобраны образцы для лабораторного анализа, обычно массой 50–200 г. Инструкция требует, чтобы для официального анализа образец содержал не менее 100 000 частиц, для обычного анализа достаточно 50 000 частиц.

Таблица 10

Директива ЕС по отбору образцов

Масса партии, т	Количество образцов по 300 г каждый
<0,1	10
0,1–0,2	15
0,2–0,5	20
0,5–1,0	30
1,0–2,0	40
2,0–5,0	60
5,0–10,0	80
10,0–15,0	100

Для определения микотоксинов в пробе их извлекают органическим растворителем, осуществляют очистку, переводят (в случае необходимости) в летучее, флуоресцирующее или окрашенное соединение. На конечном этапе используют различные виды хроматографии, для некоторых микотоксинов – радиоиммунные и иммуно-ферментные методы.

**Основным методом определения афлотоксинов  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $G_1$ ,  $G_2$  является ВЭЖХ с пределом обнаружения  $1 \times 10^{-4}$  мг/кг.**

### 7.1.3. Диоксины

Диоксины сопутствуют человеческой деятельности, в виде микропримесей. Источник загрязнения диоксинами – предприятия металлургической, целлюлозно-бумажной и нефтехимической промышленности. Диоксины образуются в процессе сжигания топлива (50–100 г/год), производства стали и железа (50–150 г/год). В продуктах целлюлозно-бумажной промышленности содержание диоксинов достигает 10 ppb, в шлаках – от 1 до 400 ppb, что связано с использованием этой отрасли в различных технологических процессах (особенно в России) в качестве отбеливающих веществ молекулярного хлора и других хлорсодержащих соединений.

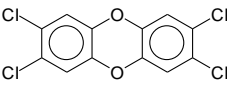
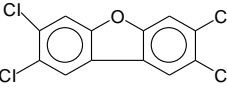
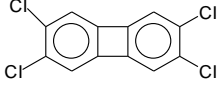
Поливинилхлорид (ПВХ) широко используется для изготовления тары, например, бутылок, при этом винилхлорид легко

переходит из материала в жидкость (воду, напитки). Скорость миграции зависит от времени хранения и свойств продуктов. При сжигании 1 кг ПВХ на мусоросжигающих заводах образуется до 50 мкг диоксинов. Источником диоксинов является и бумага, полученная из вторичного сырья. Бытовое использование бумаги сопровождается переходом диоксинов непосредственно в пищу (кофе, молоко, жиры, чай и т. д.). Серьезным источником новообразования диоксинов в водопроводных коммуникациях может быть процесс обеззараживания питьевой воды молекулярным хлором.

К наиболее опасным источникам загрязнения относят предприятия, выпускающие хлорную продукцию, в том числе пестициды, в частности крупнотоннажные производства 2,4,5-трихлорфенола (ТХФ) и полихлорбифенола (ПХБ). Источниками интоксикации оказались 2,3,7,8-тетрахлордибензо-*p*-диоксин (2,3,7,8-ТХДД), который образуется как микропримесь при получении ТХВ, и 2,3,7,8-тетрахлордибензофуран (2,3,7,8-ТХДФ) – микропримесь ПХБ (табл. 11).

Таблица 11

Наиболее распространенные диоксины

2,3,7,8-тетрахлордибензо- <i>p</i> -диоксин	
2,3,7,8-тетрахлордибензофуран	
2,3,6,7-тетрахлорбифенилен	

ТХДД относится к веществам первого класса токсичности. Особенностью ТХДД и ТХДФ является существование множества изомеров. Выявлено 419 типов соединений, относящихся к диоксинам, 30 из них имеют значительную устойчивость.

На рис. 1 приведена принципиальная схема путей попадания диоксинов в биосферу.

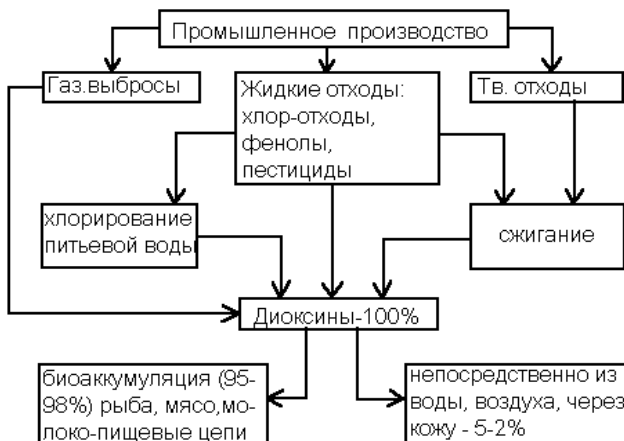


Рис. 1 . Пути попадания диоксинов в биосферу

Опасные концентрации диоксинов обнаруживаются в молочных продуктах, мясе и рыбе. В организм человека эти вещества попадают с продуктами питания (98 %), с воздухом – ~2 %, питьевой водой – менее 0,01 %. Из продуктов питания 50 % диоксинов поступает с мясом, 27 % с молоком, 10 % с рыбой и 11 % с другой пищей. Особенностью соединений является их способность накапливаться в коровьем молоке, где их содержание в 20–400 раз выше, чем в тканях животного. Источниками диоксинов могут быть и овощи, причем, основная часть соединений аккумулируется в корневой системе и лишь 10 % – в наземной.

Диоксины медленно выводятся из живых организмов и практически не выводятся из организма человека благодаря своей химической устойчивости и способности поглощаться жировыми тканями. Период их полураспада в организме оценивается в 7–11 лет. Фактором риска для детей раннего и старшего возраста является содержание диоксинов в грудном молоке.

Содержание диоксинов в некоторых продуктах приведено на рис. 2.

Для производных диоксинов величина ЛД<sub>50</sub> достигает 10<sup>-6</sup> г на 1 кг живого веса. Этот показатель существенно превосходит ЛД<sub>50</sub> для некоторых боевых отравляющих веществ, например для зомана, зарина и табуна. В табл. 12 приведены сравнительные данные по смертельным дозам для человека некоторых особо ядовитых веществ.

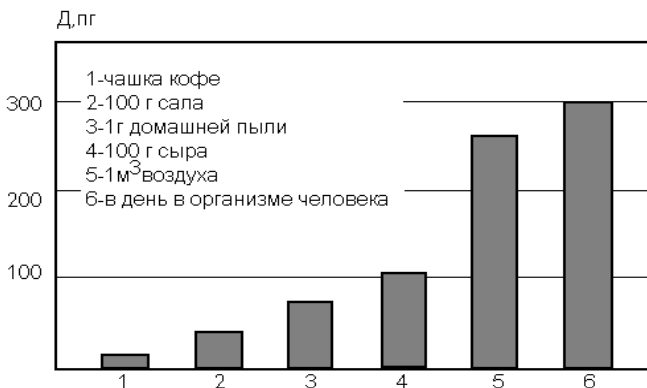


Рис. 2. Содержание диоксинов в некоторых продуктах

Таблица 12

Сравнительная токсичность некоторых соединений

Соединение	Смертельная доза, моль/кг
Ботулин	$3,3 \cdot 10^{-17}$
Стрихнин	$1,5 \cdot 10^{-6}$
Нервно-паралитический газ	$1,6 \cdot 10^{-5}$
Диоксин	$3,1 \cdot 10^{-9}$

Токсичность диоксинов связана не только со строением, но и с их специфическими химическими и физическими свойствами: они не растворимы в воде, не разрушаются кислотами и щелочами, окислителями в отсутствие катализаторов, т. е. имеют высокую устойчивость к химическому и биологическому разложению, обладают высокой адгезией к любым поверхностям. Отличительной чертой этих соединений является способность сохраняться в окружающей среде, концентрироваться в биомассе, в объектах биосферы, особенно в жиросодержащих, и активно мигрировать по пищевым цепям.

В настоящее время нет четких норм на возможное дневное потребление диоксинов человеком. В разных странах это количество изменяется в достаточно широких пределах – от 1 до 700 пг. Приемлемый уровень ежемесячного поступления диоксинов 70 пг/кг в месяц, это количество не представляет обнаруживаемых последствий для здоровья. ДСД в России – 10 пг/кг (табл. 13).



## Допустимый уровень содержания диоксинов

Продукт	Содержание диоксинов, пг/кг
Молоко и молочные продукты (в пересчете на жир)	5,2
Рыба и рыбопродукты: съедобная часть в пересчете на жир	11,0 88,0
Мясо и мясопродукты: съедобная часть в пересчете на жир	0,09 3,3

В 1997 г. Госкомэкологией РФ было завершено выполнение Федеральной целевой программы «Диоксин», в рамках которой в 92 городах выявлено наличие более 150 диоксиноопасных производств.

ВОЗ в сотрудничестве с Продовольственной и сельскохозяйственной организацией (ФАО) через совместную Комиссию ФАО/ВОЗ «Кодекс Алиментариус» разработала «Кодекс практики для предотвращения и снижения уровня загрязнения пищевых продуктов и кормов диоксинами и диоксиноподобными ПХБ». Этот документ является руководством для соответствующих национальных и региональных органов в области принятия превентивных мер. ВОЗ работает с Программой ООН по окружающей среде над выполнением «Стокгольмской конвенции» – международного соглашения об уменьшении выбросов ряда стойких органических соединений, включая диоксины.

Для проведения количественного химического анализа диоксинов используют современные физико-химические методы. Определение включает ряд обязательных этапов: отбор и подготовку пробы, выделение искомым веществ из пробы, их очистку и концентрирование с дальнейшим качественным и количественным определением.

Анализ образца предусматривает несколько подходов. Один из них – определение в очищенном экстракте отдельных групп диоксиновых веществ, другой – раздельное определение каждого компонента смеси, в первую очередь токсичных. Это достигается последовательным использованием методов *хроматографии и количественной масс-спектрометрии*. Для экспресс-определения создаются тест-методы. Для большинства образцов может быть использована схема проведения анализа, представленная на рис. 3.



Рис. 3. Схема анализа на диоксины

Разрабатываются методы биологического скрининга (на основе клеток или антител).

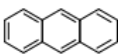
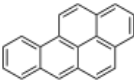
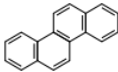


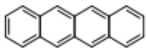
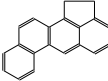
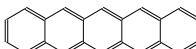
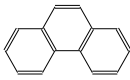


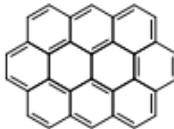
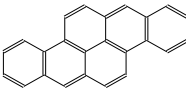
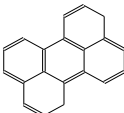
### 7.1.4. Полициклические ароматические углеводороды

Более 200 канцерогенных соединений относятся к **полициклическим ароматическим углеводородам (ПАУ)**. Полиароматические углеводороды – органические соединения, содержащие 3 и более конденсированных бензольных колец (табл. 14). Канцерогенная активность, в основном, обеспечивается на 70–80 % бензпиреном (БП). По присутствию в продуктах БП судят об уровне их загрязнения ПАУ и степени их канцерогенной опасности. Наиболее опасные ПАУ – бензпирен, холантрен, прилен, дибензпирен. ПАУ вызывают злокачественные опухоли в месте их воздействия на живой организм: рак кожи при наружном контакте, легкого – при вдыхании, желудочно-кишечного тракта – при попадании с пищей.

ПАУ поступают в биосферу за счет естественных процессов в природе, но в большей степени – за счет техногенных источников. Основными источниками эмиссии техногенных ПАУ в окружающую природную среду являются предприятия энергетического комплекса, автомобильный транспорт, химическая и

нефтеперерабатывающая промышленность. В основе техногенных источников ПАУ лежат термические процессы, связанные со сжиганием и переработкой органического сырья: нефтепродуктов, угля, древесины, мусора, пищи, табака и др.

Таблица 14  
Некоторые представители полициклических ароматических углеводородов

Химическое вещество	Формула	Химическое вещество	Формула
Антрацен		Бензпирен	
Хризен		Коронен	
Коранулен		Нафтацен	
Холантрен		Пентацен	
Фенантрен		Пирен	
Трифенилен		Овален	
Ди-бенз(а)пирен		Перилен	

Бензпирен входит в состав сажи и смол, содержащихся в дыме труб предприятий металлургической и коксохимической

промышленности, ТЭЦ, присутствует в выхлопных газах двигателей внутреннего сгорания, в табачном дыме, сточных водах. В цивилизованных странах жестко контролируется выполнение требований по эксплуатации автомобилей, предусматривающих недопустимость загрязнения воздуха продуктами неполного сгорания топлива.

По данным российских ученых, в некоторых городах России содержание БП в воздухе превышает его предельно допустимую концентрацию на порядок и более. ПДК полициклических ароматических углеводородов ничтожно мало – 1 нанограмм (нг) на 1 м<sup>3</sup> воздуха. Вблизи крупных автомагистралей каждые 100 м<sup>3</sup> воздуха за сутки насыщаются 3 мкг БП, а это значит, что человек, проживающий в этой зоне, за 4 года получит дозу канцерогена, вполне способную вызвать рак. Из атмосферы и сточных вод ПАУ попадают в почву и водоемы, загрязняя растения, рыбу, животных, накапливаясь в мясе, молоке, жире. В растениях ПАУ могут содержаться не только внутри, но и снаружи – с пылью и остатками почвы, поэтому мытьем можно удалить до 20 % вредных веществ. Сельскохозяйственные культуры обладают различной способностью накапливать эти токсиканты. Наиболее активно аккумулируют ПАУ капуста, салат, редис, в меньшей степени – картофель, морковь. Зерновые культуры в этом смысле наименее опасны, однако загрязнение зерна, как и других продуктов питания, может произойти в процессе обработки. При сушке зерна дымом от горения мазута содержание БП в нем увеличивается в два раза по сравнению с исходным, а дымом от бурого угля – в 10 раз.

Значительно увеличивается концентрация БП в процессе копчения, особенно если для этого используется дым от горения сосновых шишек и отходов бумаги, как нередко делается при домашнем копчении. Продукты домашнего копчения могут содержать 50 мкг/кг и более БП. При жарении над древесным углем (гриль) загрязнение бензпиреном достигает 0,6–12 мкг/кг (пропорционально содержанию жира), а при использовании сосновых шишек и отходов бумаги – до 140 мкг/кг. Происходит пиролиз жира, капающего на уголь, образующиеся канцерогены попадают в дым, а из него – в продукт приготовления. В подгоревших корках хлеба, бисквита содержание бензпирена увеличивается до 0,75 мкг/кг, при обработке жиров дымом (не при нагревании) – до 0,5–10 мкг/кг. Много канцерогенов этой группы

содержится даже в зерне, не говоря о фруктах и овощах, выращенных вблизи промышленных предприятий, выделяющих смолу, сажу, отходы нефтехимии, вблизи автомобильных и железных дорог с интенсивным движением. Значительно содержание ПАУ в сточных водах – 1000–50 000 мкг/м<sup>3</sup>. По заключению экспертов ВОЗ, содержание полициклических ароматических углеводов в жидких продуктах питания не должно превышать 0,2 мкг/л.

В табл. 15 представлены данные по содержанию БП в некоторых продуктах и сырье.

Таблица 15

Содержание БП в некоторых продуктах

Продукт	Содержание БП, мкг/кг
Колбаса вареная	0,26–0,5
Колбаса копченая	0–2,1
Колбаса полукопченая	0–7,2
Крабы свежие	6–18
Копченая рыба	0,1–6,7
Подсолнечное масло	0,93–30
Зерно	0,17–4,38
Цветная капуста	24
Сушеная вишня	14,2
Груша	5,7
Яблоки	0,3
Слива	23,9

Увеличение содержания БП в пищевых продуктах происходит за счет полимерных упаковочных материалов, особенно если есть контакт с элюентами. Эффективным элюентом ПАУ является жир молока, который на 95 % экстрагирует БП из парафинобумажных пакетов или стаканчиков.

ПДК БП в атмосферном воздухе 0,1 мкг/100 м<sup>3</sup>, воде водоемов – 0,005 мг/л, почве 0,2 мг/кг.

Для определения БП предложены электрохимический, спектрофотометрический и хроматографический методы. Один из вариантов последнего заключается в том, что БП экстрагируют гексаном из продукта, предварительно обработанного спиртовым раствором щелочи. Выделяют фракции тонкослойной хроматографией на Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и количественно определяют низкотемпературной спектрофлуоресценцией.

## 7.2. Загрязнение веществами и соединениями, применяемыми в животноводстве

С целью повышения продуктивности сельскохозяйственных животных, профилактики заболеваний, сохранения доброкачественности кормов в животноводстве широко применяют кормовые добавки, гормональные препараты, антиоксиданты, лекарственные препараты и т. д.

### 7.2.1. Антибиотики и противомикробные средства

Из лекарственных препаратов широкое применение имеют антибиотики, прежде всего как лечебные препараты в животноводстве, птицеводстве, пчеловодстве и растениеводстве, а отдельные антибиотические вещества и как кормовые добавки.

Антибиотики, которые встречаются в пищевых продуктах, могут иметь следующее происхождение:

- 1) естественные (природные);
- 2) образующиеся в результате производства пищевых продуктов;
- 3) находящиеся в продуктах в результате лечебно-профилактических и ветеринарных мероприятий;
- 4) присутствующие в продуктах за счет применения их в качестве биостимуляторов;
- 5) используемые в качестве консервирующих веществ.

**Антибиотики (АБ).** Из известных в настоящее время 3000 антибиотиков лишь около ста находят применение в медицинской практике. Значительное ограничение в применении препаратов связано с их токсичностью. Мировой объем производства АБ для животноводства оценивается в 4 млрд дол. В США ежегодно производится 2,7 тыс. т продуктов этого назначения. Расчеты показывают, что каждый доллар, затраченный на производство кормовых АБ, обеспечивает в США 2–5 долларов прибыли. В качестве кормовых добавок АБ используют в США примерно в 80 % для птицы, в рационах 85 % свиней и молочного скота и 60 % мясного скота.

Добавляют АБ в корм на уровне 50–200 г на 1 т. В России используют порядка 58–60 препаратов. АБ способны переходить в мясо, молоко и другие продукты. **Наиболее распространенными препаратами в ветеринарии являются антибиотики тетрациклиновой группы** (табл. 16).

Некоторые представители группы антибиотиков

Название	Формула
Хлортетрациклин	
Окситетрациклин	
<i>Общая формула пенициллинов</i>	
	<i>Структура радикала</i>
Феноксиметилпенициллин	
Оксациллин	
Бензилпенициллин	
Ампициллин	
Амоксициллин	

Хлортетрациклин и тетрациклин – противомикробные препараты широкого спектра действия, которые используются для лечения людей и животных. Тетрациклин применяется для краткосрочного лечения клинически выраженных болезней, тогда как хлортетрациклин обычно вводят с пищей или водой в профилактических целях. Окситетрациклин используют для лечения разнообразных бактериальных инфекций у крупного рогатого скота, овец, свиней, индеек и кур.

АБ, содержащиеся в пищевых продуктах, могут оказывать аллергическое действие. Наиболее сильными аллергенами являются пенициллин и тилозин.

В комплексе мероприятий по профилактике и лечению желудочно-кишечных заболеваний у телят большую роль играют антибиотики аминогликозидной группы (наиболее эффективны неомицин, канамицин и гентамицин). Дестомидины обладают антигельминтной активностью и применяются в птицеводстве и свиноводстве. Некоторые формы поступления АБ и их содержание в отдельных органах приведены в табл. 17.

Таблица 17

Содержание АБ в продовольственном сырье и пищевых продуктах

Продукт	Антибиотик	Форма поступления	Содержание мкг/кг
Молоко коровье	пенициллин	с кормом и водой внутримышечно	следы – 131
	тетрациклин		20–10
Сметана, творог	пенициллин	так же	0,7–6,6
	линкомецин		1000
Мясо говяжье	пенициллин	внутримышечно	до 62
Мясо и органы птицы	тетрациклин	с водой и кормом	25–5600
Яйца	тетрациклины	так же	350–1150
	ампициллин		следы – 550
Яблоки	натамицин	погружение	до 40 000

Особое значение имеют АБ **группы виргиниамицинов**, которые не являются токсичными, мутагенными, не накапливаются в тканях животных, способны к биodeградации, имеют узкий спектр действия в отношении стафилококков.

**Противомикробные средства используют и как стимуляторы роста**, особенно в свиноводстве и птицеводстве. Применяемые в кормлении животных АБ оказывают стимулирующее действие на их рост, продуктивность и воспроизводство, что приводит в среднем к 4–5 % увеличению прироста массы живот-



ных по сравнению с контрольной группой. Затраты корма на единицу прироста массы снижаются на 5–8 %, активизируется резистентность организма, сокращается период откорма. АБ повышают биологическую ценность белков. Препараты АБ, введенные в рацион птицы, оказывают стимулирующее действие на ее рост, яйценоскость, инкубационные качества яиц.

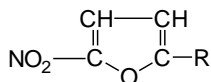
В США широко внедряются АБ монензин, ласалоцид и лайдломицин. В растениеводстве для ликвидации болезней, вызванных бактериями, у фруктовых, овощных и других культурах применяют стрептомицин, окситетрациклин.

**АБ, обладающие антимикробным действием** и малой токсичностью для организма человека, **позволяют сохранять пищевые продукты** без потери их питательной ценности. Применение АБ позволяет значительно удлинить сроки хранения свежей рыбы, птицы, мясного фарша, молока и других продуктов.

АБ используют тогда, когда требуется подавить развитие нежелательной вредной микрофлоры. Первые сведения об **использовании АБ в консервной промышленности** относятся к 1943 г. Применение АБ позволяет снизить время термической обработки. При консервировании томатов, цветной капусты, мяса, рыбы, молока, сыров используют **низин** (E234) –  $C_{143}H_{230}O_{37}S_7$ , который не оказывает токсического действия на организм человека, время термической обработки сокращается вдвое. Для консервирования овощей применяют антибиотик **субтилин**, который также позволяет проводить мягкую термообработку продуктов.

**Сульфаниламиды (СА)** оказывают антимикробное действие. Оно менее эффективно, чем действие АБ, но СА более доступны и дешевы. Используют сульфаметазин, сульфадиметоксин и др. В России СА не регламентируются, в США допустимый уровень – менее 0,1 мг/кг в мясных продуктах, 0,01 мг/кг – молочных. С целью снижения остаточных количеств строго соблюдаются сроки отмены СА, которые устанавливаются в зависимости от вида, способа применения лекарства, вида животного и т. д.

**Нитрофураны (НФ)** эффективны в борьбе с инфекциями, устойчивыми к СА и АБ.



Накопление НФ в органах и тканях животных зависит от сроков отмены препаратов перед убоем, который составляет от 5 до 20 дней. В табл. 18 приведены сведения о лекарственных средствах, обнаруживаемых в отдельных продуктах.

Таблица 18  
Содержание АБ в отдельных органах и продуктах

Лекарственное средство	Предельное содержание, мкг/кг	Объект
Сульфаниламид	100	Мышцы, печень, почки, жир
Бензилпенициллин	50	Мышцы, печень, почки, жир
Ампициллин, амоксициллин	4	Молоко
Оксациллин, флоксациллин	300*	Мышцы, печень, почки, жир
Диклоксациллин	30	Молоко
Сульфаниламид	100	Молоко (коровье, овечье, козье)
Триметоприм	50	Мышцы, печень, почки, жир, молоко
Нитрофуран	5	Мышцы, печень, почки, жир
Диметридазол	10	Мышцы, печень, почки, жир
Тетрациклин	600	Почки
	300	Печень
	200	Яйца

\*Предельное содержание дано в нг/кг.

Длительное время в сельском хозяйстве применяют **азотсодержащие кормовые добавки**, например мочевину. В желудке мочевины расщепляется до аммиака, который используется микроорганизмами для синтеза белка. Передозировка приводит к интоксикации и гибели. Эффективной является добавка полиакриламида. Его кормовая ценность обеспечивается  $\text{NH}_2$  группой.

Важное значение имеет производство белково-витаминных концентратов, получаемых путем микробиологического синтеза.

В анализе АБ используют два подхода: микробиологический и химический. Определение остаточных количеств антибиотиков тетрациклиновой группы и сульфаниламидных препаратов в пищевых продуктах и продовольственном сырье, в молоке и молочных продуктах использует метод твердофазного иммуноферментного анализа. Разработаны микробиологические методы выявления антибиотиков, в том числе экспресс-метод. Широко используются хроматографические методы.

## 7.2.2. Гормональные препараты

В ветеринарии и животноводстве для стимуляции роста животных, улучшения усвояемости кормов, многоплодия применяют белковые гормоны (инсулин, соматотропин), а также тиреоидные и стероидные – производные аминокислот. Ряд гормональных препаратов (ГП) обладает анаболической активностью (полипептидные и белковые гормоны) и используются для откорма скота и птицы.

В настоящее время созданы синтетические ГП, которые по анаболическому действию эффективнее природных более чем в 100 раз. Этот факт и дешевизна синтеза определили интенсивное развитие и внедрение этих препаратов в практику животноводства. Синтетические гормоны устойчивы, плохо метаболизируются, накапливаются в организме в больших количествах, легко мигрируя по пищевой цепочке в продуктах питания. Они стабильны при приготовлении пищи, способны вызывать нежелательный дисбаланс в обмене веществ и физиологических функциях организма человека. Применение ГП-препаратов требует тщательных гигиенических исследований по токсикологии, накоплению в клетках и тканях организма

В табл. 19 приведены данные по содержанию ГП в некоторых продуктах.

Таблица 19

Данные по содержанию ГП в продуктах

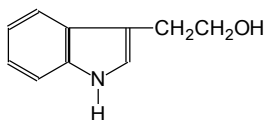
Продукт	ГП	Содержание, мкг/кг	Допустимый уровень, мкг/кг
Мясо, почки, печень	Диэтилстильбестрол	0,05–5	–
	Гексэстрол	0,3–1,5	–
Мясо	Тестостерон	0,4	0,015
	Зеранол	менее 1,0	0,0005
	Эстрадиол		
Молоко	Эстрогены	1,0 и более	–

## 7.3. Загрязнение веществами и соединениями, применяемыми в растениеводстве

### 7.3.1. Регуляторы роста растений

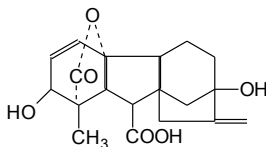
С целью влияния на процессы роста, развития и жизнедеятельности растений, обеспечения урожайности растений, улучшения качества, облегчения уборки применяют регуляторы роста растений (РРР). К этой группе соединений можно отнести и гербициды, вызывающие задержку роста растений. Гербициды в зависимости от дозы могут проявлять как ингибирующее, так и стимулирующее действие. РРР действуют в меньших концентрациях. РРР можно разделить на две группы.

**1. Природные РРР** – соединения, присущие растениям и выполняющие роль фитогормонов. Это ауксины (производные индолилуксусной кислоты, например, индолил-3-этанол – ауксин огурцов):



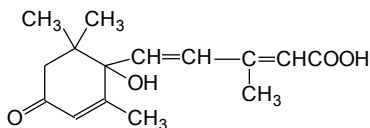
**Ауксины** стимулируют клеточное деление, корнеобразование, синтез белков (прирост биомассы). Используют в виде водного раствора калиевой соли (50–200 мг/л).

**Гибберелины** ускоряют рост и цветение растений, прорастание семян. По химической природе это тетрациклические моно-, ди- и трикарбоновые кислоты. Например, гибберелловая кислота:

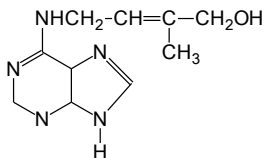


С помощью специальных синтетических соединений **ретардантов** можно нарушить синтез гибберелинов и способствовать формированию короткостебельных растений. В борьбе с полеганием злаков часто используют ретардант хлорхолинхлорид или хлормекван ( $\text{Cl}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{N}(\text{CH}_3)_3-\text{Cl}$ , водный раствор которого ТУР вносят в расчете 3–4 кг/га).

**Цитокинины** стимулируют клеточное деление, препятствуют процессам старения (увядания) растений. Представитель зеатин выделен из кукурузы в 1964 г.:



Накопление в тканях абсциссовой кислоты (дормин) приводит растение в состояние покоя:



Природные РРР не представляют опасности для человека, так как в процессе эволюции вырабатывались соответствующие механизмы их биотрансформации.

**2. Синтетические РРР** получены химическим или микробиологическим путем, они могут оказывать влияние на гормональный статус растений. Синтетические ретарданты оказывают воздействие на организм как ксенобиотики.

РРР используют для увеличения сроков хранения картофеля, моркови, лука и др. При этом сохраняется водный баланс, вкусовые качества, витамины, минеральные вещества. Сюда относят производные сульфобенилмочевины – гранстар, ленок, хардин и др. (10–20 г/га). Азокфор в количестве 14,9 г/т используют для обработки семян, биферан – предпосевной обработки картофеля – 1 г/т, квартазин – 21 г/т – обработки семян ячменя, пшеницы, ржи.

Обработка посевов сахарной свеклы, моркови за 12–15 дней до уборки 0,3- и 1,5 %-ным растворами натриевой соли гидразина малеиновой кислоты позволяет продлить срок хранения с 3 до 7 месяцев, сократить потери сахаристости на 20–25 %, сохранить питательную ценность. Остаточные количества веществ могут проявлять токсичные свойства.

### 7.3.2. Нитраты, нитриты, нитрозосоединения

Азот входит в состав белков, нуклеиновых кислот, витаминов, биологически активных веществ и других соединений. В

окружающей среде, главным образом в почве и воде, азот находится в виде **нитрат- и нитрит-ионов**, а также в виде **иона аммония**.

Нитритов в растениях содержится небольшое количество ~0,2 мг/кг, так как они представляют промежуточную форму восстановления окисленных форм азота и аммиака.

Концентрация нитратов в растениях колеблется от нескольких до тысяч миллиграммов. Это зависит от многих факторов, среди которых определяющими являются увеличение содержания их за счет интенсификации процессов нитрификации, а также за счет использования удобрений. Некоторые пестициды, нарушая обмен веществ, усиливают накопление нитратов, например гербицид 2,4 Д – в 10–20 раз. Наибольшие концентрации нитратов отмечаются в овощах, корнеплодах, бахчевых культурах (табл. 20). Более высокое содержание нитратов отмечается в парниковой зелени.

Таблица 20  
Возможное содержание нитратов в некоторых овощах

Продукт	Содержание, мг/кг	Продукт	Содержание, мг/кг
<i>Овощи</i>		<i>Консервы детского питания</i>	
Свекла	39–7771	плодово-овощные	41–320
Репа	82–5429	овощемясные	47–320
Редис	41–4527	<i>Фрукты, ягоды</i>	
Капуста свежая, ранняя поздняя	509–1010	яблоки	2,7–5,5
		груша	1,5–6,5
		облепиха	1,9–2,5
		брусника	3,1–4,5
Чеснок	52–139	<i>Молочные продукты</i>	
Картофель	4–1218	Молоко пастеризованное	1,1–14
Морковь	15–900	Молоко сухое	1,0–35
Шпинат	621–2417	<i>Мясные продукты</i>	
Щавель	53–875	говядина свежая	0–4,0
Укроп	30–4074	свинина	1,4–5,4
Арбуз	6–94	колбаса	2,1–8,9

При кулинарной обработке пищевых продуктов содержание нитратов снижается: при мытье и вымачивании – на 5–15 %, варке – 80 % в связи с переходом в отвар, инактивацией ферментов, восстанавливающих нитраты в нитриты. Жесткая тепловая обработка разрушает нитраты с образованием оксидов азота и кислорода.

Механизм токсического действия нитритов заключается в их взаимодействии с гемоглобином крови. В результате окисления двухвалентного железа образуется метгемоглобин, который в отличие от гемоглобина не способен связывать и переносить кислород. Развивается гипоксия. 1 мг нитрита натрия может перевести в метгемоглобин примерно 2000 мг гемоглобина. Воздействие нитритов приводит к снижению содержания витаминов А, Е, С, В<sub>1</sub>, В<sub>6</sub>.

Нитраты не являются метгемоглобинообразователями, не обладают выраженной токсичностью. Острое отравление наблюдается при случайном приеме 1–4 г нитрата, доза 8–14 г – смертельна. Главная причина интоксикации – восстановление в нитриты. Острое отравление нитритом возможно при одноразовой дозе в 200–300 мг, летальный исход – 300–2500 мг.

ДСД составляет 5 мг/кг массы тела в расчете на нитрат. ПДК нитрат-иона в питьевой воде – 45 мг/л. Содержание нитратов, нитритов в пищевых продуктах нормируется (табл. 21).

Таблица 21

Содержание нитритов в пищевых продуктах

Продукт	Содержание, мг/кг	Продукт	Содержание, мг/кг
Овощи	0–0,9	<i>Мясные продукты</i>	
Молоко пастеризованное	0–0,7	мясные консервы	7–12
Кисло-молочные продукты	0–0,8	колбасные изделия, копчености	6,1–34
Молоко сухое цельное, сыры	0–2,0	<i>Рыбные продукты</i>	
	0,5–1,8	Рыба свежая речная	0,6–4,7
		Рыба морская	0,3–1,1

Основным источником поступления нитратов являются продукты растительного происхождения (92 %), нитритов – мясные продукты 53–60 %.

Детям грудного возраста до 6 месяцев не рекомендуют потреблять продукты с содержанием нитрата более 10, нитритов – 0,05 мг/кг.

Среди методов определения нитратов и нитритов ведущее место занимают физико-химические – спектрофотометрия, хроматография, электрохимия (ионометрия) и хемилюминесценция. Основной способ выделения нитратов и нитритов из пищевых продуктов – водная экстракция. Спектрофотометрические методы определения используют нитрование и окисление органиче-

ских соединений, восстановление нитрат-ионов до нитрит-ионов и поглощение нитратов в УФ-области спектра. Наиболее простыми и экспрессными являются ионометрический и тест-методы.

**Нитрозосоединения (НС).** В настоящее время на живых организмах испытано более 300 нитрозосоединений, содержащихся в окружающей среде. Все они обладают канцерогенными, мутагенными, тератогенными и эмбриотоксичными свойствами. Канцерогенное действие является определяющим. Нитрит и оксиды азота обладают способностью легко нитрозировать вторичные и третичные амины с образованием нитрозосоединений:



НС образуются и в результате технологической обработки сельскохозяйственного сырья, полуфабрикатов, варке, жарении, солении и т. д. Чем интенсивнее обработка и длительнее хранение пищевых продуктов, тем больше вероятность образования в них НС. Например, установлено, что количество нитрозоаминов в беконе возрастает с увеличением температуры и времени приготовления. Наибольшее количество НС найдено в свекле и черной редьке 0,7–1,5 мкг/кг, где содержание  $NO_2^-$ ,  $NO_3^-$  – 4370 и 360 мг/кг, соответственно.

Наибольшее распространение получили N-нитрозодиметиламин (НДМА), N-нитрозодиэтиламин (НДЭА) (табл. 22).

Таблица 22

Содержание нитрозосоединений в некоторых продуктах

Продукт	Содержание НС, мкг/кг
Сосиски: полукопченые	9,7–18,9
копченые	13–74
Рыба горячего копчения	10–68
Шпроты в масле	41
Консервы в томатном соусе	6–26

Одним из эффективных способов, препятствующим переходу нитратов в нитриты и нитрозоамины, является использование в пищу продуктов, содержащих танины.

С суточным рационом человек получает 1 мкг НС, с питьевой водой – 0,01 мкг, воздухом 0,3 мкг.



Для количественного определения используют хроматографические методы.

### 7.3.3. Пестициды

**Пестициды** – вещества химического и биологического происхождения, применяемые для уничтожения сорняков (гербициды), насекомых (инсектициды), грызунов (родентициды), уничтожения листьев (дефолианты), обезвоживания растений (десиканты) и регуляторов роста растений. Мировое производство пестицидов имеет более 1000 наименований. В России предусмотрено около 600 препаратов на основе 300 действующих веществ, относящихся к различным группам соединений.

Существует мнение, что пестициды – вещества, наиболее загрязняющие окружающую среду. Но приоритеты расставлены следующим образом: токсичные металлы, радиоизотопы (Sr, Cs, I), пестициды и их метаболиты, нитраты, нитриты и нитрозосоединения, полициклические ароматические углеводороды, стимуляторы роста растений и т. д.

Мировое производство пестицидов составляет более 2 млн т в год. **Отказ от использования пестицидов** привел бы к потере 30 % урожая, удорожание продуктов составило бы 50–70 %.

Существует несколько классификаций пестицидов, которые используют их различные свойства.

По **химической природе** пестициды подразделяют на две группы: неорганические и органические. В 20-е гг. XIX в. в число пестицидов входили, главным образом, вещества неорганической природы, такие как хлорид двухвалентной ртути, трехокись мышьяка, так называемая швеннфуртская зелень, соли меди, фтористо- и кремнефтористоводородной кислот, сера и т. д. Недостатки неорганических пестицидов – это высокая дозировка, отсутствие избирательности действия, стойкость во внешней среде, потенциальная опасность отравления как человека, так и животных, полезных насекомых и т. д.

По **химическому строению** различают следующие группы соединений.

**1. Хлорорганические:** гексахлоран, гексахлорбензол, дихлордифенилтрихлорэтан и др. (табл. 23). Особенностью хлорорганических соединений является их высокая стабильность в природе.

**2. Фосфорорганические соединения** (табл. 24): карбофос, хлорофос, этафос и др. Относятся к высокотоксичным, их действие не зависит от температурного режима. Способны быстро разлагаться в почве.

Таблица 23

Некоторые представители хлорорганических пестицидов

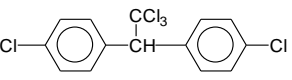
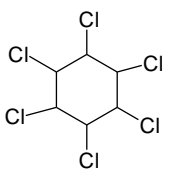
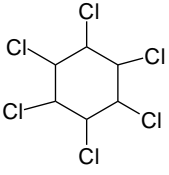
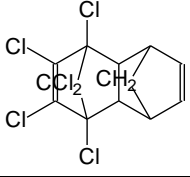
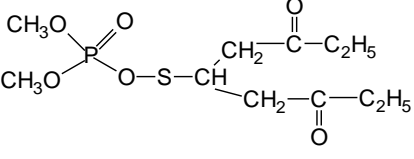
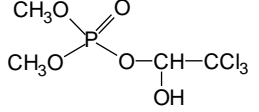
Название	Формула	Назначение, ЛД <sub>50</sub> , мг/кг
ДДТ – дихлордифенилтрихлор-этан или азотокс, анофекс, азэротокс, дикол, дитолкс		Универсальный инсектицид 250–400
Гексахлорциклогексан, гексатокс, гексахлоран долмикс, котол Линдан – изомер		Инсектицид 88–91
Гексахлорбензол, перхлорбензол, гексадин		Протравитель семян, выражены кумулятивные свойства, 1700
Альдрин		Накапливается в тканях, 40–50

Таблица 24

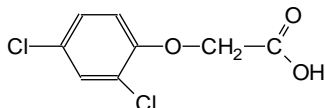
Некоторые представители фосфорсодержащих пестицидов

Название	Формула
Карбофос	
Хлорофос	

Этафос	
--------	--

**3. Производные карбаминовой кислоты** (карбарил, бенлат, витавакс др.), общая формула R-O-CO-NHR.

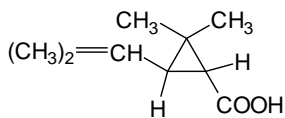
**4. Производные хлорфеноксициклот**, наиболее яркий представитель – дихлорфеноксиуксусная кислота, известная как соединение 2,4-Д:



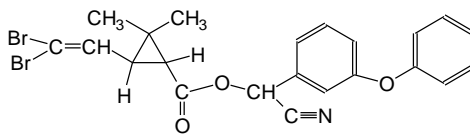
Хлорфеноксициклоты, являясь заменителями гормонов роста растений, обеспечивают сорняку ненормально быстрое развитие, в результате чего сорное растение погибает от истощения энергетических запасов.

Хлорфеноксициклоты и их производные хлорфенолы содержат в виде примесей полихлорированные дибензооксины и дибензофураны.

**5. Пестициды пиретроидной природы** – производные транскризантемовой кислоты (карате, шерпа и др.). Быстро разлагаются в окружающей среде, особенно в жаркую, солнечную погоду. Наиболее известное соединение этой группы – **дацис**, синтезированное в 1975 г., используемое для борьбы с колорадским жуком. Соединение токсично для вредителей, малотоксично для человека.



Транскризантемовая кислота



Да(э)цис

Существует несколько классификаций пестицидов.

**По токсичности действия** при однократном поступлении в организм через желудочно-кишечный тракт пестициды подразделяют на:

сильнодействующие, ядовитые вещества ЛД<sub>50</sub> до 50 мг/кг;

высокотоксичные ЛД<sub>50</sub> 50–200 мг/кг;  
среднетоксичные ЛД<sub>50</sub> 200–1000 мг/кг;  
малотоксичные ЛД<sub>50</sub> более 1000 мг/кг.

**По кумулятивным свойствам:** пестициды – вещества, обладающие:

сверхкумуляцией – коэффициент кумуляции (К) менее 1;  
выраженной кумуляцией –  $K = 1-3$ ;  
умеренной кумуляцией –  $K = 3-5$ ;  
слабовыраженной кумуляцией –  $K \leq 5$ .

**Коэффициент кумуляции (К)** – отношение суммарной дозы препарата при многократном введении к дозе, вызывающей гибель животных при однократном введении.

**По стойкости:**

Очень стойкие – время разложения свыше 2 лет. Существуют пестициды, которые обладают абсолютной персистентностью, т. е. они не подвергаются трансформации и деградации, например, соединения мышьяка.

- стойкие – 0,5–1 год;
- умеренностойкие – 1–6 месяцев;
- малостойкие – 1 месяц.

С 1986 г. введен автоматизированный отраслевой мониторинг, который дает информацию об уровнях содержания пестицидов в продуктах питания. Определяются остаточные количества 154 пестицидов, относящихся к 42 группам в 262 видах пищевых продуктов. Выявлено возрастание общего содержания пестицидов в продуктах растительного и животного происхождения.

Основной источник поступления пестицидов в организм человека – пища – ~90 %, 10 % – вода, воздух и т. д. Из пищевых продуктов – продукты животноводства, которые связаны с обработкой полей.

В России запрещена обработка персистентными хлорорганическими пестицидами (ХОП), что не снизило накопление их в растениях.

Растения способны накапливать пестициды. Например, при концентрации линдана (гексахлорциклогексана) в почве 5–10 мг/кг его содержание в моркови достигало 25 мг/кг, картофеля 5–10 мг/кг. Неоднородно и распределение пестицидов в некоторых фруктах, например, в кожуре яблок, груш – 3–40 % от их общего количества.

Важным показателем является время ожидания – время, которое необходимо для получения чистой продукции. Например, хлорсульфон быстро исчезает в зернах пшеницы, но в сахарной свекле он практически не разлагается.

ХОП устойчивы в условиях традиционной кулинарной обработки продуктов животного происхождения. При пастеризации молока концентрации ДДТ и линдана практически не изменяются. До 12 % пестицидов удаляется при сгущении молока, а в процессе получения сухого молока удаляется до 80 % ДДТ. При созревании и хранении сыра ДДТ и его метаболиты сохраняются в течение года.

ДДТ, открытый в 1936 г. швейцарцем Паулем Мюллером, лауреатом Нобелевской премии 1948 г., – один из наиболее известных пестицидов в борьбе с малярией. Начиная с 1950 г. стало известно о токсичных свойствах соединения. ДДТ считается одним из первых глобальных токсикантов. В 60-х гг. прошлого века в большинстве стран он был запрещен.

Считается, что пестициды – причина ряда болезней века (сердечно-сосудистые, рак, аллергии). ХОП, например, легко накапливаются в жировых тканях, сохраняются годами, доказано влияние их на иммунную систему. В объективной оценке влияния пестицидов на организм человека нет однозначности. Это связано с тем, что в организме ХОП подвергаются биотрансформации и это осложняет их обнаружение и выяснение механизмов воздействия.

Препараты, которые постоянно обнаруживаются в продуктах питания – хлорэтанол, в среднем, 0,32 мг/кг, хлорофос – 0,3; бензофосфат – 0,35; фосфамид – 0,28; карбафос – 0,3; метафос – 0,17; медьсодержащие фунгициды – 2,7; производные карбаминной кислоты, в частности ценеб – 0,6 мг/кг.

Очистка пищевых продуктов от пестицидов практически невозможна, поэтому больше внимания уделяют профилактике загрязнения пищи.

Определение пестицидов в различных продуктах требует индивидуального подхода как в пробоподготовке, так и определении. Схема анализа пестицидов в зерне и зернопродуктах включает: 1) извлечение пестицидов из анализируемой пробы; 2) очистку от коэкстрактивных веществ; 3) идентификацию и количественное определение.

Отбор проб проводят в соответствии с «Унифицированными правилами отбора проб сельскохозяйственной продукции, продуктов питания и объектов окружающей среды для определения микроколичеств пестицидов» и других руководств и методических указаний.

Для извлечения пестицидов из зернопродуктов применяют два основных способа: 1) выдувание летучих пестицидов током воздуха или инертного газа и 2) экстракция органическим растворителем. Газ, содержащий препарат, улавливают специальными ловушками и далее анализируют хроматографическим методом.

Экстракционное извлечение пестицидов используют для тонкослойной хроматографии. Наиболее распространенным методом является газожидкостная хроматография с использованием библиотек масс-спектров. Большие возможности для анализа пестицидов имеют методы капиллярной газовой хроматографии. Разработаны электрохимические методы определения – импульсная полярография, инверсионная вольтамперометрия, широко используются электрохимические детекторы в сочетании с жидкостной хроматографией.

## **8. ПИЩЕВЫЕ ДОБАВКИ**

### **8.1. Определение и классификация пищевых добавок**

Пищевые добавки не изобретение нашего времени. Когда-то человек открыл консервирующее действие соли, дыма, холода, уксуса. В XIV в. начали применять селитру для засолки мяса. В течение многих веков человек использует соль, перец, гвоздику, мускатный орех, корицу, мед. Однако широкое использование пищевых добавок началось в конце XIX в. и было связано с ростом населения и концентрацией его в городах, что вызвало необходимость увеличения объемов производства продуктов питания, совершенствования традиционных технологий их получения с использованием достижений химии и биотехнологии.

Введение пищевых добавок в продукты по своему технологическому назначению направлено на улучшение внешнего вида и органолептических свойств, сохранение качества пищевого продукта в процессе его хранения, ускорение сроков изготовле-

ния. Пищевые добавки обеспечивают органолептические свойства с использованием ароматизаторов, пищевых красителей, разрыхлителей, желе- и пенообразователей, эмульгаторов, улучшителей консистенции; предотвращают микробную или окислительную порчу.

Федеральный закон о качестве и безопасности пищевых продуктов предлагает следующее определение: «**пищевые добавки** – природные или искусственные вещества и их соединения, специально вводимые в пищевые продукты в процессе их изготовления в целях придания пищевым продуктам определенных свойств и (или) сохранения качества пищевых продуктов».

Пищевые добавки могут быть природными, идентичными природным или искусственными веществами. К традиционным пищевым добавкам относятся: консерванты, противокислители, эмульгаторы, красители, органические кислоты; вещества, способствующие фильтрации и осветлению; вещества, входящие в состав жевательной резинки и ее оболочки; кислоты, основания, соли, оксиды, неорганические минеральные вещества; подслащающие средства; среды, способствующие разделению в газовой фазе.

Существует различие **между пищевыми добавками и вспомогательными материалами**, употребляемыми в ходе технологического потока. Вспомогательные материалы – любые вещества или материалы, которые, не являясь пищевыми ингредиентами, преднамеренно используются при переработке сырья и получения продукции с целью улучшения технологии; в готовых пищевых продуктах вспомогательные материалы должны полностью отсутствовать, но могут также определяться в виде неудаляемых остатков.

К пищевым добавкам не относят соединения, повышающие пищевую ценность продуктов питания и причисляемые к группе биологически активных веществ, такие как витамины, микроэлементы, аминокислоты и др.

Вопросами **применения** пищевых добавок занимается специализированная международная организация – Объединенный комитет экспертов ФАО/ВОЗ по пищевым добавкам и контаминантам (JECFA): ФАО – Food and Agricultural Organization – специализированное учреждение ООН по вопросам продовольствия и сельского хозяйства; ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения.

Вопросами **рассмотрения и утверждения** уровня пищевых добавок для продуктов питания занимается специальная комиссия ФАО/ВОЗ по разработке стандартов на продовольственные товары – комиссия «Кодекс Алиментариус». В рамках Европейского сообщества действует аналогичная комиссия, а в России и других странах – вопрос о применении пищевых добавок решается Министерством здравоохранения и Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор). В научно-исследовательских институтах, лабораториях проводятся токсикологические и другие исследования характеристик веществ, которые предлагаются в качестве пищевых добавок.

Число пищевых добавок, применяемых в производстве пищевых продуктов в разных странах, достигает сегодня 500 наименований (с учетом комбинированных добавок, индивидуальных душистых веществ, ароматизаторов – более 2000), в Европейском сообществе классифицировано около 300.

Разработана рациональная система цифровой кодификации пищевых добавок с литерой «Е» и цифровым трех- или четырехзначным номером – индексом, который соответствует определенной пищевой добавке.

Разрешенные пищевые добавки, имеющие букву «Е» и идентификационный номер, обладают определенным качеством. **Качество пищевых добавок – совокупность характеристик, которые обуславливают их технологические свойства и безопасность.**

Наличие пищевой добавки в продукте указывается на этикетке.

Согласно предложенной системе цифровой кодификации пищевых добавок, их классификация в системе Codex Alimentarius, в соответствии с назначением, выглядит следующим образом:

**E100-E182** – красители (устанавливают или восстанавливают цвет продукта);

**E200-E299** – консерванты (повышают срок хранения продуктов, защищая их от микробов, грибков, бактериофагов, добавки при созревании вин, дезинфектанты);

**E300-E399** – антиокислители (защищают от окисления, например от прогоркания жиров и изменения цвета);

**E400-E499** – стабилизаторы (сохраняют заданную консистенцию) и загустители (повышают вязкость);



**E500-E599** – эмульгаторы (создают однородную смесь несмешиваемых фаз, например, воды и масла);

**E600-E699** – усилители вкуса и аромата;

**E700-E899** – запасные индексы;

**E900-E999** – пеногасители (предупреждают или снижают образование пены).

Многие пищевые добавки имеют комплексные технологические функции, которые проявляются в зависимости от особенностей пищевой системы. Например, добавка E339 (фосфаты натрия) может проявлять свойства регулятора кислотности, эмульгатора, стабилизатора, комплексообразователя и водоудерживающего агента.

## 8.2. О безопасности пищевых добавок

В законодательных требованиях, принятых в Европе, использован так называемый «запрещающий принцип» (т. е. дается разрешение употреблять только дозволенные добавки). Все вещества, не вошедшие в список, запрещены (если не оговорено специальное разрешение использования в конкретных пищевых продуктах). Например, в перечне имеется бензойная кислота, дозволенная к употреблению в нескольких видах пищевых продуктов (таких как продукты из рыбы и яиц), но этот консервант отсутствует в перечне дозволенных добавок к маргарину. Это значит, что бензойной кислотой нельзя пользоваться при производстве маргарина.

Применение пищевых добавок, как всяких чужеродных (обычно несъедобных) ингредиентов пищевых продуктов, требует строгой регламентации и специального контроля. При этом учитываются ПДК (мг/кг) – предельно допустимая концентрация чужеродных веществ (в том числе добавок) в продуктах питания, ДСД (мг/кг массы тела) – допустимая суточная доза и ДСП (мг/сут) – допустимое суточное потребление – величина, рассчитываемая как произведение ДСД на среднюю величину массы тела – 60 кг. Соблюдение ДСП пищевых добавок является важнейшим условием обеспечения безопасности пищевых продуктов с пищевыми добавками.

Согласно Закону Российской Федерации «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» государственный

предупредительный и текущий санитарный надзор осуществляется органами Роспотребнадзора. Безопасность применения пищевых добавок в производстве пищевых продуктов регламентируется документами Министерства здравоохранения РФ. В РФ возможно применение только тех пищевых добавок, которые имеют разрешение Роспотребнадзора России в пределах, приведенных в Санитарных правилах и нормах (СанПиН). Некоторые пищевые добавки, запрещенные к применению в Российской Федерации при производстве пищевых продуктов, представлены в табл. 25.

Таблица 25

Пищевые добавки, запрещенные в России

Код	Пищевая добавка	Технологические функции
E121	Цитрусовый красный	Краситель
E123	Амарант	Краситель
E240	Формальдегид	Консервант
E940a	Бромат калия	Улучшитель муки и хлеба
E940б	Бромат кальция	Улучшитель муки и хлеба

В табл. 26 приведены индексы некоторых пищевых добавок, представляющих **серьезную угрозу здоровью**.

Таблица 26

Индексы пищевых добавок, представляющих угрозу здоровью

E102	О	E142	Р	E216	Р	E270	О	E403	О	E527	ОО
E103	З	E150	П	E219	Р	E280	Р	E404	О	E620	О
E104	П	E151	ВК	E220	О	E281	Р	E405	О	E626	РК
E105	З	E152	З	E222	О	E282	Р	E450	РЖ	E627	РК
E110	О	E153	Р	E223	О	E283	Р	E451	РЖ	E628	РК
E111	З	E154	РК	E224	О	E310	С	E452	РЖ	E629	РК
E120	О	E155	О	E228	О	E311	С	E453	РЖ	E630	РК
E121	З	E160	ВК	E230	Р	E312	С	E454	РЖ	E631	РК
E122	П	E171	П	E231	ВК	E320	Х	E461	РЖ	E632	РК
E123	ОО	E173	П	E232	ВК	E321	Х	E462	РЖ	E633	РК
E124	О	E180	О	E233	О	E330	Р	E463	РЖ	E634	РК
E125	З	E201	О	E239	ВК	E338	РЖ	E465	РЖ	E635	РК
E126	З	E210	Р	E240	Р	E339	РЖ	E466	РЖ	E636	О
E127	О	E211	Р	E241	П	E340	РЖ	E477	П	E637	О
E129	О	E212	Р	E242	О	E341	РЖ	E501	О	E907	С
E130	З	E213	Р	E249	Р	E343	РК	E502	О	E951	ВК
E131	Р	E214	Р	E250	РД	E400	О	E503	О	E952	З

E141	П	E215	Р	E251	РД	E401	О	E510	ОО	E954	Р
				E252	Р	E402	О	E513	ОО	E1105	ВК

#### Условные обозначения вредных воздействий добавок

**ВК** – вреден для кожи; **З** – запрещенный; **Р** – ракообразующий; **ОО** – очень опасный; **П** – подозрительный; **РЖ** – расстройство желудка; **РД** – артериальное давление; **С** – сыпь; **Х** – холестерин; **РК** – кишечные расстройства; **О** – опасный.

## 8.3. Основные группы пищевых добавок

### 8.3.1. Консерванты

Химические консерванты должны эффективно предупреждать развитие микробальной флоры – бактерий, плесени, дрожжей и обеспечивать длительное хранение продуктов, не оказывая какого-либо влияния на органолептические свойства, пищевую ценность.

Эффективность действия консерванта зависит от его концентрации, pH среды, качественного состава микрофлоры. Консерванты имеют различное отношение к плесневым грибам, бактериям и т. д. и поэтому целесообразно использовать смесь консервантов. Ни один из известных консервантов не является универсальным для всех продуктов питания.

Наиболее распространенные консерванты – это **соединения серы:  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  (E221),  $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaHSO}_3$  (E222)**. Соединения хорошо растворимы в воде, выделяют  $\text{SO}_2$ , который и обеспечивает антимикробное действие. В кислой среде эффект подавления роста плесневых грибов, дрожжей, аэробных бактерий усиливается.

Сернистый ангидрид (E220) обладает и восстанавливающей способностью. Соединения серы являются сильными ингибиторами дегидрогеназ и предотвращают овощи, например картофель, от неферментативного помутнения. Использование сернистого газа для окуливания бочек известно с давних времен. Но диоксид серы разрушает тиамин, биотин, способствует распаду токоферола (витамин Е), поэтому нецелесообразно использовать соединения серы для консервирования продуктов, содержащих витамин.

В организме человека  $\text{SO}_3^{2-}$  превращается в  $\text{SO}_4^{2-}$ , но высокие концентрации серы могут оказывать токсичное действие. С одним стаканом сока потребляется 1,2 мг  $\text{SO}_2$ , 200 мг мармелада,

зефира, пастилы содержат 4 мг  $\text{SO}_2$ . В соответствии с ГОСТ 26811-86 «Исследование мармелада, карамели, конфет с фруктово-ягодными корпусами и начинками» проводят определение  $\text{H}_2\text{SO}_3$  в кондитерских изделиях, в винопродукции – по ГОСТ 14351-73 «Определение свободной и общей сернистой кислоты в винах, виноматериалах и коньячных спиртах».

**Сорбиновая кислота  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_2$  (2,4-пентадиенкарбоновая кислота  $\text{CH}_3\text{-(CH=CH)}_2\text{-COOH}$ ) (E200) и ее соли** (сорбаты натрия, калия, кальция – E 201, E202, E203, соответственно) обладают бактериостатическим, фунгистатическим и фунгицидным действием. Впервые кислота получена из плодов рябины (sorbus). Кислота и ее соли используются в качестве добавки при производстве меланжа, сыра, маргарина, рыбных и мясных продуктов. Кислоту можно применять для пропитки упаковочного материала пищевых продуктов, так как она эффективно ингибирует рост плесеней. В концентрации 0,1 % предохраняет от порчи продукты.

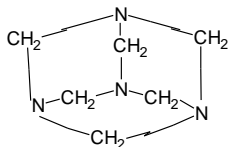
**Бензойная кислота ( $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$ ) (E210) и ее соли** (бензоаты натрия, калия, кальция – E211, 212, 213, соответственно). Антимикробное действие основано на способности подавлять активность ферментов, осуществляющих окислительно-восстановительные реакции.

Бензойная кислота блокирует ферменты, расщепляющие жиры, крахмал; подавляет рост дрожжей и бактерий маслянокислого брожения. Она наиболее эффективна в кислой среде при pH 4,5; в нейтральной и щелочной среде ее действие значительно ослабевает. Содержание бензойной кислоты контролируется по бензоату натрия в соответствии с ГОСТ 27001-86 «Определение бензоата натрия в пресервах из рыбы и морепродуктов», ГОСТ 8756.0-70 «Отбор проб и подготовка к исследованию». Бензойная кислота входит в состав природных бальзамов, анисового масла, содержится в цветах гвоздики, плодах сливы, малины, смородины, черники. В виде солей добавляют к маргарину (1 г на 1 кг), лекарственным препаратам. Высоким бактерицидным действием и меньшей токсичностью обладают эфиры парагидроксibenзойной кислоты.

**Борная кислота  $\text{H}_3\text{BO}_3$**  используется в некоторых странах при консервировании молока, предназначается для изготовления сыров. Борная кислота, бораты способны накапливаться в организме, мозге, нервных тканях, проявляют токсичность, снижают

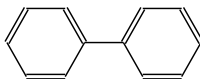
потребление кислорода тканями и окисление адреналина. ГОСТ-27001-86 предусматривает «Определение борной кислоты и буры в икре разных видов рыб».

**Гексаметилентетрамин  $C_6H_{12}N_4$  или уротропин (E239)** разрешен для консервирования икры лососевых рыб (уровень 1000 мкг/кг):



Уротропин обладает сильными фунгистатическими свойствами, препятствующими развитию плесневых и других микроскопических грибов. Используется при консервировании колбасных оболочек, холодных маринадов для рыбных продуктов. Действующее начало – формальдегид, который выделяется при разложении уротропина. Формальдегид обладает антисептическим действием.

**Дифенил (бифенил, о-фенилфенол,  $C_{12}H_{10}$ ) (E230)** – трудно растворимое в воде соединение:



Обладает средним уровнем токсичности. Препятствует развитию плесневых и других микроскопических грибов. Применяют для продления сроков хранения citrusовых путем погружения их на небольшое время в 0,5–2%-ный раствор или пропитывания этим раствором оберточной бумаги. В России этот консервант не используется, но реализация фруктов с его использованием разрешена.

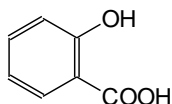
**Гидрацетовая кислота и ее соли** прекрасно защищают от плесени. Используется для пропитки упаковочных материалов пищевых продуктов, например маргарина. Ценным свойством кислоты является ее нечувствительность к изменению кислотности среды.

**Уксусная кислота (E260) и ее соли (E261, E262)** – наиболее старые и широко используемые консерванты, применяются в приготовлении майонезов, соусов, при мариновании различной продукции.

**Муравьиная кислота** (E236) в больших концентрациях оказывает токсичное действие. Способность осаждать пектины ограничивает ее применение. Формиаты натрия E237 и кальция E238 используются в качестве солезаменителей в диетических продуктах.

**Пропионовая кислота и ее соли** (E280, E281, E283, E282) известны как консерванты, предупреждающие плесневение (США), в производстве хлебобулочных и кондитерских изделий, сыроделии. Этот консервант используют в продуктах с высоким значением рН. В ряде европейских стран добавляют к муке, что влияет на запах и вкус продуктов.

**Салициловая кислота** традиционно используется при домашнем консервировании томатов и фруктовых компотов:



в Англии – для консервирования пива. В настоящее время накоплен материал о проявлении токсических свойств, что служит основанием для запрета ее использования.

**Нитраты и нитриты натрия и калия** (E251, E252, E249, E250) широко применяются как антимикробные средства в производстве мясных и молочных продуктов. При засолке говядины, баранины и конины концентрация нитрита от массы рассола составляет 0,1–0,12 %, для свинины – 0,06–0,08 %. В колбасном производстве содержание нитрита не должно превышать 50 мг/кг готового изделия. При изготовлении некоторых сортов сыра и брынзы вводят не более 300 мг нитритов на 1 л используемого молока.

Ряд консервантов (борная кислота, салициловая кислота, пероксид водорода, гексаметиленetetрамин, однобромистые соединения, уксусная кислота), запрещены во многих европейских странах.

### **8.3.2. Антиокислители – антиоксиданты**

При умеренной температуре, под действием кислорода воздуха протекают процессы окисления – автоокисления в пищевых продуктах, которые интенсифицируются светом, теплом и примесями. Окисляются в первую очередь жиры, их соединения,

витамины и другие биологически важные нутриенты. Эти процессы существенно снижают ценность продуктов.

Окисление липидов – процесс, протекающий по радикально-цепному механизму. На скорость окисления влияют состав и строение липида, влажность, температура, свет, наличие металлов с переменной степенью окисления. При окислении образуются гидропероксиды, дальнейшее окисление которых приводит к образованию токсичных соединений альдегидов, кетонов и т. д. Содержание гидроперекисей определяют йодометрически (ГОСТ 26593-85 «Определение перекисного числа») и выражают перексидным числом (ПЧ). Установлены уровни содержания гидропероксидов (табл. 27).

Таблица 27

Оценка качества жира по перекисному числу

Перекисное число	Степень окисления, порчи
до 0,03	свежий
0,03–0,06	свежий, не подлежащий хранению
0,06–0,1	сомнительной свежести
более 0,1	испорченный

Для предотвращения окислительной порчи используют антиоксиданты (АО), ингибирующие реакции окисления органических веществ в пищевых продуктах. Особая роль АО связана с предотвращением окислительных процессов жиросодержащих продуктов, которые в большей степени подвержены окислительной деструкции.

К **природным антиоксидантам** относят токоферолы (витамин Е), аскорбиновую кислоту (витамин С), флавоны (кверцетин), эфиры галловой кислоты и т. д.; **синтетические антиоксиданты** – бутилоксианизол (БОА), бутилокситолуол (БОТ) – иионл, додецилгаллаты (ДГ) (табл. 28).

АО содержат фенольный фрагмент, ингибирующий процесс окисления за счет взаимодействия с перексидными радикалами, т. е. антиокислительная функция определяется их способностью связывать в клетках активные свободные радикалы.

АО считается эффективным, если не обнаруживаются следы прогорклости жиросодержащего продукта при хранении более 1 года при температуре 24–27 °С в незапечатанных контейнерах.

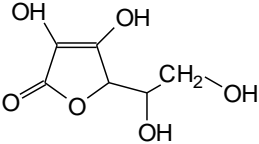
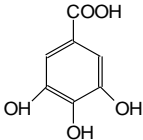
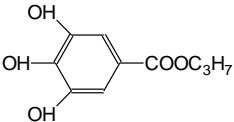
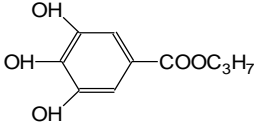
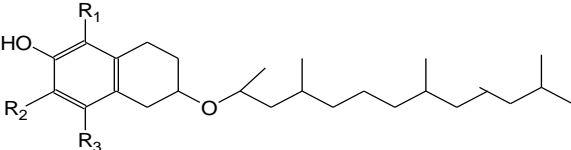
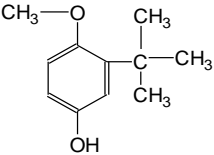
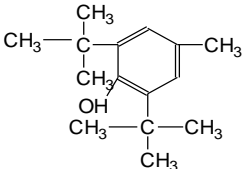
Составные ингредиенты природных жиров и масел – лецитин, токоферол, каротиноиды и т. д. влияют на процесс окисле-

ния. Например, лецитин защищает растительные масла, но ускоряет окисление животного жира. Каротин защищает масло в темноте, но ускоряет окисление на свету.

По отношению к ненасыщенным липидам токоферолы являются одними из самых сильных АО, ингибирующих процесс пероксидного окисления и определяющих их устойчивость.



## Природные и синтетические антиоксиданты

Название	Формула
<i>Природные антиоксиданты</i>	
Аскорбиновая кислота (E300)	
Галловая кислота	
Пропилгаллат (E 310)	
Октилгаллат (E 311)	
Токоферолы (витамин E) (E306–309)	
<i>Синтетические антиоксиданты</i>	
Бутилоксианизол (БОА) (E320)	
Бутилкситолуол (БОТ), ионол (E321)	

Интерес представляют процессы стабилизации жиров и жироподобных веществ с использованием комбинации из двух и более АО, каждый из которых усиливает эффективность другого в подавлении процесса окисления – **явление синергизма**. Используют смеси сильного и слабого АО – бутилксианизол с токоферолом, гидрохиноном, пропилгаллатом и др.

Аскорбиновая кислота (Е 300) как АО применяется ограниченно, чаще используют ее жирорастворимые сложные эфиры. Смесь токоферола с аскорбиновой кислотой (синергент) имеет период индукции окисления в 6 раз длиннее, чем токоферола.

Галловая кислота (3,4,5-триоксibenзойная кислота) широко распространена в природе, является АО, не растворима в жирах. Ее применяют в форме сложных эфиров пропилового, октилового и других спиртов. Галлаты добавляют в жиры и масла (50–200 мг/кг), сухое молоко, картофельные чипсы, сельдь и т. д. Хорошими синергентами для галлатов являются лимонная кислота, фосфолипиды. В виде синергических комбинаций галлаты применяют для стабилизации печеночного жира, хлопкового масла и т. д., например, 0,001 % додецилгаллата в 3 раза повышает стойкость сухих сливок (табл. 29).

Таблица 29

Стабилизация пищевых продуктов галлатами

Продукт	Сохраняемость продуктов в днях	
	контрольный опыт	стабилизированный
Цельное порошковое молоко	45	300
Топленый свиной жир	150	750
Жир говяжий	150	750
Кекс	18	84

Лимонная (Е330), винная (Е334) кислоты и их соли (Е331, Е332, Е333, Е335-337) способны связывать металлы с образованием хелатных соединений. Но сама лимонная кислота применяется в производстве плавящихся сыров, майонезов, кондитерских изделий и других продуктов, придавая им определенные вкусовые оттенки. ГОСТ Р 53040-2008 «Добавки пищевые. Кислота лимонная безводная Е330» рекомендует метод определения количественного содержания кислоты.

Синтетические АО устойчивы к высоким температурам, не растворимы в воде, используются для стабилизации масел, жиров, шпика, сухого молока, смесей для кексов, концентратов супов. Бутилгидроксианизол является наиболее применяемым ан-

тиоксидантом в неевропейских странах. Например, 50 % производимого в США свиного сала содержит этот АО. Добавка применяется в качестве пропитывающего материала для шоколадных изделий, кексов и других продуктов. Активность БОА возрастает в присутствии производных галловой, лимонной и аскорбиновой кислот. Допустимый уровень синтетических АО в пищевых продуктах не превышает 0,02 %, в кормовых – концентрация увеличивается в 5–10 раз (ГОСТ 11254-8 «Качественные методы определения некоторых антиокислителей»).

Эффективными АО являются этилендиаминтетрауксусная кислота и ее соли (Е386, Е385), которые предупреждают, например, окисление аскорбиновой кислоты в соках, потемнение картофеля, используют для осветления вина.

Производные флавонов – кверцетин, дигидрокверцетин обладают сильными пролонгирующими антиокислительными свойствами, которые усиливаются лимонной, аскорбиновой и другими кислотами.

Некоторые пряности (анис, кориандр, укроп, имбирь) и их экстракты проявляют антиокислительные свойства.

Для количественного определения АО используют ВЭЖХ с УФ или флуоресцентным детектированием.

### **8.3.3. Вещества, влияющие на структуру и физико-химические свойства пищевых продуктов**

К этой группе веществ относят **эмульгаторы, стабилизаторы, загустители, замутнители, студнеобразователи, пенообразователи**. Химическая природа веществ достаточно разнообразна, поскольку используются соединения как природного, так и синтетического происхождения. Качественный состав, соотношение компонентов определяются характером пищевого продукта, его консистенцией, технологией получения, условиями хранения и реализации.

Область применения **эмульгаторов и стабилизаторов** – масложировая промышленность. Общее свойство эмульгаторов, отличающее их от других пищевых добавок, – высокая поверхностная активность.

Для приготовления жиров, используемых в хлебопечении и кондитерском производстве, разрешены эмульгаторы Т-1 – моно- и диглицериды жирных кислот и Т-2 – продукт этерифика-

ции полиглицерина насыщенными жирными кислотами C<sub>16</sub> и C<sub>18</sub>. Их добавляют в количестве не более 2000 мг/кг продукта. Фосфолипиды представлены природными лецитинами (Е322) и синтетическими аналогами фосфатидами (Е442). В отличие от других пищевых добавок диетологи отмечают высокую физиологическую активность фосфолипидов, которая связана с регулированием уровня холестерина в организме, улучшением функции печени.

Перечень **загустителей и гелеобразователей** включает 50 добавок. Их главная технологическая функция – изменение текстуры продукции за счет повышения вязкости или формирования геля. Многие представители этой группы пищевых добавок выполняют и функции стабилизатора. Большинство загустителей и гелеобразователей относятся к классу полисахаридов.

**Стабилизационные системы** используются при производстве супов (сухие, консервированные, замороженные), соусов (майонезы, томатные соусы), бульонных продуктов, продуктов для консервированных блюд. В производстве мороженого и других продуктов разрешены стабилизаторы **агар, агароза, альгинат натрия**.

**Агар** (агар-агар Е406) – линейный полисахарид, который получают из красных морских водорослей. Агар незначительно растворяется в холодной воде, но хорошо набухает. В горячей воде образует коллоидный раствор, а затем гель. Гелеобразующая способность агара в 10 раз выше, чем у желатина.

**Альгиновая кислота** (Е400) и ее соли (Е401-Е405) представляют полисахариды, выделенные из бурых морских водорослей. Свободные альгиновые кислоты плохо растворимы в холодной воде, но набухают в ней, связывая 200–300-кратное количество воды. Их гели растворимы в горячей воде.

**Желатин** является гелеобразователем белковой природы. Аминокислотный желатин содержит до 18 аминокислот, в том числе глицин (26–31 %), глутаминовую кислоту (11–12 %) и др. Желатин получают из коллагена, содержащегося в костях, хряще, сухожилиях животных. Растворы желатина имеют низкую вязкость, которая зависит от рН. Важное свойство желатина – способность образовывать термически обратимые гели.

При изготовлении колбасных изделий применяют **фосфаты натрия**. Соли фосфорной кислоты увеличивают влагосвязывающую способность мясного фарша за счет изменения рН среды.

В вареные колбасы разрешено добавлять фосфаты в пересчете на  $P_2O_5$  не более 4 г/кг продукта. Потребление фосфатов лимитируется общим содержанием в суточном рационе кальция и фосфора. Допустимое количество фосфатов в суточном рационе человека – 70 мг/кг массы тела в пересчете на фосфор, включая пищевые добавки.

В производстве плавленых сырков фосфаты используют в качестве солеплавителей в количестве 20–25 г/кг сырья и в пересчете на  $P_2O_5$  – 9 г.

Как загустители используют **крахмалы, целлюлозу, желатин, пектин, метилцеллюлозу**. Широко применяют различные виды модифицированной целлюлозы, амидированный пектин, содержащий группы  $COOH-NH_2$ , богатый азотом.

Традиционно **крахмалы** использовались как загустители, а благодаря созданию модифицированных форм их область применения существенно расширилась. Модифицированные крахмалы (МК) объединяют продукты фракционирования, деструкции нативных крахмалов и проявляют устойчивость в кислых средах, стабильность в циклах замораживания и оттаивания.

Расщепленные крахмалы, которые включают декстрины, полученные при сухом нагревании нативных в присутствии или отсутствии катализаторов, гидролизованные, окисленные являются ценными добавками при приготовлении прозрачных супов, пастилы, желе, жевательных резинок. МК применяют в производстве мороженого, жележных кондитерских и хлебо-булочных изделий и т. д.

Стабилизированные, сшитые крахмалы эффективны в пищевых технологиях, включающих продолжительную термическую обработку, механические воздействия и пролонгирование процессов подготовки продукта.

Созданы определенные виды МК для различных видов питания, специальные виды МК с повышенным содержанием ионов железа, кальция, фосфора для коррекции содержания этих веществ и профилактике соответствующих заболеваний. Карбоксиметилкрахмалы используют в качестве стабилизаторов и эмульгаторов в производстве низкожирных масел, майонезов, соусов.

При расщеплении кислотой МК получают аминокрхмал, который используется в производстве продуктов детского питания и служит основой кровезаменителя «Волекам».

Обычно крахмал получают из картофеля, кукурузы, нетрадиционными считают такие источники, как горох, сорго, пшеница.

В настоящее время широко используют различные виды **пектинов**, которые по химической природе представляют собой гетерополисахариды. Главную цепь полимерной молекулы образуют производные полигалактуроновой кислоты (пектовой) кислоты. В промышленности пектины получают кислотным или ферментативным гидролизом. Различные виды пектина вводят в детское, диетическое, лечебно-профилактическое питание. Отдельные формы пектина обладают способностью связывать и выводить токсичные вещества, тяжелые металлы, радионуклиды. Комплексообразующая способность пектинов обеспечивается содержанием свободных карбоксильных групп. Продукты, содержащие пектин, способны уменьшать содержание холестерина и улучшать пищеварение. Пектины получают из свекловичного жома, яблочных выжимок, кожуры цитрусовых, корзинок подсолнуха, клубней топинамбура и т. д.

**Замутнители** – натуральные и искусственные коллоидные системы.

**Стабилизационные системы** состоят из комплекса компонентов, эмульгатора, стабилизатора, загустителей – это супы, соусы, бульонные специи.

### 8.3.4. Подслащивающие вещества

Сладкие вещества классифицируются по различным признакам: химическому составу и строению, усвоению организмом человека, происхождению (натуральные и искусственные), степени сладости (с высоким и низким сахарным эквивалентом), калорийности (высоко-, низко- и некалорийные). Степень сладости подсластителей (сахарный эквивалент) – это один из важных показателей экспертизы.

Наибольший интерес представляют вещества, которые имеют высокий сахарный эквивалент (табл. 30) и не служат источником энергии. Их подразделяют на два вида – натуральные и искусственные. Натуральные – фруктоза, сорбит, ксилит полностью усваиваются организмом и как обычный сахар обеспечивают человека энергией. Они безопасны, но калорийны. Синтетические заменители энергетической ценности не имеют.

Относительная сладость (ОС) углеводов и подсластителей

Вещество	ОС	Вещество	ОС
Сахароза	100	Ксилит	90
Глюкоза	74–82	Аспартам	180
Лактоза	16–32	Сахарин	500
Сорбит	63	Цикламаты	500

В качестве подсластителей традиционно используют мед как продукт питания и как лекарство, водную вытяжку из ячменного солода (солодовый экстракт) – в детском питании; лактозу, молочный сахар – в медицине, кулинарии и детском питании. В пищевой промышленности широко применяют различные сахаристые крахмалопродукты – крахмальные патоки, продукты различной степени гидролиза крахмала.

### *Натуральные подсластители*

**Миракулин** – гликопротеид, выделен из плодов африканского растения, белковая часть его включает 373 остатка 18 аминокислот, углеводная – арабинозу, ксилозу, глюкозу и другие сахара. Является термостабильным соединением при рН 3–12, сохраняется эффект сладости от 1–2 мг препарата.

**Монелин** – белок, состоящий из двух неоднородных полипептидных цепей, в которые входят соответственно 50–44 остатка аминокислот. В 1500–3000 раз слаще сахарозы. Выделяют подсластитель из ягод окультуренного африканского винограда. Соединение стабильно в интервале рН 2–10. При других рН и нагревании сладость теряется необратимо.

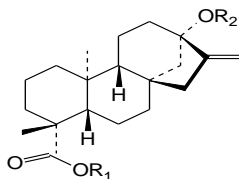
**Тауматин Е957** – самое сладкое из всех веществ. Слаще сахарозы в 1600–2500 раз. Степень сладости составляет 80 000–100 000 ед. Состоит из нескольких белков. Легко растворяется в воде и стабилен в интервале рН 2,5–5,5 и повышенных температурах. Производят в Великобритании из специально культивируемого растения. Сильное влияние на степень сладости оказывает алюминий. Создан препарат – ионный *адтауматин-алюминий*, который выпускается под торговой маркой «Falune».

**Дигидрохалконы Е959** – производные флавонон-7-глюкозидов, которые являются естественными компонентами плодов цитрусовых. Степень сладости дигидрохалконов изменяется от 30 до 2000 ед. Соединения сравнительно плохо растворимы в воде, устойчивы к кислым средам, имеют чистый слад-

кий вкус и освежающий привкус, используются в производстве алкогольных напитков, жевательной резинки.

**Глицирризин E958** (сладкое вещество, лакрица) – подсластитель, усилитель вкуса, аромата. Глицирризин в 50–100 раз слаще сахарозы, обладает специфическим привкусом, длительным послевкусием и запахом. Используют в кондитерской и табачной промышленности.

**Стевиод** – смесь сладких веществ гликозидной структуры, выделяемых из листьев южноамериканского растения стевии (Парагвай, Китай, Япония, Корея).



Препарат в 300 раз слаще сахарозы, хорошо растворим в воде, с большим периодом ощущения сладости, обладает высокой кислотной стабильностью. В конце 70-х гг. XX в. в СССР была принята и профинансирована программа «Стевия». Самым большим потребителем стевии остается Япония. К 1988 г. экстракты стевии захватили 41 % японского рынка подсластителей. Японская пищевая промышленность использует стевию во всем ее разнообразии. Это леденцы, жевательные резинки, печеные продукты и хлебные злаки, йогурты, мороженое, зубные пасты и т. д. Помимо стевиода из стевии выделяют другие гликозиды. Экстракты стевии не ферментируются, они устойчивы к тепловой обработке, изменению кислотности и т. д.

### ***Синтетические подсластители***

Получают с использованием методов органического синтеза, требуют в отличие от натуральных подсластителей серьезных критериев гигиенической безопасности и установления допустимых количеств потребления (табл. 31).

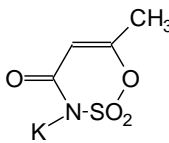
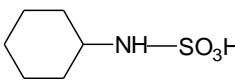
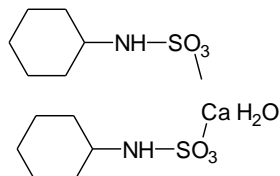
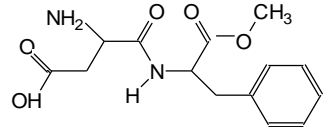
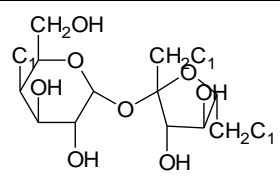
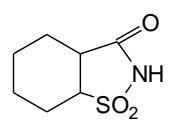
**Сахарин (E954)** – первый заменитель сахара, синтезирован в 1879 г., – слабо растворимый в воде имид сульфобензойной кислоты, используют натриевую или калиевую соли сахарина (сорбит и ксилит), которые имеют высокую растворимость, нетоксичны. Сахарин в 300–500 раз слаще сахара, но отмечено его отрицательное влияние на организм человека, что послужило



причиной запрещения его в Канаде, в ряде государств он разрешен к продаже с пометкой. Используется в производстве диетических продуктов, в диетических продуктах, жевательной резинке, напитках.

Таблица 31

Синтетические подсластители

Вещество	Формула
Ацесульфам калия	
Цикламовая кислота Циклогексиламино-N-сульфаниловая кислота	
Цикламат кальция	
Аспартам	
Сукралоза	
Сахарин	

**Цикламаты** (E952) – соли циклогексиламино-N-сульфоновой (цикламовой) кислоты, открыты в 1937 г., используют в качестве подсластителей только натриевую и кальциевую соли. Кристаллическая форма хорошо растворима в воде. Рас-

творы обладают хорошей температурной, кислотной и щелочной устойчивостью. Сладость в 30 раз выше, чем у сахарозы. Использование цикламов запрещено в США, Японии, Великобритании, так как они способствуют образованию опухолей или могут являться канцерогенами в присутствии других соединений. Но более чем в 40 странах мира цикламаты продолжают применять в комплексе с сахарином. Популярные торговые марки – «Цукли», «Сусли», «Милфорд», «Диаманд». Применение подсластителя германского производства «Сусли» ограничено содержанием в нем цикламата натрия, который запрещен в России и других странах в качестве пищевой добавки.

**Ацесульфам К (Е950)** – представитель гомологического ряда оксатиацинондиоксидов, синтезирован в 1973 г. Кристаллический препарат (сахарный эквивалент 200 ед.) хорошо растворим в воде, его растворы устойчивы при хранении, характеризуются термо- и кислотостойкостью. Ацесульфам К не является токсичным и используется во многих странах. Производится под торговой маркой «Sunett».

**Аспартам (Е951)** – метиловый эфир N-L-L-аспаргил-L-фенилаланина – белый порошок с ограниченной растворимостью в воде, которая увеличивается при подкислении среды. Соединение усиливает естественный вкус и аромат пищевых продуктов, особенно citrusовых и напитков, но неустойчиво при изменении рН, поэтому при использовании аспартама необходим подбор оптимальных условий. Сахарный эквивалент аспартама составляет 160–200 ед. Подсластитель полностью метаболизируется в организме, расщепляясь на аминокислоты, которые участвуют в построении новых белков.

Исследованиями показана безвредность препарата для организма, но в европейских странах его считают потенциальным канцерогеном. Выпускается препарат под торговой маркой Nutrasweet («Нутра Свит»). «Нутра Свит» относят к высокоинтенсивным заменителям сахара, но чаще его используют в смеси с ацесульфамом К. Применяется в технологии изготовления более 5 тыс. наименований продуктов, в частности, он является основой вкуса «облегченных» («лайт») лимонадов. Практически не содержит калорий, пригоден для всех возрастных групп населения, включая больных диабетом.

Альтернативой сахару является препарат «Свитли», некалорийный сахар, отвечающий требованиям отечественных и международных стандартов, и который слаще тростникового в 75 раз.

Научный поиск новых эффективных подсластителей привел к получению гомолога аспартама – алитама с сахарным эквивалентом 2000 ед., производному аспартама – **супераспартаму**, имеющему степень сладости 55 000 ед. Подсластители обладают большей стабильностью, чем аспартам.

Наряду с отдельными подсластителями исследуются их композиции. Например, совместное использование ацесульфам К и аспартама в соотношении 1:1 увеличивает сладость и вкусовые достоинства продукта.

Обнаружено, что воздействие подсластителей на организм человека может быть неоднозначным и зависит от дозы применяемого препарата. Существует необходимость контроля содержания подсластителей в пищевых продуктах. Для этого используют **хроматографические** и **спектрофотометрические** методы анализа. Применяют косвенные показатели содержания подсластителей в пищевых продуктах, например, определение кислотности или показателя цвета напитков. Используют методику органолептического анализа, которая заключается в сравнении сладости контрольного и испытуемого растворов.

### **8.3.5. Ароматизаторы и вещества, усиливающие аромат и вкус**

При оценке качества пищевых продуктов особое внимание потребитель уделяет их вкусу и аромату. Большую роль играют традиции, привычки, ощущение гармонии, которое возникает в организме человека при употреблении пищевых продуктов с определенными приятными вкусом и ароматом. Неприятный, нетипичный вкус часто и справедливо связывают с низким качеством продукта. Восприятие вкуса – сложный, мало изученный процесс, связанный с взаимодействием молекул, ответственных за вкус вещества, с соответствующим рецептором. Отдельные вкусовые ощущения могут оказывать влияние друг на друга, особенно при одновременном воздействии нескольких соединений. Суммарный эффект зависит от природы соединений, которые обуславливают вкусовые ощущения, и от концентраций применяемых веществ.

Не менее сложна проблема реакции организма на аромат (запах) пищевых продуктов. По мнению специалистов, на процесс обоняния влияют химические, биологические и другие факторы. В пищевой промышленности аромат является одним из важнейших факторов, определяющих популярность того или иного продукта. Однако в широком смысле, слово «аромат» часто обозначает вкус и запах продукта. Вкус и аромат продуктов питания определяются многими факторами. К числу основных относятся:

1) состав сырья, наличие в нем определенных вкусоароматических компонентов;

2) вкусовые вещества (добавки), специально вносимые в пищевые системы в ходе технологического потока. Среди них – подслащающие вещества, эфирные масла, душистые вещества, ароматизаторы, пряности, поваренная соль, пищевые кислоты и подщелачивающие соединения, усилители вкуса и аромата («оживители вкуса»);

3) вещества, влияющие, а иногда и определяющие вкус и аромат готовых изделий и возникающие в результате разнообразных химических, биохимических и микробиологических процессов, протекающих при получении пищевых продуктов под влиянием различных факторов.

Использование ароматизаторов связано с обязательным их контролем в готовом продукте и информированием покупателя.

Ароматизаторы – это природные и синтетические вещества. Условно выделяют три группы веществ: экстракты из растительных и животных тканей; эфирные масла растительного происхождения; химические соединения из природного сырья или полученные синтетическим путем.

Наиболее распространены ароматические вещества из пряных плодов и растений, которые применяют либо в чистом виде, либо в виде смесей. Состав и содержание ароматообразующих компонентов меняются по мере созревания растений, в ходе ферментативной и тепловой обработки, хранения. Некоторые соединения являются основными, так как они определяют основной аромат, например, в лимонах – это цитраль, тмине – карвон, в ванили – ванилин, в малине – гидроксифенил-3-бутанон и т. д. Группу ароматизирующих соединений в основном представляют альдегиды и кетоны. В табл. 32 приведены классы ароматообразующих соединений, идентифицированных в продуктах.

Таблица 32

Количество ароматобразующих веществ в некоторых продуктах

Продукт	Общее количество	Карбо- нильные соединения	Спирты, фенолы	Кислоты и лактоны	Эфиры
Земляника	256	47	40	36	94
Цитрусовые	157	31	35	10	29
Помидоры	113	51	26	10	6
Кофе	370	136	56	21	33
Мясо птицы	189	54	23	7	3
Хлеб	174	70	23	32	17

В табл. 33 представлены некоторые соединения, придающие запах.

Таблица 33

Органические соединения, обеспечивающие запах продукта

Название	Запах	Название	Запах
Дециловый альдегид	Апельсиновый	Бензойный альдегид	Миндальный
Метилформиат Этилформиат	Фруктовый	Фенилэтиловый спирт	Роза
Изоамилпропионат	Бергамотный	Этилбутират	Ананасовый
Изоамилацетат	Грушевый	Фенилэтилацетат	Роза, жасмин с оттенками

К ароматизирующим веществам относят и коптильные жидкости, препараты для копчения мяса и рыбы. Основа технологии получения препаратов – гидродистилляция продуктов конденсации коптильного дыма или растворимых смол, образующихся при термоллизе древесины. Обязательным компонентом ароматообразующих веществ являются фенолы, которые обеспечивают наряду с другими компонентами хорошую антиоксидантную активность ароматизатора, способствуют сохранению пищевой ценности и других показателей качества продукции при хранении.

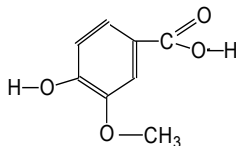
В настоящее время предложен широкий ассортимент эссенций, экстрактов и различных композиций для лимонадов, соков и других жидкостей, ароматических веществ для кондитерских изделий, выпечек и т. д.

**Диацетил** (бутандион) –  $\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{CO} - \text{CH}_3$  – жидкость желто-зеленого цвета, растворимая в спирте, эфирах, содержится в лавровом дереве, ряде пищевых продуктов. Соединение произ-

водят в промышленном масштабе. Используют в производстве масла, маргарина и т. д., сообщая продуктам специфический аромат и вкус.

**Цитраль**  $C_{10}H_{16}O$ , имеет специфический запах лимона  $CH_2=C(CH_3)-(CH_2)_3-C(CH_3)=CH-CHO$ , встречается в лимонном, вербенном, имбирном маслах, применяется в кондитерской и парфюмерной промышленности, является исходным веществом для синтеза витамина А. Разработан синтетический способ его получения из изопрена.

**Ванилин** – монометилловый эфир диоксибензойного альдегида,



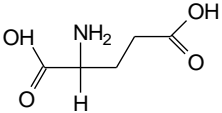
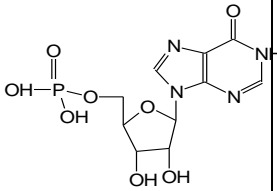
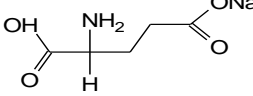
кристаллическое вещество с приятным специфическим запахом. Простая ваниль – высушенные стручки мексиканского растения. Синтетический ванилин получают из гваякола. Широко используется для получения многих кондитерских изделий, шоколада, а также в парфюмерии.

Особое место в оценке качества пищевых продуктов имеют **пряности**, которые представляют соединения или композиции, улучшающие вкус и аромат – перец, лавровый лист, гвоздика, корица и приправы – горчица, хрен и т. д. Известно более 150 видов пряностей, но наиболее широко используют 40. Отдельные пряности имеют фармакологическую активность, что применяется в медицине.

Широкое применение среди пищевых добавок находят **соединения, усиливающие или «оживляющие» вкус**. Это производные глутаминовой, гуаниловой, инозиновой кислот и других соединений (табл. 34).

Ведущее место среди соединений занимает **глутаминовая кислота** (E 620) и ее соли (E621–625), обеспечивающие «глутаминовый эффект», который проявляется в слабокислой среде pH 4–6,5. Глутаматы добавляют в концентраты и консервы, кулинарные изделия, они замедляют окисление жиров, маргариновой продукции. В продуктах детского питания их содержание недопустимо.

## Некоторые усилители вкуса и аромата

Название	Формула	Название	Формула
Глутаминовая кислота		Инозиновая кислота	
Глутамат натрия			

**Инозиновая кислота** (E630) и ее соли (E631–633) обладают более сильным вкусовым эффектом, чем глутаматы.

**Мальтол** – 2-метил-3-оксипирон-4, один из первых ароматизаторов, обнаруженных в хлебе, содержится также в растениях, не изменяет свои свойства при нагревании. Придает продуктам специфический аромат и вкус. Используется в производстве конфет, джемов, напитков, в хлебопечении, мучных кондитерских изделиях и других продуктах.

### 8.3.6. Вещества, улучшающие внешний вид пищевых продуктов

**Красители** – основная группа соединений, которая определяет внешний вид пищевых продуктов. Как исходное сырье, так и получаемые продукты в условиях современной пищевой промышленности меняют свой цвет наряду с консистенцией и качеством, что значительно влияет на их потребление населением. Значительно изменяется цвет при консервировании фруктов и овощей, что связано с превращением хлорофилла или видоизменением цвета антоциановых красителей в результате комплексобразования, возможно, за счет pH среды. Красители также используют для придания продуктам привлекательных свойств, которые могут имитировать как высокое качество, так и питательную ценность, при полном отсутствии таковой.

Для окраски продуктов используют как натуральные, природные красители, так и синтетические органической и неорганической природы. В РФ разрешено к применению ~ 60 красителей.

Натуральные и синтетические красители наряду с различными видами испытаний подвергаются токсикологическим исследованиям. Среди синтетических практически нет безвредных. Синтетические красители, если не отличаются острой токсичностью, могут быть канцерогенами, мутагенами или аллергенами.

В качестве красителей применяют минеральные пигменты и металлы: уголь древесный – черная окраска, оксиды железа (3+) – красная – желтая, оксиды железа (2+) – черная.

**Натуральные красители** обычно выделяют из природных источников в виде различных по своей природе соединений (табл. 35).

Некоторые красители обладают биологической активностью, что повышает их пищевую ценность. Но, с другой стороны, как природные красители, так и их модифицированные формы чувствительны к действию кислорода воздуха и могут подвергаться микробиологической порче.

Для окраски масло-жировых продуктов, рыбных изделий применяют каротиноиды, выделенные из моркови, плодов шиповника, перца и т. д. Каротиноиды устойчивы к изменению pH среды, но легко окисляются под действием света или солнечных лучей. Зеленый цвет придают природные пигменты – хлорофиллы, извлекаемые петролейным эфиром. Используют также зеленые пигменты крапивы, морковной ботвы и т. д.

Стабильную окраску дают антрахиноновые красители, представители которых кармин, куркумин достаточно устойчивы к нагреванию, действию света, кислорода воздуха. Характер окраски антоциановых красителей, которые представляют фенольные соединения моно- и дигликозидов, зависит от строения, pH среды, способности адсорбироваться, температуры, света и т. д. Красители представляют экстракты черной смородины, сортов винограда, бузины. Используют пигменты кизила, красной смородины, клюквы, чая, свеклы.

**Синтетические пищевые красители** (табл. 35) обладают преимуществами по сравнению с натуральными. Они дают более яркие цвета, менее чувствительны к различным воздействиям, не отличаются острой токсичностью, но могут проявлять свойства аллергенов, канцерогенов и т. д. Больше канцерогенов среди жирорастворимых красителей синтетической природы, которые вступают в связь с белками. В большинстве случаев они дешевле натуральных.



## Некоторые натуральные и синтетические красители

Название красителя	Цвет растворов	Источник выделения	Продукты, использующие краситель
<i>Натуральные (природные) красители</i>			
Куркума E100	желтый	растение семейства имбирных, Китай, Зондские острова	кондитерские изделия
Кармин E120	красный	кошениль, насекомое, обитающее на кактусах в Африке и Ю. Америке	ликеро-водочные и кондитерские продукты
Шафран	желтый	растение	масла, маргарины
Свекла E162	бордо	растение	кондитерские изделия
Сахарная карамель E150	коричневый	сахар, сахарная свекла	кондитерские изделия, напитки
Индиго	синий голубой	растение индигоноска (Африка, Америка, Индия)	кондитерские изделия
Каротин E160	морковь и другие овощи	желтый	масла, маргарины
<i>Синтетические красители</i>			
Индигокармин E132	синий		кондитерские изделия, кремы тортов
Тартразин E102	золотисто-желтый		эссенции, напитки и сиропы, кондитерские изделия
Амарант Запрещен в РФ	красный		подкрашивание напитков, кондитерских изделий
Родамин С	красный		клеймение мяса, маркировка сыров, яиц
Метилловый фиолетовый	красный, розовый фиолетовый		клеймение мяса, маркировка сыров, яиц

В кондитерской промышленности, в производстве мороженого, напитков используют хорошо растворимый в воде тартразин E102, растворы его окрашены в оранжево-желтый цвет, однако последствия применения недостаточно исследованы.

Одна из важных проблем – контроль красителей упаковочных материалов, тары, посуды, которые контактируют с пищевыми продуктами.

Метод анализа воднорастворимых красителей (ГОСТ Р52825-2007. «Продукты пищевые. Метод определения наличия синтетических красителей в пряностях») основан на экстракции дистиллированной водой красителей из анализируемой пряности, очистке экстракта и сорбции синтетических красителей из очищенного экстракта твердыми сорбентами, десорбции аммиаком и удалении последнего выпариванием с идентификацией вещества в тонком слое (ТСХ).

Для жирорастворимых красителей предлагается экстракция этанолом с проведением дальнейших операций по рассмотренной выше схеме для воднорастворимых красителей.

## **9. ГЕННОМОДИФИЦИРОВАННЫЕ ПРОДУКТЫ**

Продукты, в состав которых входят генетически модифицированные организмы, они же генетически модифицированные источники (ГМИ), появились в европейских супермаркетах в период 1994–1996 гг. Первенцем стала томатная паста, изготовленная из генетически модифицированных томатов. Постепенно список ГМИ расширялся и в настоящее время в производстве продуктов используется 63 % ГМ-сои, 19 % ГМ-кукурузы, 13 % ГМ-хлопка, а также картофель, рис, рапс, томат и др. За период 1996–2001 гг. площади, используемые под выращивание ГМ-растений, увеличились в 30 раз. Лидирующие позиции в производстве ГМИ занимают США (68 %), Аргентина (11,8 %), Канада (6 %) и Китай (3 %) (табл. 36).

В последнее десятилетие в этот процесс включаются и другие страны, в том числе и Россия. В США насчитывается более 150 наименований генетически измененных продуктов. Наибольшее применение получили модифицированные продукты из сои, которая используется для приготовления пищевых продуктов: супов, картофельных чипсов, салатных соусов, детского питания и т. д. Кроме сои распространение получили трансгенные рис, картофель, клубника, а также генетически модифицированные дрожжи и ферментные препараты.

## Генетически модифицированные овощи

Культура	Характеристика	Принявшие страны
Кукуруза	Резистентность к насекомым, устойчивость к гербицидам	Аргентина, Канада, США, Южная Америка
Соевые бобы	Устойчивость к гербицидам	Аргентина, Канада, Южная Америка
Картофель	Резистентность к насекомым, устойчивость к гербицидам	Канада, США
Рапсовое семя	Устойчивость к гербицидам	Канада, США
Тыква	Устойчивость к гербицидам	Канада, США

Обсуждается безопасность данного вида продукции для здоровья и жизни человека, экологии и экономического эффект от использования такого рода продукции. Ясно одно: в перспективе ГМИ будут расширять свое присутствие на рынках как западных стран, так и России.

ГМИ являются продуктом селекции, основанной на манипуляции генетическими элементами. В геном живого организма или растения вводится ген, кодирующий полипептид (белок) или группу пептидов с определенной функцией. Получается организм с новыми фенотипическими признаками. Такими признаками в основном являются: устойчивость к гербицидам и/или к насекомым – вредителям данного вида. Именно новые фенотипические признаки, несвойственные данному виду, вызывают опасения у противников распространения ГМИ. Утверждается, что такого рода вмешательство в естественные природные процессы может пагубно сказаться на потребителях генетически модифицированного растения. Неясен и экологический ущерб от такого вида селекции: растение, которому введен ген устойчивости к насекомым и/или гербициду, станет иметь преимущества, как перед своими дикими родственниками, так и другими видами. Это может привести к экологическому дисбалансу, нарушению трофической питательной цепи и т. п. С другой стороны, представители крупных компаний, производящих ГМИ, утверждают, что производство ГМ-культур едва ли не единственный способ решить общемировую продовольственную проблему.

Допущенные на рынок ГМ-продукты выявили необходимость для государств, опираясь на различные законы, маркировать продукты так или иначе связанные с «правами потребите-

ля». Как было сказано выше, первым продуктом, оказавшимся на прилавках супермаркетов Великобритании, была томатная паста из модифицированных томатов. Этот продукт был соответствующе маркирован и тем самым предопределил Директиву 258/97/ЕС, введенную в 1997 г., обязывающую маркировать ГМИ-продукты, а также их ингредиенты.

В этом же году на европейском рынке появились продукты, содержащие новые авторизованные генетические модификации. Такими продуктами были соя и кукуруза (модификация ВТ-176). Вследствие этого была введена новая Директива И39/98/ЕС. Этот документ определял требования к маркировке продуктов в случае обнаружения в них или материалах их производства новых последовательностей дезоксирибонуклеиновых кислот (ДНК) или новых белков. Директива 1139/98/ЕС регламентировала качественные методы (принцип да/нет) определения ГМИ в продуктах.

Директива 1139/98/ЕС была дополнена два года спустя, когда выяснилось, что вследствие особенностей технологии производства пищевых продуктов, в немодифицированных материалах могут появляться контаминации (загрязнения) модифицированными материалами.

В России принят ряд федеральных законов и нормативных актов, регулирующих оборот генетически модифицированных продуктов и материалов их производства. Среди них: Федеральный закон «О качестве и безопасности пищевых продуктов» и постановление, принятое Министерством здравоохранения РФ «О порядке гигиенической оценки и регистрации пищевой продукции, полученной из генетически модифицированных источников». В соответствии с СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» с 1 сентября 2002 г. была введена обязательная маркировка пищевых продуктов из ГМИ.

Экспертизу пищевой продукции из ГМИ (осуществляют по следующим направлениям: 1) медико-генетическая оценка (изучение заявленного внедренного гена на молекулярном и клеточном уровне и его влияния на растение и другие объекты); 2) технологическая оценка (изучение органолептических, потребительских и других свойств) и 3) медико-биологическая оценка, по результатам которой проходят клинические испытания, выдается заключение о качестве и безопасности продукции из ГМИ.

В России прошли полный цикл всех необходимых исследований и разрешены для использования в пищевой промышленности 11 видов пищевой продукции растительного происхождения, полученных с применением трансгенных технологий: 3 линии сои, устойчивые к пестицидам; 3 линии кукурузы, устойчивые к пестицидам; 2 линии кукурузы, устойчивые к вредителям; 2 сорта картофеля, устойчивые к колорадскому жуку; 1 линия сахарной свеклы. Санитарно-эпидемиологической экспертизе подлежит продукция, полученная с использованием генетически модифицированных микроорганизмов: 1) сыры, полученные с использованием дрожжевых заправок и других соединений; 2) пиво, полученное с использованием модифицированных дрожжей; 3) молочная продукция, колбасы, полученные с использованием «стартерных» культур.

Метод выявления ГМИ в сырье и пищевых продуктах растительного происхождения осуществляется с помощью специальных тест систем. Количественное определение основано на расчете отношения количества ДНК модифицированной линии к общему количеству ДНК анализируемого растения, выраженного в процентах.

## **9.1. Методы определения генномодифицированных продуктов**

Под генетическими элементами подразумеваются участки молекулы ДНК, представляющие собой последовательности, которые опосредованно, через РНК кодируют полипептидную цепь белка, а также различные вспомогательные последовательности, такие как промотор и терминатор. Таким образом, ГМИ представляет собой организм, в геном которого встроена ДНК другого организма. Конечной целью модификации является получение признака, который отсутствует у немодифицированной особи данного вида.

Из вышесказанного следует, что у исследователя есть три критерия, по которым он может прямо судить о том, является ли данный организм, пищевой продукт и/или материал его производства генетически модифицированным. Этими критериями являются:

- 1) встроенная последовательность ДНК и фланкирующие вспомогательные последовательности;
- 2) РНК, матрицей для синтеза которой служила встроенная ДНК;
- 3) полипептидная цепь, код, последовательности которой содержатся во встроенной ДНК.

## 10. БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ДОБАВКИ

Биологически активные добавки (БАД) – природные (или идентичные природным) биологически активные вещества, которые употребляются одновременно с пищей или вводятся в состав пищевых продуктов.

БАД подразделяют на **нутрицевтики** – соединения, обладающие пищевой ценностью, и **парафармацевтики**, обладающие выраженной биологической активностью.

**Нутрицевтики** – эссенциальные нутриенты, которые являются природными ингредиентами пищи: витамины и их предшественники, полиненасыщенные жирные кислоты, в том числе  $\omega$ -3-полиненасыщенные жирные кислоты, фосфолипиды, отдельные минеральные вещества и микроэлементы (кальций, железо, селен, цинк, иод, фтор), незаменимые аминокислоты, некоторые моно- и дисахариды, пищевые волокна (целлюлоза, пектин, гемицеллюлоза и др.).

Нутрицевтики позволяют разрабатывать индивидуальный рацион питания, состав которого зависит от потребностей организма. Эти потребности формируются многими факторами, к которым относят пол, возраст, физические нагрузки, физическое состояние, условия среды обитания. Нутрицевтики компенсируют дефицит необходимых веществ, обеспечивают удовлетворение физиологических особенностей. Они усиливают ферментную защиту клеток, связывают и ускоряют выведение из организма чужеродных и токсичных веществ, а также направленно изменяют обмен отдельных веществ, например, токсикантов, воздействуя на ферментные системы метаболизма ксенобиотиков.

Эффекты применения нутрицевтиков обеспечивают условия первичной и вторичной профилактики различных алиментарно-зависимых заболеваний, к которым относятся ожирение, атеро-

склероз и другие сердечно-сосудистые заболевания, злокачественные новообразования и иммунно-дефицитные состояния. Потребление нутрицевтиков в составе пищевого рациона позволяет компенсировать дефицитные эссенциальные пищевые вещества и обеспечить удовлетворение физиологических потребностей человека, изменяющихся при его болезни, организовать лечебное питание.

В настоящее время выпускается большое количество фирменных препаратов, содержащих отдельные группы нутрицевтиков и их комбинации. К таким препаратам относятся витаминные и витаминно-минеральные комплексы, препараты фосфолипидов, в частности лецитина, и др.

**Парафармацевтики** – это минорные компоненты пищи. К ним относят органические кислоты, биофлавоноиды, кофеин, регуляторы пептидов, эубиотики (соединения, поддерживающие нормальный состав и функциональную активность микрофлоры кишечника).

К группе парафармацевтиков принадлежат также БАД, регулирующие аппетит и способствующие уменьшению энергетической ценности рациона. К эффектам, определяющим функциональную роль парафармацевтиков, относятся: регуляция микробиоценоза желудочно-кишечного тракта (ЖКТ); нервной деятельности; функциональной активности органов и систем (секреторной, пищеварительной и др.); адаптогенный эффект.

Эффективность регуляторных и адаптогенных эффектов парафармацевтиков ограничивается рамками физиологической нормы. Эффекты воздействия, превышающие эти границы, относятся к лекарственным препаратам. Совокупность перечисленных эффектов обеспечивает организму человека способность адаптироваться к экстремальным условиям. Применение парафармацевтиков является эффективной формой вспомогательной терапии.

**Почему в последнее время уделяется такое большое внимание БАД?** Прежде всего – достижения медицины, показавшие, что обеспечить полноценное питание возможно только при широком использовании БАД, которые могут быть получены из любого биологического субстрата (животного, растительного, микробиологического), и экономика (синтез лекарств дорог), и особенности развития человека. С изменением образа жизни и характера питания человек, по-видимому, утратил неко-

торые ферментные системы. Можно сказать, что пища сформировала человека, а метаболический дисбаланс с природой стал следствием активной деятельности человека.

Эссенциальность пищевых веществ для сегодняшнего человека – отражение пищевого статуса наших предков. Изменение образа жизни и питания привело к резкому сокращению энергетических затрат, составляющих сегодня 2,2–2,5 тыс. калорий в сутки. Малый объем натуральной пищи не позволяет даже теоретически обеспечить организм всеми необходимыми веществами (белками, полиненасыщенными кислотами, витаминами, минеральными веществами, в том числе селеном). Изменения в структуре питания («достижение» пищевой индустрии), отсекали поток экзогенных регуляторов и лишили человека такой формы связи с природой. Широкое применение БАД при производстве продуктов питания может решить эти вопросы. В то же время, если применение нутрицевтиков сегодня очевидно, применение парафармацевтиков имеет много нерешенных вопросов химического, биохимического и медицинского характера.

## **11. ПОЛИМЕРНЫЕ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Полимерные **синтетические и натуральные** материалы, применяемые в пищевой промышленности, должны обладать определенными эксплуатационными свойствами, которые зависят от назначения и состава пищевого продукта, условий эксплуатации, упаковки и т. д.

Полимерные материалы применяют для: 1) расфасовки и транспортировки продуктов, 2) защиты от воздействия окружающей среды и различных микроорганизмов, 3) сохранения питательной ценности продукта, 4) увеличения срока его годности.

Натуральные полимеры модифицируют химической обработкой. В состав различных полимерных композиций входят отвердители, пластификаторы, наполнители, красители, порообразователи и другие компоненты, которые придают определенные свойства. Полимерные материалы не должны изменять органолептических свойств продуктов, выделять вещества, оказывающие влияние на организм человека.



Обязательна гигиеническая экспертиза материалов, контактирующих с пищевыми продуктами. Необходимо учитывать:

1) отсутствие изменений органолептических свойств продукта – прочности, консистенции, цвета, запаха, вкуса;

2) отсутствие миграции в пищевые продукты чужеродных химических веществ в количествах, превышающих норматив;

3) отсутствие химических взаимодействий между материалом и пищевым продуктом;

4) отсутствие факторов, влияющих на развитие микрофлоры. Для упаковочных материалов существует маркировка «для пищевых продуктов», «для сухих пищевых продуктов» и т. д.

В зависимости от биологической активности, степени миграции из полимерного материала добавки, вводимые в полимерные материалы, подразделяются на **допустимые и недопустимые**. Добавки должны соответствовать гигиеническим нормативам, определенным в токсикологическом эксперименте. Такими нормативами являются: ДКМ – допустимое количество миграции; ДМ – максимально допустимая суточная доза.

## **11.1. Соединения, применяемые в технологии полимерных материалов**

**Мономеры.** Стирол, эпихлоргидрин, винилхлорид.

**Катализаторы и инициаторы.** В основном – неорганические соединения. Остаточное содержание катализатора нормируется зольностью, которая не превышает 0,02 %. Инициаторы – перекисные соединения и диазосоединения, их содержание  $\leq 0,2$  %.

**Стабилизаторы.** В основном, малотоксичные стеараты кальция, цинка.

**Пластификаторы.** Придают полимерным материалам мягко-, водо- и маслостойкость – глицерин, парафиновое масло, этаноламины, стеараты.

**Наполнители.** Диоксиды кремния и титана, мел, целлюлоза.

**Красители.** Природные и синтетические, органические и неорганические, пигменты. Гарантией безвредности является ДКМ.

## 11.2. Полимерные материалы, используемые в пищевой промышленности

**Поливинилхлорид и сополимеры винилхлорида** – основные компоненты оборудования для пищевого производства. Это мелкая тара, вкладыши в деревянные ящики, бочки при упаковке животных жиров. Пленка применяется для упаковки рыбных продуктов.

Термоусадочная пленка «Саран», которая отличается стойкостью к жирам, низкой газопроницаемостью, используется в вакуумной упаковке птицы, мяса.

**Поливиниловый спирт** – один из основных компонентов для изготовления колбасных оболочек, покрытий емкостей для ванн, как желеобразователь в кондитерских изделиях.

Новален – сополимер винилацетата с дибутилмалеинатом или этиленом – покрытие для твердых жиров.

Токсичность полимерного материала данного вида связана с возможностью миграции в продукт химических соединений.

**Полистирол и его аналоги** обладают определенной твердостью, влагостойкостью, устойчивостью. Эти материалы применяются при изготовлении деталей оборудования, посуды, тары для упаковки сыров, молочных и мясных продуктов.

**Органическое стекло типа «дакрил»** получают на основе акриловых полимеров, обладающих высокой устойчивостью к агрессивным средам. Используют сополимеры метилметакрилата со стиролом.

**Полиамиды** – различные марки пленок для упаковки и стерилизации продуктов питания. Обладают высокой механической прочностью, не растворяются в органических растворителях, стойки к маслам, жирам, действию бактерий, плесеней.

**Полимерные материалы на основе эпоксидных смол** – многослойные антикоррозийные покрытия, лаки, эмали для консервной промышленности. Они стойки к действию моющих и дезинфицирующих веществ, к обработке паром.

**Полиолефины** – полиэтилен, полипропилен, сополимеры этилена с пропиленом и т. д. характеризуются высокой химической стойкостью к агрессивным средам, влагонепроницаемостью, морозостойкостью и находят широкое применение в качестве упаковочного материала.

Эффективный современный упаковочный материал – пакеты Тетра Брик Асептик. Применяются более чем в 100 странах мира для упаковки напитков, жидких и пастообразных продуктов. Обеспечивают хранение от нескольких месяцев до года при комнатной температуре без консервантов. Пакеты производит концерн «Тетра Лаваль» (Швеция), в нашей стране подольское предприятие «Тетра Пак».

Удобны **комбинированные материалы**: сочетание полимерных пленок, картона, бумаги, фольги. Полиэтиленовый воск, добавленный к парафину, дает возможность получения прочных покрытий для бумаги и картона. Полиэтиленовый воск марки Е-114 используется для покрытия бумажной и картонной тары для молока, мороженого, сливочного масла, маргарина, покрытия стаканчиков одноразового пользования. Бумага, покрытая полиэтиленовой пленкой, удобна для упаковки молока, сливок и т. д. Алюминиевую фольгу с лаковым покрытием на основе поливинилхлорида применяют для упаковки плавленого сыра, жиров.

**Ламистер** – упаковочный материал, для кулинарных продуктов, изготовления банок под пресервы и консервы – алюминиевая фольга, склеенная полипропиленом.

В России около 200 предприятий выпускают мягкую упаковку. В целом по России специалисты оценивают рынок многослойных пленок в 100 тыс. т, причем 43 % составляет импорт. Из того, что производится в России, 20 % идет на экспорт в страны ближнего зарубежья.

Для ряда мясных продуктов (колбасы, сосиски) используют как **натуральные**, так и **искусственные оболочки**. **Натуральные** – оболочки из внутренностей животных, которые паро- и газопроницаемы, сохраняют питательные и вкусовые свойства продуктов.

**Искусственные** – белковые – белкозин и кутизин. Материалом служат коллагеновые волокна, выделяемые из среднего слоя (спилка) шкур крупного рогатого скота. По свойствам эти оболочки близки к натуральным, но изделия в них имеют небольшой срок хранения. Из белка, выделяемого из среднего слоя шкур крупного рогатого скота, получают колларин. Специальным типом оболочек является материал **хуки**, который изготавливают из коллагена, нитяной нерастяжимой сетки с ромбовидным плетением, капроновой эластичной сетки.

**Фиброузные** (вискозно-армированные) упаковки относят к паро- и газонепроницаемым, производят их из волокнистой фиброузной бумаги с пропиткой целлюлозой.

### 11.3. Утилизация упаковочного материала

Ежегодно десятки тонн упаковочного материала загрязняют среду обитания как человека, так и животного мира. В цивилизованных странах активно проводится работа по утилизации упаковочного материала, особенно полимерной комбинированной упаковки. В 2002 г. в Ирландии, где ежегодно потребляется 1,2 млрд пакетов, был введен 15-центовый налог на эту продукцию. Потребление пакетов при этом снизилось на 90 %. Первая в мире свободная зона от пакетов появилась в 2004 г. в Австралии.

**Экологической характеристикой упаковки** материалов принято считать **единицы загрязнения среды УВР**, которые учитывают возможность и легкость утилизации, ее стоимость и другие показатели, рассчитываемые по специальным методикам. По мнению специалистов нельзя рекомендовать упаковку, если УВР превышает 100. В табл. 37 приведены значения УВР некоторых упаковочных материалов.

Таблица 37  
Значения УВР некоторых упаковочных материалов

Продукт, тип упаковки	Значение УВР
Молоко	
Тетра Брик	90
ПЭ-пакеты	17
Стекло (40 оборотов)	40
Полимерная бутылка (100 оборотов)	30
Масло	
Полимерный пакет + картон	46
Полимерная фольга	6
Кофе	
Многослойный пакет	27
Пакеты Эспрессо	824
Мясо	
ПЭ-лоток + пленка	54

Для решения экологических проблем по упаковке предлагаются следующие направления:

- 1) многооборотная тара;

2) сжигание использованной полимерной упаковки. По теплотворной способности 2 т бывшей в употреблении упаковки эквивалентны 1 т нефти. Но выделение различных газообразных продуктов, в том числе и токсичных, требует разработки высокотехнологичных производств;

3) упаковки для производства вторичного сырья, новой тары, различных изделий, строительных материалов и т. д.;

4) самодеструктурируемые полимерные упаковки – разложение материала под действием микроорганизмов, света, кислорода и других факторов. Данный подход требует серьезных исследований, так как деструкция сопровождается выделением в атмосферу ряда вредных и опасных веществ, это довольно длительный процесс, которым необходимо управлять.

Осенью 2004 г. впервые в мире в Великобритании были пущены на рынок биоразлагаемые пакеты для хлеба. Материал пакетов разлагается в течение 4 лет на  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ .

Материалы, используемые для упаковки и контактирующие с пищевыми продуктами, обязательно проходят гигиеническую экспертизу и санитарно-химические исследования.

## 12. СЕРТИФИКАЦИЯ

Наличие регламентированного количества отдельных нутриентов и контаминантов в пищевых продуктах и продовольственном сырье предполагает оценку продукции по показателям качества и безопасности. Процесс, осуществляющий эту процедуру, называется сертификацией.

Сегодня поставщику недостаточно строго следовать требованиям стандартов – надо подкреплять выпуск товара и оказание услуги сертификатом соответствия. В последние годы подтверждение соответствия установленным требованиям по ряду товаров производится не только посредством сертификации, но и самим изготовителем продукции или исполнителем услуги.

Дословный перевод с латинского языка слова «сертификация» – «сделано правильно» (или «соответствует определенным требованиям»).

В Энциклопедическом словаре Ф. А. Брокгауза и И. А. Эфрона, изданном в 1900 г., одно из определений сертификата – это удостоверение.

Более 100 лет термин «сертификат» используется в международной метрологической практике. В метрологии сертификация известна как деятельность по официальной проверке и клеймению (или пломбированию) прибора (весов, гирь).

В 1920 г. немецкий институт стандартов (DIN) учредил в Германии знак соответствия стандартам DIN. Знак DIN зарегистрирован в ФРГ в соответствии с законом о защите торговых знаков.

В 1926 г. официальное понятие «сертификация» появилось в Англии. Сертификация носит в большей степени добровольный характер и представлена несколькими национальными системами. Самая крупная из них – Британский институт стандартов. Кроме того, в стране существуют неправительственные и независимые сертификационные организации («классификационные»), например, Регистр Ллойда – международная организация, которая имеет представительства в 127 странах мира и в течение двух столетий остается мировым лидером сертификационных организаций.

В России также есть классификационная организация – Морской регистр, созданный в 1913 г. Сегодня Морской регистр – одна из авторитетнейших организаций, занимающихся сертификацией систем качества.

Декретом 1938 г. во Франции создана национальная система сертификации под знаком NF (Французский стандарт).

В 1952 г. в Индии принят закон о сертификационных знаках ИСИ. В то же время в Канаде создана Канадская организация по стандартизации (КАС). В начале 1960-х в Дании, Швеции, Норвегии и Финляндии создаётся своя региональная система. Ее деятельность строится на основании «Специальных правил», национальные комитеты решают вопросы присуждения изделию знака соответствия.

В отличие от Западной Европы, в США отсутствуют единые правила сертификации (единый национальный орган по сертификации). Однако, несмотря на отсутствие единого национального органа по сертификации, предпринимаются попытки по принятию общих критериев для действующих систем сертификации. С этой целью создана национальная система аккредитации испытательных лабораторий, организуется регистрация сертификационных систем.

В Российской Федерации, а до этого в СССР, сертификация продукции начала развиваться с 1979 г. Начало процессу положило Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «Об улучшении планирования и усилении воздействия хозяйственного механизма на повышение эффективности производства и качества работы». Но только к началу 90-х гг. прошлого века в России сформировалась нормативная и техническая база для создания национальной системы сертификации.

Сертификация в России начала проводиться в 1993 г. с введением закона «О защите прав потребителей». Закон установил обязанность сертификации товаров народного потребления на соответствие некоторым требованиям безопасности и качества.

Принятые правительством СССР законы определили права субъекта сертификации (посредника между производителем и покупателем продукции) – письменно удостоверить соответствие продукции установленным требованиям стандартов.

В последующее десятилетие формировались законодательные основы сертификации. Происходил переход от сертификации как деятельности, осуществляемой третьей стороной, к более общему контролю безопасности – оценке и подтверждению соответствия. В этот период Госстандарт России меняет во всех внешних документах термин *«сертификация»* на термин *«оценка соответствия»*. Последний является более точным и универсальным, чем «сертификация», поскольку сертификация как процедура подтверждения соответствия перестала быть основной формой этой деятельности.

Оценка соответствия может осуществляться в других формах:

- **декларирование соответствия** (подтверждение соответствия первой стороной – поставщиком);
- **аккредитация** (признание компетентности органа или лаборатории);
- **государственная регистрация** (подтверждение безопасности новых пищевых продуктов, биологически активных добавок и др.);
- **государственный надзор** (проверка соответствия товаров, услуг, процессов органами Госсанэпиднадзора, ветеринарного надзора и пр.);
- **испытание;**
- **лицензирование.**

Основной формой оценки соответствия является контроль количественных и (или) качественных характеристик продукции.

Переход к новому смыслу понятия сертификация был необходим, поскольку условием вступления России во Всемирную торговую организацию (ВТО) и устранения технических барьеров в торговле, является гармонизация отечественных правил стандартизации, метрологии и сертификации с международными правилами. Очередным шагом на этом пути было принятие 27 декабря 2002 г. Федерального закона № 184 «О техническом регулировании». Он вступил в силу с 1 июля 2003 г.

Сущность закона состоит в частичной замене обязательного соблюдения требований на принцип добровольной сертификации. Это не отменяет обязательную сертификацию. Обязательное подтверждение качества продукции необходимо производить только в отношении требований к безопасности, устанавливаемых в новом виде законодательных актов – технических регламентах.

## 12.1. Сертификация как процедура подтверждения соответствия

Сертификация как процедура подтверждения соответствия может носить обязательный и добровольный характер.

**Обязательное подтверждение соответствия** выполняется в форме обязательной сертификации и декларирования соответствия.

В соответствии с ФЗ «О техническом регулировании» обязательная сертификация проводится только в случаях, установленных соответствующим техническим регламентом, и только на соответствие требованиям этого регламента.

Объектом обязательного подтверждения соответствия может быть продукция, выпускаемая в обращение на территории Российской Федерации.

**Обязательная сертификация** – сертификация, без которой использование продукции, её ввоз в страну и реализация невозможны. Она необходима для подтверждения требований по безопасности или критических требований по качеству. **Обязательная сертификация является формой государственного контроля за безопасностью продукции.** Она проводится в от-



ношении продукции, включенной в нормативный документ «Номенклатура продукции и услуг (работ), для которых законодательными актами РФ предусмотрено их обязательное подтверждение соответствия».

**Добровольная сертификация, как правило, является подтверждением качества.**

В отличие от обязательной сертификации, объекты которой и подтверждение их соответствия связаны с законодательством, добровольная сертификация касается видов продукции, не включенных в обязательную номенклатуру, она предназначена для подтверждения соответствия продукции *всем* требованиям государственных, а также международных и национальных стандартов других стран, указанных заявителем. В сертификате приводится информация не только о безопасности продукции, но и обо всех ее потребительских свойствах. Поэтому для покупателя добровольная система является более информативной и привлекательной, чем обязательная сертификация.

Национальным органом РФ по сертификации является Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт).

Первой российской системой **обязательной сертификации** стала Система ГОСТ Р – самая крупная в России, она охватывает все виды продукции, которые подлежат сертификации в соответствии с Законом «О защите прав потребителей» и другими законодательными актами. Она объединяет более 1100 органов по сертификации и около 2500 испытательных лабораторий. Система сертификации ГОСТ Р имеет собственные формы сертификатов соответствия и знаков соответствия.

В настоящее время насчитывается более 100 систем **добровольной сертификации**.

**Система СовАсК**, разработанная в 1992 г., зарегистрированная и введенная в действие с 1993 г., – **одна из первых в России систем добровольной сертификации**. В основу создания системы были положены разработки ИСО, руководства ИСО/МЭК, европейские стандарты EN45000, в силу чего Система СовАсК гармонизована не только с Системой обязательной сертификации ГОСТ Р, но и с международными правилами и нормами.

Одновременно с системой СовАсК создана **система «Сертификация биржевых товаров»**. Сертификации в этой систе-

ме подлежат: нефть, уголь, лесные товары, бумага, картон, строительные материалы, **зерновые продукты, мясо, мясо-продукты и др.**

## **12.2. Декларирование соответствия**

Подтверждение соответствия продукции определенным требованиям помимо сертификации может быть проведено в **форме декларирования соответствия**. В отличие от сертификации при декларировании соответствия ответственность за производимую (реализуемую) продукцию полностью несет заказчик. При этом у него обязательно должно быть наличие доказательств соответствия. Это могут быть:

- Протоколы испытаний продукции, проведенных поставщиком и (или) сторонними компетентными испытательными лабораториями.
- Сертификаты соответствия или протоколы испытаний на сырье, материалы, комплектующие изделия.
- Документы, предусмотренные для данной продукции соответствующими федеральными законами и выданные уполномоченными на то органами и организациями.
  - Сертификаты на систему качества.
  - Другие документы, прямо или косвенно подтверждающие соответствие продукции установленным требованиям.

## **12.3. Сертификация пищевых продуктов**

Правила проведения сертификации пищевых продуктов и продовольственного сырья действуют в рамках Системы сертификации ГОСТ Р и могут применяться как для обязательной, так и для добровольной сертификации. Объектом сертификации является любая пищевая продукция, предназначенная для реализации на российском рынке, если требования к ней установлены в стандартах, действующих в России.

Все пищевые продукты объединены в группы однородной продукции:

- мясо и мясные продукты;
- яйца и яйцепродукты;

- молоко и молочные продукты;
- рыба, рыбные и другие продукты моря;
- хлеб, хлебобулочные и макаронные изделия;
- мукомольно-крупяные изделия;
- сахар и кондитерские изделия;
- плодоовощная продукция и продукты ее переработки;
- продукция масложировой промышленности;
- вода питьевая, расфасованная в емкости;
- безалкогольные, слабоалкогольные и алкогольные напитки;
- табачные изделия, кофе, чай и пряности;
- продукция зернобобовых и масличных культур продовольственная;
- пищевые концентраты, соль;
- продукция пчеловодства продовольственная.

Для конкретных групп однородной пищевой продукции разрабатывается порядок проведения сертификации. Сертификация пищевых продуктов проводится по определенной схеме, выбор которой зависит в первую очередь от гарантированного срока хранения продукта. Правилами установлены две категории:

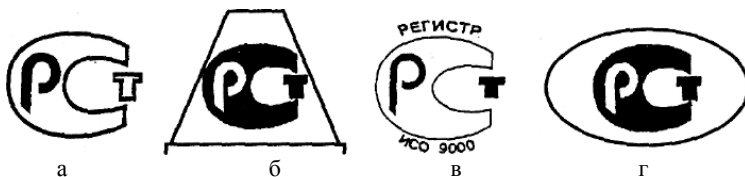
- продукция кратковременного хранения (срок до одного месяца);
- продукция длительного хранения (срок более месяца).

### **Порядок проведения сертификации продукции**

Сертификация продукции проходит по следующим основным этапам:

- подача заявки на сертификацию;
- рассмотрение и принятие решения по заявке;
- отбор, идентификация образцов и их испытания;
- проверка производства (если предусмотрена схемой сертификации);
- анализ полученных результатов, принятие решения о возможности выдачи сертификата;
- выдача сертификата соответствия;
- инспекционный контроль за сертифицированной продукцией в соответствии со схемой сертификации.

Продукция, на которую выдан сертификат, маркируется знаком соответствия, принятым в системе:



*а – знак соответствия при обязательной сертификации;*

*б – знак соответствия Системы добровольной сертификации Госстандарта России;*

*в – знак соответствия системы менеджмента качества;*

*г – знак соответствия требованиям национального стандарта Российской Федерации.*

## **12.4. Аккредитация органов по сертификации и испытательных лабораторий**

Работы по подтверждению соответствия проводятся органами по сертификации, компетентность которых подтверждается процедурой аккредитации. Любая форма подтверждения соответствия предусматривают проведение испытаний продукции.

Согласно Правилам проведения сертификации, в РФ к испытаниям конкретной продукции допускается только аккредитованная испытательная лаборатория (АИЛ), которая осуществляет испытания конкретной продукции и выдает протоколы испытаний для целей сертификации. Лаборатория может быть аккредитована на техническую компетентность и независимость или только на техническую компетентность. Аккредитация органов и лабораторий, выполняющих работы по подтверждению соответствия, осуществляется в целях: подтверждения компетентности указанных субъектов; обеспечения доверия к их деятельности; создания условий для признания результатов деятельности.

Запрещено предоставлять АИЛ сведения о заявителе, что предусматривает анонимность испытываемой продукции и, следовательно, обеспечение объективности испытаний. АИЛ несет ответственность за соответствие проведенных ею сертификационных испытаний требованиям нормативных документов, а также за достоверность и объективность результатов.

## ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

### ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫЕ И НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

1. О техническом регулировании : федер. закон от 26 дек. 2002 г. № 184.

2. ГОСТ Р 52173-2003. Сырье и продукты пищевые. Метод идентификации генетически модифицированных источников (ГМИ) растительного происхождения.

3. ГОСТ Р 53244-2008. Продукты пищевые. Методы анализа для обнаружения генетически модифицированных организмов и получения из них продуктов. Методы, основанные на количественном определении нуклеиновых кислот.

4. ГОСТ 26926-94. Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов.

5. ГОСТ 30178-96. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов.

6. ГОСТ Р 51301-99. Продукты пищевые и продовольственное сырье. Инверсионно-вольтамперометрические методы определения содержания токсичных элементов (кадмия, свинца, меди и цинка).

7. ГОСТ Р 51766-2001. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения мышьяка.

8. ГОСТ Р 51962-2002. Продукты пищевые и продовольственное сырье. Инверсионно-вольтамперометрический метод определения массовой концентрации мышьяка.

9. ГОСТ Р 53183-2008. Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение ртути методом атомно-абсорбционной спектроскопии холодного пара с предварительной минерализацией пробы под давлением.

10. ГОСТ 26935-86. Продукты пищевые консервированные. Метод определения олова.

11. ГОСТ 30087-93. Дрожжи кормовые – паприн. Методы определения 3,4-бензпирена.

12. ГОСТ Р 51293-99. Идентификация продукции. Общие положения.

13. МУК 4.1.35-03. Бенз[а]пирен. Электрохимический метод выделения. Спектрофлуориметрический метод определения концентраций в пробах поверхностных вод. Методика выполнения измерений.

14. МУК 4.1.36-03. Бенз[а]пирен. Электрохимический метод выделения. Определение концентраций в пробах поверхностных вод методом ВЭЖХ. Методика выполнения измерений.

15. Методические указания «Организация работы лабораторий, проводящих исследования с патогенными биологическими агентами III–IV групп патогенности методом полимерной цепной реакции». МУ 1.3.1888-04.

16. Методические указания «Определение генетически модифицированных источников (ГМИ) растительного происхождения методом полимерной цепной реакции». МУ 4.2.1902-04.

17. Методические указания «Методы количественного определения генетических модифицированных источников (ГМИ) растительного происхождения в продуктах питания». МУК 4.2.1913-04.

18. МИ 2375-96 «ГСИ. Образцы для контроля точности результатов показателей безопасности пищевой продукции и продовольственного сырья. Общие положения».

19. СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения».

1. Булдаков А. Пищевые добавки : справочник. – СПб. : Ut, 1996. – 240 с.

2. Коренман Я. И. Подходы к анализу пищевых продуктов. Разработка масс-чувствительных сенсоров / Я. И. Коренман, Т. А. Кучменко // Рос. хим. журн. – 2002. – Т. XLVI. – № 4. – С. 34–42.

3. Крылова Г. Д. Основы стандартизации, сертификации и метрологии / Г. Д. Крылова – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 1999. – 711 с.

4. Кузубова Л. И. Элементы экотоксиканты в пищевых продуктах : гигиенические характеристики, нормативы содержания в пищевых продуктах, методы определения : аналит. обзор / Л. И. Кузубова, О. В. Шуваева, Г. Н. Аношин. – Новосибирск, 2000. (Сер. «Экология», вып. 58).

5. Кукушкин Ю. Н. Химические элементы в организме человека // Соросовский образоват. журн. – 1998. – № 5. – С. 54–58.
6. Лифиц И. М. Стандартизация, метрология и сертификация : учебник / И. М. Лифиц. – М.: Юрайт-Издат, 2004. – 330 с.
7. Лукин Н. Д. Пищевые добавки на основе сахаристых крахмалопродуктов // Пищевая промышленность. – 1996. – № 6. – С. 14.
8. Майстренко В. Н. Эколого-аналитический мониторинг объектов окружающей среды / В. Н. Майстренко, Р. З. Хамитов, Г. Н. Будников. – М. : Химия, 1996. – 320 с.
9. Методы анализа пищевых продуктов / под ред. Ю. А. Клячко, С. М. Беленького. – М. : Наука, 1988.
10. Мишина М. Ф. Стандартные образцы в системе сертификационных испытаний пищевой продукции и продовольственного сырья / М. Ф. Мишина, И. Е. Добровинский, Л. И. Горяева // Аналитика и контроль. – 1998. – № 3–4. – С. 84–89.
11. Нечаев А. П. Пищевые красители. Пищевые ингредиенты (сырье и добавки) / А. П. Нечаев, В. М. Болотов. – М., 2001. – 214 с.
12. Нечаев А. П. Пищевые ароматизаторы / А. П. Нечаев, Е. В. Смирнов // Пищевые ингредиенты (сырье и добавки). – 2000. – № 2. – С. 8.
13. Нечаев А. П. Пищевая химия / А. П. Нечаев, С. Е. Трауберг, А. А. Кочеткова / под ред. А. П. Нечаева. – 4-е изд. – СПб. : ГИОРД, 2007. – 640 с.
14. Орещенко А. В. О пищевых добавках и продуктах питания / А. В. Орещенко, А. Ф. Берестень // Пищевая промышленность. – 1996. – № 6. – С. 4.
15. Патрушев М. В. Партнеры и конкуренты / М. В. Патрушев, М. В. Возняк // Лабораториум. – 2004. – № 6. – С. 19.
16. Позняковский В. М. Гигиенические основы питания и экспертизы продовольственных товаров : учебник / В. М. Позняковский. – Новосибирск : Изд-во Новосиб. ун-та, 1996. – 432 с.
17. Ротаупт М. Анализ пищевых продуктов. 1994. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.twirpx.com/file/231883](http://www.twirpx.com/file/231883)
18. Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов / под ред. И. М. Скурихина, В. А. Тутельяна. – М. : Брандес-Медицина, 1998. – 341 с.
19. Скурихин И. А. Все о пище с точки зрения химика / И. А. Скурихин, А. П. Нечаев. – М.: Высш. шк., 1991. – 288 с.

20. Упаковка пищевых продуктов / под ред. Р. Коулза, Д. МакДауэлла, М. Дж. Кирвина. – СПб.: Профессия, 2008. – 402 с.

21. Федоров Л. А. Диоксины: химико-аналитические аспекты проблемы / Л. А. Федоров, Б. Ф. Мясоедов // Успехи химии. – 1990. – Т. 59, вып. 11. – С. 1818–1866.

22. Чмиленко Ф. А. Интенсификация пробоподготовки при определении элементов примесей в пищевых продуктах / Ф. А. Чмиленко, А. Н. Бакланов // Журн. аналит. химии. – № 1. – 1999. – С. 6–16.

23. Эллер К. И. Методы контроля качества и безопасности пищевых продуктов // Рос. хим. журн. – № 1. – 1994. – С. 92–96.

24. Эйхлер В. Яды в нашей пище / В. Эйхлер. – М. : Мир, 1985. – 213 с.

25. Яцула Г. С. Санитарно-гигиенические методы исследования пищевых продуктов и воды / Г. С. Яцула. – Киев : Здоровье, 1991.



*Учебное издание*

**Шаулина** Людмила Павловна, **Корсун** Лариса Николаевна

**КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ  
ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ  
И ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО СЫРЬЯ**

Учебное пособие

Подготовила к печати М. А. Айзман  
Дизайн обложки: П. О. Ершов

Темплан 2011. Поз. 81

Подписано в печать 23.09.2011. Формат 60x90 1/16  
Усл.-печ. л. Уч.-изд. л. 4,7. Тираж 50 экз. Заказ 113

ИЗДАТЕЛЬСТВО ИГУ  
664003, Иркутск, бульвар Гагарина, 36;  
тел. (3952) 24-14-36