Министерство образования Российской Федерации

Санкт-Петербургская государственная академия
холода и пищевых технологий

В. С. Колодязная

ПИЩЕВАЯ ХИМИЯ

Учебное пособие

Санкт-Петербург 1999

ББК 51.230
В 61
УДК 664.014 (031)

Колодязная В. С.
В 19 **Пищевая химия**: Учеб. пособие. – СПб.: СПбГАХПТ, 1999**. –** 140 с.

ISBN 5-86981-050-7

В учебном пособии рассмотрены пищевая ценность и качество продуктов; основы питания и биохимия пищеварения; физико-химические и биохимические изменения основных пищевых веществ (нутриентов) при различных видах переработки и хранения пищевого сырья и продуктов питания; пищевые добавки и их значение при производстве продуктов питания целевого назначения, а также природные токсиканты и загрязнители пищевого сырья и продуктов.

Учебное пособие предназначено для студентов вузов пищевого профиля.

.

Рецензенты
Кафедра товароведения и экспертизы товаров (зав. кафедрой доктор техн. наук, проф. В. В. Шевченко)
Канд. с.-х. наук, проф. Н. П. Калиненок (Санкт-Петербургский ордена трудового Красного Знамени государственный аграрный университет)

Одобрено к изданию советом технологического факультета СПбГАХПТ

ISBN 5-86981-050-7

© Санкт-Петербургская государственная академия холода и пищевых технологий, 1999

70-летию Санкт-Петербургской государственной академии холода и пищевых технологий посвящается

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие “Пищевая химия” предназначено для студентов-технологов, обучающихся по специальности "Технология консервов и пищеконцентратов".

Пищевая химия – это наука о химическом составе пищевых систем (продовольственного сырья, полуфабрикатов и готовых продуктов питания); о физико-химических и биохимических его изменениях в организме человека и в технологических процессах подготовки, переработки, консервирования и хранения под воздействием различных факторов; об общих закономерностях этих превращений и о влиянии последних на структуру, свойства, качество и пищевую ценность продуктов питания; о методах выделения, фракционирования, очистки и каталитической модификации пищевых веществ, методах анализа сырья и продуктов питания; о пищевых добавках; природных токсикантах и загрязнителях.

Пищевая химия основывается на теоретических положениях фундаментальных дисциплин и прежде всего химии и физики, а также биохимии, биофизики, биотехнологии, физиологии и гигиены питания.

В учебном пособии дана характеристика пищевой ценности и качества продуктов питания, кратко изложены основы теории адекватного и рационального питания, основы биохимии пищеварения. Показана роль макро-и микронутриентов – белков, липидов, углеводов, витаминов и минеральных элементов – в питании человека.

Подробная характеристика, структура и свойства белков, углеводов, жиров и других компонентов пищи не приводятся, так как этот материал изложен во многих учебниках и учебных пособиях и изучается в курсе “Биохимия”, “Физиология питания” и др. Более подробно описаны биохимические и физико-химические изменения макро- и микронутриентов в технологических процессах, широко применяемых в пищевой промышленности, и их влияние на качество и пищевую ценность продуктов питания. Рассмотрены также пищевые добавки, эффективно используемые в последнее время в промышленности для улучшения органолептических свойств, изменения консистенции, повышения пищевой ценности, получения новых продуктов специального назначения, ускорения технологических процессов, увеличе-

ния продолжительности хранения, замедления микробиологических и биохимических процессов, протекающих в пищевом сырье и продуктах питания при производстве и хранении. Особое внимание в пособии уделено природным токсикантам и загрязнителям, источникам их попадания в пищевые цепи; способам защиты пищи от чужеродных веществ (ксенобиотиков), вредных для здоровья человека, а также медико-биологическим требованиям, предъявляемым к продуктам питания.

По мере изложения материала курса “Пищевая химия” приводятся ссылки на литературу, в которой более подробно описаны соответствующие разделы.

Основной задачей издания является оказание помощи студентам-технологам в формировании научного подхода к сложным процессам взаимосвязи химического состава пищевых систем, качества и пищевой ценности продуктов питания с технологическими режимами производства, переработки и хранения продовольственного сырья и пищевых продуктов.

Методологический подход и содержание учебного пособия "Пищевая химия" позволяют использовать его при подготовке инженеров-технологов в вузах по другим специальностям пищевого профиля "Технология мяса и мясопродуктов", "Технология рыбы и рыбных продуктов", "Технология молока и молочных продуктов".

ВВЕДЕНИЕ

Обеспеченность населения здоровым питанием, решение продовольственной проблемы в любом государстве характеризует жизненный уровень народа. Проблема питания была и остается одной из самых важных как в социально-экономическом, так и в медицинском аспектах.

Питание людей в разных странах отличается по своему характеру и направленности, зависит от уровня и конкретных условий проживания, национальных традиций и привычек. Вместе с тем, имеются общие тенденции, которые являются неизбежным результатом цивилизации: увеличение доли рафинированных, подвергнутых кулинарной обработке и подлежащих хранению пищевых продуктов; расширение области применения пищевых добавок; производство комбинированных продуктов питания; использование нетрадиционного пищевого сырья. Наряду с этим, происходит загрязнение продуктов питания потенциально опасными контаминантами химического и биологического происхождения.

Человечество вступает в XX1 век, который несомненно внесет коррективы в теоретические и практические аспекты питания с учетом демографических изменений в обществе, наличия продовольственных ресурсов, особенностей трудовой деятельности, резкого ухудшения экологической ситуации, новой информации о значении различных компонентов пищи в питании человека.

В настоящее время в результате фундаментальных и прикладных исследований, проведенных учеными России и многих стран мира, накоплена информация о химическом составе пищевых продуктов, о наличии полезных и вредных веществ, об изменении свойств продуктов под воздействием внешних факторов при переработке, консервировании и хранении. Научные знания, современные технологии, технические решения и практический опыт позволяют создавать новые поколения экологически безопасных продуктов питания целевого назначения, которые смогут отвечать медико-биологическим требованиям, предъявляемым к пище XX1 века.

Важное значение в решении поставленных задач имеет пищевая химия – новая научная дисциплина, которая в настоящее время находится в стадии становления, развития и совершенствования.

Основными направлениями пищевой химии являются:

1. Химический состав продовольственного сырья, полуфабрикатов, готовых продуктов питания, пищевая ценность и экологическая безопасность.

2. Биохимические и физико-химические основы превращения мак-ро- и микронутриентов в технологических процессах переработки, консервирования и хранения продовольственного сырья и продуктов питания.

3. Научные основы питания и биохимия пищеварения.

4. Научные основы технологий производства и применения пищевых добавок.

5. Научные основы создания экологически безопасных продуктов питания, сбалансированных по макро- и микронутриентам для различных групп населения.

6. Теоретические основы выделения, фракционирования компонентов продовольственного сырья, их модификация.

7. Методы анализа и исследования пищевых систем, их компонентов и добавок.

В первом направлении изучается химический состав продовольственного сырья, полуфабрикатов, готовых продуктов питания, их пищевая ценность и экологическая безопасность. Важное внимание уделяется пищевым (макронутриентам) и биологически активным (микронутриентам) веществам, в том числе эссенциальным (незаменимым) факторам питания – незаменимым аминокислотам, витаминам, полиненасыщенным жирным кислотам, а также содержанию, составу и структуре пищевых волокон. Изучаются также ксенобиотики – вредные вещества, попадающие в продукты питания на различных этапах пищевой цепи "производство – переработка – консервирование – хранение – потребление". Проблеме загрязнения окружающей среды и продуктов питания – основных источников поступления вредных веществ (пестицидов, солей тяжелых металлов, микотоксинов, радионуклидов) в организм человека – в последние годы уделяется особое внимание.

Второе направление пищевой химии посвящено биохимическим и физико-химическим изменениям белков, углеводов, липидов, витаминов, минеральных веществ, фенольных и других соединений в технологических процессах переработки, консервирования и хранения продовольственного сырья и продуктов питания. При этом рассматриваются взаимодействие между собой отдельных компонентов пищевой системы, характер возникающих связей, структура и строение образующихся комплексов и ассоциатов, их влияние на состав и свойства получаемых продуктов (пищевая, в том числе биологическая и энергетическая ценность, потребительские свойства и т. д.), а также соответствие ферментных систем организма химическим структурам пищи.

В пищевой химии важное значение придается разработке общей концепции превращений пищевых веществ в различных технологических про-

цессах. Она основывается на знании состава, структуры химических компонентов пищевых систем и теории множественности и неоднозначности химических превращений, протекающих в продуктах под воздействием различных физико-химических, биохимических, микробиологических и других факторов.

Большое внимание уделяется изучению механизма образования устойчивых комплексов и соединений, формированию органолептических показателей качества (вкус, аромат, консистенция), а также доброкачественности продуктов питания.

В третьем направлении изучаются основы адекватного и рационального питания человека, биохимии пищеварения.

За последние годы наука о питании пополнилась и обогатилась знаниями о новых закономерностях в формировании потребности в пищевых, балластных и биологически активных веществах; о количественной потребности в отдельных витаминах, микро- и макроэлементах; о потребительских свойствах пищевого сырья, возможности максимального сохранения полезных нутриентов в процессе переработки и хранения пищевого сырья и продуктов питания; об изменении теоретических основ питания – от теории "сбалансированного питания" к теории "адекватного питания".

В четвертом направлении изучаются природные и синтетические пищевые добавки, используемые с целью получения специальных пищевых продуктов, совершенствования технологии производства продуктов питания или придания им определенных свойств, сохранения нативных характеристик качества, улучшения органолептических показателей, увеличения продолжительности хранения.

Важное место в пищевой химии отводится изучению научных основ создания комбинированных, экологически безопасных продуктов питания, сбалансированных по макро- и микронутриентному составу для различных групп населения, что составляет пятое направление курса.

В шестом и седьмом направлениях изучаются теоретические основы выделения, фракционирования и модификации продовольственного сырья, получения композитов, а также методы анализа и исследования пищевых систем, макро- и микронутриентов, пищевых добавок.

В учебном пособии "Пищевая химия" изложены некоторые из направлений данной дисциплины.

1. ПИЩЕВАЯ ЦЕННОСТЬ И КАЧЕСТВО ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Пищевые продукты – это объекты животного или растительного происхождения, используемые в пищу в натуральном или переработанном виде в качестве источника энергии, пищевых и вкусоароматических веществ [1, 2].

Для производства пищевых продуктов используется продовольственное сырье, представляющее собой объекты растительного, животного, микробиологического, а также минерального происхождения, и вода.

Пищевые продукты подразделяются на следующие группы [2]:

1. Продукты массового потребления, выработанные по традиционной технологии и предназначенные для питания основных групп населения.

2. Лечебные (диетические) и лечебно-профилактические продукты – специально созданные для профилактического и лечебного питания. Характеризуются измененным химическим составом и физическими свойствами. В эту группу входят продукты: витаминизированные, с низким содержанием жира (снижение жира на 33%), низкокалорийные (менее 168 кДж/100 г), с повышенным содержанием пищевых волокон, с пониженным количеством сахара, холестерина, хлористого натрия и других веществ.

3. Продукты детского питания – специально созданные для питания здоровых и больных детей до трехлетнего возраста. К продуктам детского питания предъявляются особые требования по пищевой ценности и безопасности. Для их изготовления используется высококачественное сырье, разрабатываются специальные рецептуры и технологии. Выпускаются специализированные продукты детского питания на молочной, зерновой, мясной основе, а также продукты из рыбы, плодов, ягод и овощей.

1.1. Пищевая ценность

Пищевая ценность – понятие, отражающее всю полноту полезных свойств пищевого продукта, включая степень обеспечения физиологических потребностей человека в основных пищевых веществах, энергию и органолептические свойства. Характеризуется химическим составом пищевого продукта с учетом его потребления в общепринятом количестве.

Все вещества, входящие в состав пищевых продуктов и пищи, подразделяются на две группы: органические (белки, углеводы, жиры, пищевые кислоты, витамины, ферменты) и минеральные (вода, макро- и микроэлементы). Среди них имеются вещества, определяющие пищевую, в том чис-

ле энергетическую и биологическую, ценность, участвующие в формировании структуры, вкуса, аромата и цвета пищевых продуктов [3].

Пищевая ценность определяется не только содержанием биологически активных пищевых веществ (нутриентов), но и их соотношением, усвояемостью и доброкачественностью.

Термины "энергетическая" и "биологическая" ценность являются более узким понятием пищевой ценности.

Энергетическая ценность характеризует ту долю энергии, которая может высвободиться из пищевых продуктов в процессе биологического окисления и использоваться для обеспечения физиологических функций организма. Пища является единственным источником энергии для человека.

Количество энергии, выделяемой при усвоении организмом пищевых продуктов, называется калорийностью. При окислении одного грамма жира организм получает 9 ккал (37,7 кДж); одного грамма белка – 4 ккал (16,7 кДж); одного грамма углеводов – 3,75 ккал (15,7 кДж). Это калорийность брутто, т.е. та, которая содержится в продукте и выделяется при его сгорании, или теоретическая энергетическая ценность. Но пищевые вещества усваиваются организмом не полностью. Так, белки усваиваются на 94,5%, жиры – на 94,0%; углеводы – на 95,6%. Поэтому следует теоретическую энергетическую ценность умножать на коэффициент усвояемости. Коэффициент усвояемости сахарозы равен 1, животных жиров 0,85 (за исключением сливочного масла), растительных жиров 0,95, белков в зависимости от их природы 0,85–0,95. Зная содержание в рационе белков, жиров и углеводов и коэффициенты их усвояемости, можно легко рассчитать фактическую энергетическую ценность.

Продукты, входящие в рацион питания, должны содержать вещества, необходимые для получения энергии, обмена веществ и построения тканей. В зависимости от характера, трудовой деятельности, возраста, пола, состояния здоровья человека необходимо в сутки 2200–3900 ккал (9218–16341 кДж) [2].

Для организма важно, какие группы пищевых веществ обеспечивают калорийность питания. Для нормальной жизнедеятельности человека необходимо определенное соотношение белков, жиров и углеводов, а также наличие витаминов и минеральных веществ.

Белки должны составлять, в среднем, 12%, жиры 30–35% от общей калорийности рациона, остальное – углеводы.

В настоящее время энергетическая ценность общедоступного рациона, соответствующего средним энергетическим затратам человека, составляет 2000–2500 ккал (8380–10500 кДж). В состав этого рациона входят главным

образом продукты, подвергнутые кулинарной обработке, консервированию и хранению, значит, и с низким содержанием витаминов и других биологически активных веществ. Как же обеспечить в этом количестве энергии необходимые организму нутриенты? Этот показатель получил название пищевой плотности рациона; характеризуется количеством незаменимых пищевых веществ в 1000 ккал (4190 кДж).

Проблема пищевой плотности рациона может быть успешно решена путем производства низкокалорийных продуктов повышенной пищевой ценности, обогащенных незаменимыми нутриентами [4].

Биологическая ценность пищевых продуктов определяется главным образом наличием в них незаменимых факторов питания, не синтезируемых в организме или синтезируемых в ограниченном количестве и с малой скоростью. К основным незаменимым компонентам пищи относятся 8–10 аминокислот, 3–5 полиненасыщенных жирных кислот, все витамины и большинство минеральных веществ, а также природные физиологические вещества высокой биологической активности: фосфолипиды, белково-лецитиновые и глюкопротеиновые комплексы.

Биологическая ценность пищевых продуктов – более общее понятие и характеризуется биологической ценностью белков, жиров, угле-водов, витаминов и минеральных веществ.

Биологическая ценность белка характеризуется степенью соответствия его аминокислотного состава потребностям организма в аминокислотах для синтеза белка, а также способностью к перевариванию.

Несмотря на многообразие белковых веществ в природе, в построении организма человека участвует 22 аминокислоты, из которых восемь (лейцин, изолейцин, триптофан, валин, треонин, лизин, метионин, фенилаланин) являются незаменимыми, так как они не синтезируются в организме и должны поступать извне с продуктами питания. Кроме того, аминокислоты гистидин и цистин незаменимы для организма грудных детей.

Показатель соответствия аминокислотного состава пищевых и синтезируемых белков послужил основой для создания ряда методов определения и сравнения биологической ценности различных пищевых белков.

Аминокислотный состав пищевых продуктов сравнивают с аминокислотным составом идеального (гипотетического) белка, принятого экспертным комитетом ФАО-ВОЗ в 1973 г., путем определения аминокислотного скора (АКС).

Одним из доступных способов расчета АКС является вычисление отношения содержания незаменимых аминокислот ($АК_н$) в исследуемом и идеальном белке

$$АКС = \frac{m_1}{m_2} 100\%,$$

где m_1, m_2 – количество незаменимой аминокислоты в 1 г, соответственно, исследуемого и идеального белка.

В одном грамме идеального белка содержится восемь $АК_н$ в следующем количестве, мг: изолейцин – 40; лейцин – 70; лизин – 55; метионин + цистин – 35; фенилаланин + тирозин – 60; триптофан – 10; треонин – 40; валин – 50.

В идеальном белке АКС каждой $АК_н$ принимается за 100%. Лимитирующей биологическую ценность $АК_н$ считается та, АКС которой имеет значение меньше 100%.

Не все продукты питания полноценны по аминокислотному составу. Животные белки, т.е. белки мяса, молока, яиц, наиболее близки по своему скору идеальному, растительные – дефицитны по отдельным $АК_н$, чаще лизину, метионину, цистину.

Несбалансированность аминокислотного состава белков может привести к нарушению обмена веществ, замедлению синтеза белка и роста организма. Избыток одних $АК_н$ приводит к недостаточности и плохой усвояемости других.

Существенное значение имеет сбалансированность незаменимых $АК_н$, особенно соотношение таких эссенциальных $АК_н$, как триптофан, метионин и лизин. Оптимальное их соотношение 1 : 2 : 3,5 (4,0). Триптофан участвует в процессе восстановления тканей и содержится в мясе, горохе, фасоли. Метионин предупреждает ожирение почек, поражение легких, способствует образованию инсулина; содержится в мясе и зерновых. Лизин нормализует кровообращение, поддерживает необходимый уровень гемоглобина.

Однако опыты на животных показали, что расчетные данные АКС не совпадают с экспериментальными, которые обычно выше, а простое соответствие аминокислотного состава пищевых и синтезируемых белков дает только примерное представление о биологической ценности белков.

Некоторые исследователи считают, что биологическая ценность белков связана также с особенностями строения белковых компонентов пищи, влияющих на растворимость продукта в воде, на студнеобразование, вязкость, влагоудерживающую способность и на другие молекулярные характеристики продукта. Одна из важнейших характеристик пищевой ценности – перевариваемость пищи – существенно зависит от доступности белковых и других биополимерных соединений к воздействию ферментов.

При применении биологических методов (на животных) для определения биологической ценности белков рассчитывают коэффициент эффек-

тивности белка (КЭБ), коэффициент чистой утилизации белка (ЧУБ), показатель биологической ценности белка (ПБЦ), коэффициент ретенции (задержки) азота (КРА) и другие [5].

Биологическая ценность жиров определяется входящими в их состав полиненасыщенными жирными кислотами (ПНЖК), называемыми витамином F. ПНЖК относятся к незаменимым факторам питания, так как не образуются в организме и должны поступать с пищей.

Наряду с энергетической функцией, ПНЖК способствуют ускорению обмена холестерина в организме, снижению образования липопротеидов низкой плотности, ответственных за атеросклероз, уменьшению синтеза триглицеридов.

Для человека эссенциальными жирными кислотами являются линолевая $C_{18:2}$ и линоленовая $C_{18:3}$. Линолевая кислота превращается в организме в арахидоновую $C_{22:4}$, а линоленовая – в эйкозапентаеновую. Недостаточное поступление с пищей линолевой кислоты вызывает в организме нарушение биосинтеза арахидоновой кислоты, входящей в большом количестве в его структурные липиды, а также простагландинов. Арахидоновая кислота составляет 20–25% от всех жирных кислот фосфолипидов клеточных и субклеточных биомембран. ПНЖК, образующиеся из линоленовой кислоты (эйкозапентаеновая и докозагексаеновая), также постоянно присутствуют в липидах мембран, но в значительно меньшем количестве (2–5%), чем арахидоновая кислота [5]

Важно подчеркнуть, что методы определения биологической ценности жиров являются интегральными, так как они не выявляют влияния каждой из кислот на метаболизм липидов. В отличие от белков в настоящее время не представляется возможным определить биологическую ценность жиров на основе их химического состава.

А. А. Покровский отмечал, что один из перспективных подходов в решении данной проблемы – это изучение влияния жиров на жирно-кислотный состав клеточных мембран [6]. Им было показано, что липиды пищи могут оказывать существенное влияние на структуру и функцию мембран, меняя их жирно-кислотные спектры.

Для оценки биологического действия различных жиров на организм человека введено понятие коэффициента эффективности метаболизации жирных кислот (КЭМ). Он характеризует отношение количества арахидоновой кислоты к сумме всех других полиненасыщенных кислот с 20 и 22 углеродными атомами. Важно отметить, что КЭМ увеличивается параллельно уменьшению содержания арахидоновой кислоты. Перспектива возможного использования КЭМ в качестве диагностического теста для выяв-

ления нарушений липидного обмена у человека является вполне реальной и ценной.

Последние достижения науки, более глубоко раскрывающие функции жиров в организме человека, предопределили изменения норм их потребления с пищей. Так, по сравнению с прежними рекомендациями прослеживается тенденция к увеличению потребления жиров при неизменном или даже пониженном потреблении углеводов. При этом важное значение имеют количественная и качественная характеристики жиров. Последняя существенно зависит от технологии их производства и хранения.

Биологическая ценность углеводов определяется количественным составом усвояемых и неусвояемых углеводов. Важная роль отводится усвояемым углеводам, нормализующим обменные процессы в организме. В последние годы большое внимание уделяется пищевым волокнам – балластным веществам, относящимся к группе неусвояемых углеводов (пектиновые вещества, клетчатка, гемицеллюлоза).

Биологическая ценность витаминов определяется их участием в клеточном и тканевом обмене веществ, существенным влиянием на функциональное состояние многих физиологических систем, на реактивность организма и его защитные механизмы.

Биологическая ценность минеральных веществ определяется их абсолютным содержанием и соотношением между собой в продуктах и специфическим действием на обменные процессы.

1.2. Качество пищевых продуктов

В общем случае, качество определяется как совокупность характеристик объекта, относящихся к его способности удовлетворять установленные и предполагаемые потребности [7].

Применительно к пищевым продуктам качество – это совокупность свойств, отражающих способность продукта обеспечивать органолептические характеристики, потребность организма в пищевых веществах, безопасность его для здоровья, надежность при изготовлении и хранении.

Качество пищевых продуктов имеет определяющее значение в жизни человека, так как влияет на здоровье, работоспособность, физиологическое состояние, обменные и другие процессы, протекающие в организме.

В формировании и сохранении качества продуктов питания участвуют многие факторы, важнейшими из которых являются следующие: качество исходных компонентов и рецептуры, технологии производства и оборудование, качество труда, производственных процессов, хранения и реализации.

Номенклатура показателей качества (ПК) включает в себя единичные ПК, характеризующие одно из свойств продукта; групповые ПК, применяемые для оценки совокупности основных свойств, и комплексные (обобщенные) ПК, определяющие качество продукта в целом. Кроме того, используется понятие "относительный показатель", определяемый соотношением аналогичных ПК сравниваемых продуктов.

Групповые показатели делятся на такие, как эргономические, эстетические, патентно-правовые, унификации и стандартизации, экологические, назначения, технологические, экономические, сохраняемости, транспортабельности, безопасности потребления и др. [3].

Группа эргономических показателей характеризует систему "продукт – потребитель – окружающая среда" и включает в себя показатели: гигиенические, антропометрические, физиологические, психофизиологические и психологические [3].

Гигиенические показатели характеризуют доброкачественность, соответствие продукта санитарным нормам.

Доброкачественными пищевыми продуктами называются такие продукты, которые не оказывают вредного влияния на организм человека. Отрицательное воздействие на организм могут вызвать различные токсины (яды), болезнетворные микроорганизмы, соли тяжелых металлов, радионуклиды, пестициды, нитраты, нитриты и другие.

К качеству пищевых продуктов предъявляются медико-биологические требования, включающие в себя комплекс критериев, определяющих пищевую ценность и безопасность продовольственного сырья и пищевых продуктов.

Важным показателем качества пищевых продуктов является их безопасность, характеризующая отсутствие токсического, канцерогенного, мутанного или любого другого неблагоприятного действия пищевых продуктов на организм человека при употреблении их в общепринятом количестве. Безопасность продуктов гарантируется путем установления и соблюдения регламентируемого уровня содержания загрязнителей химического, биологического или природного происхождения.

В нашей стране качество пищевых продуктов регламентируется нормативными документами, имеющими силу закона – стандартами и техническими условиями (ТУ) [7, 8, 9].

В соответствии с законом РФ "О стандартизации" [8] стандарты могут быть государственными и международными, а также стандарты отраслей, предприятий, научно-технических, инженерных обществ и других общественных организаций. Государственные и отраслевые стандарты не являются объектом авторского права, в отличие от стандартов предприятий и

технических условий. Все стандарты и технические условия на новые виды сырья и продуктов питания при их представлении на утверждение Государственному комитету РФ по стандартизации (Госстандарту РФ) подлежат предварительному обязательному согласованию с органами здравоохранения (санэпиднадзора). Кроме стандартов и ТУ Минздравом РФ издаются обязательные для исполнения постановления, санитарные правила, инструкции и указания. Существует система государственного надзора за качеством пищевых продуктов. В эту систему входят: ветеринарная служба; государственная инспекция по качеству товаров и торговле (госторгинспекция); бюро товарных экспертиз торгово-промышленной палаты; ведомственная санитарная служба, государственная санитарно-эпиде-миологическая служба. В настоящее время в соответствии с законом РФ "О защите прав потребителей" и законом РФ "О сертификации продукции и услуг" [8, 9] проводится обязательная сертификация тех пищевых продуктов, на которые в законодательных актах или стандартах предусмотрены требования по безопасности для здоровья и жизни граждан, а также окружающей среды. Кроме сертификата качества пищевых продуктов органами санэпиднадзора выдаются гигиенические сертификаты соответствия, гарантирующие безопасность продуктов питания, например, по содержанию нитратов, нитритов, пестицидов, солей тяжелых металлов и других вредных веществ.

Государственный контроль и надзор за соблюдением обязательных требований стандартов, правил сертификации и непосредственно за сертификацией продукции проводятся должностными лицами государственных органов управления в пределах их компетенции (государственными инспекторами).

На международном уровне вопросами продовольственных ресурсов, качества продуктов питания и развития сельского хозяйства различных стран занимается продовольственная сельскохозяйственная организация при ООН (ФАО).

Проблемами качества пищевых продуктов и влиянием его на здоровье населения планеты занимается Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ).

В 1962 г. была создана комиссия для выполнения объединенной программы ФАО-ВОЗ по пищевым стандартам. Комиссия – межправительственный орган, включающий в себя более 120 государств – членов, делегаты которых представляют свои страны. Работа комиссии по упорядочению пищевых стандартов проводится с помощью различных комитетов.

2. ОСНОВЫ ПИТАНИЯ И БИОХИМИЯ ПИЩЕВАРЕНИЯ

2.1. Основы питания

Употребление пищевых продуктов организмом человека называется питанием.

Питание представляет собой сложный процесс поступления, переваривания, всасывания и ассимиляции органических веществ, участвующих в покрытии энергетических затрат, построении и возобновлении клеток и тканей тела, регуляции функций организма.

Все вещества, необходимые для поддержания жизни, здоровья и работоспособности человека организм получает с пищей.

Пища представляет собой сложный комплекс химических веществ, отличающихся различной структурой, свойствами и выполняющих определенные физиологические функции в организме человека [10].

Пища человека должна содержать более шестисот веществ, необходимых для нормальной жизнедеятельности организма. Каждое из этих веществ занимает свое место в сложной гармонии биохимических процессов. Около 96% получаемых с пищей органических и неорганических соединений обладают теми или иными лечебными свойствами. Поэтому здоровье человека во многом зависит от количества и соотношения этих веществ в рационе питания.

Международные организации ФАО и ВОЗ постоянно проводят анализ состояния отдельных сторон питания, прогнозируют его развитие, разрабатывают нормы и критерии потребления основных пищевых веществ и энергии, необходимой для обеспечения полноценного здоровья.

Питание является основным фактором, обеспечивающим оптимальный рост и развитие человеческого организма, его трудоспособность, адаптацию к воздействию различных условий внешней среды. Фактор питания оказывает определяющее влияние на длительность жизни и активную деятельность человека. В процессе питания пища превращается из внешнего во внутренний фактор, элементы пищи служат источником энергии физиологических функций и структурных элементов тела человека. Поэтому развитию теории и практики питания населения уделяется пристальное внимание многих ученых нашей страны и других стран мира.

Питание должно быть организовано таким образом, чтобы оно обеспечивало гармоничное развитие и слаженную деятельность организма. Для этого пищевой рацион должен быть сбалансирован по количеству и качеству пищи с потребностями человека соответственно его полу, профессии, возрасту и состоянию здоровья.

Предметом науки о физиологии питания является определение потребности организма в пищевых веществах (нутриентах), необходимых в качестве источников энергии для процессов жизнедеятельности, непрерывного обновления химических структур клеток, тканей, функций сложных физиологических систем.

Пищевые продукты представляют собой сложные многокомпонентные системы, содержащие в качестве основных компонентов ограниченный ряд ингредиентов (нутриентов, от греч. слова nutrition – питание).

По международной классификации к макронутриентам – группе главных пищевых веществ – относятся белки, жиры, углеводы, макроэлементы. Они являются главными источниками энергии и питательных веществ для организма.

К микронутриентам относятся биологически активные вещества: витамины, ферменты и микроэлементы.

Вещества, содержащиеся в пищевых продуктах, но не используемые организмом в процессе жизнедеятельности, называются неалиментарными. К ним относятся вещества, формирующие вкус и запах, а также различные консерванты, антиоксиданты, структурообразователи и т.п. Некоторые вещества, относящиеся к макро- и микронутриентам, не синтезируются в организме человека и должны поступать с пищей. Эти компоненты называются эссенциальными (незаменимыми).

Все химические вещества пищи условно могут быть разделены на три основные группы. Первую группу представляют природные компоненты пищевых продуктов, специфические для определенного вида продуктов животного и растительного происхождения. Вторую и третью группы составляют вещества, попадающие в пищевые продукты из окружающей среды: контаминанты (загрязнители) биологической или химической (антропогенной) природы; пищевые добавки – вещества, специально вносимые в продукты питания для достижения определенных технологических эффектов.

Следует отметить, что понятия "вредности" и "безвредности" химических веществ, входящих в состав пищевых продуктов, довольно относительны, так как при определенных условиях обычные и даже незаменимые компоненты пищи могут быть токсичными для организма, а некоторые ядовитые вещества используются в лечебных целях.

Физиологическая потребность человека в пище – это объективная величина, определяемая природой и не зависящая от человеческих зна-ний, ее нельзя нормировать и рекомендовать. Физиологическая потребность зависит от множества условий. Большинство их постоянно меняется, и точно сбалансировать питание на каждый момент жизни невозможно. Но организм

обладает специальными регуляторными механизмами, позволяющими использовать из принятой пищи и усваивать необходимые пищевые вещества в таком количестве, которое ему требуется в данный момент. Однако регуляторные способности организма имеют определенные пределы, особенно в детском и пожилом возрасте. Кроме того, многие пищевые вещества (некоторые витамины, незаменимые аминокислоты и др.) человеческий организм не в состоянии синтезировать в процессе обмена веществ, поэтому недостаток этих веществ должен быть восполнен за счет питания. В противном случае могут возникнуть болезни, связанные с неполноценным питанием.

В физиологии питания используется понятие "рекомендуемая норма потребления", которая устанавливается на основании изучения физиологической потребности. Рекомендуемая норма потребления пищевых веществ должна учитывать индивидуальные физиологические потребности отдельных людей. Согласно определению ФАО-ВОЗ, "рекомендуемое количество потребления пищевых веществ... является таким количеством, которое достаточно для поддержания нормального здоровья почти у всех людей"[2].

Рекомендуемые нормы потребления пищевых веществ (в отличие от энергии) превышают среднюю физиологическую потребность на величину 2G, что обеспечивает перекрытие возможного разброса индивидуальных физиологических потребностей. Становится очевидным ненужность детализации рекомендуемых размеров потребления по узким группам населения в виде точных цифр.

2.1.1. Основы рационального питания

Питание, в котором обеспечено оптимальное содержание и соотношение пищевых и биологически активных веществ, проявляющих в организме максимум своего полезного действия, называется рациональным.

Рациональное питание включает в себя соблюдение трех основных принципов [2, 10].

1. Обеспечение баланса энергии, поступающей с пищей и расходуемой человеком в процессе жизнедеятельности.

2. Удовлетворение потребности организма в определенных пищевых веществах.

3. Соблюдение режима питания.

Первый принцип. Вся необходимая организму человека энергия поступает исключительно с пищей, белки, жиры и углеводы которой расщепляются до простых соединений. Последние используются для синтеза

жизненно необходимых веществ или в итоге дают энергию в форме АТФ, диоксида углерода и воду.

Организм человека расходует полученную с пищей энергию по трем направлениям:

1. Основной обмен – это минимальное количество энергии, необходимое человеку для обеспечения процессов жизнедеятельности в состоянии полного покоя. Основной обмен принято рассчитывать на "стандартных" мужчину (возраст 30 лет, масса 65 кг) и женщину (возраст 30 лет, масса 55 кг). У "стандартного" мужчины он составляет, в среднем, в сутки, 1600 ккал, у женщины – 1400 ккал.

Основной обмен рассчитывается на один килограмм массы тела с учетом того, что в один час расходуется одна килокалория. В организме детей основной обмен в 1,3 – 1,5 раза выше, чем у взрослых.

2. Расход энергии на процессы утилизации пищи. Из курса биохимии известно, что на распад белков, жиров и углеводов в организме затрачивается определенное количество энергии в виде АТФ. Переваривание белков увеличивает основной обмен на 30 – 40%, жиров – на 4 – 14%, углеводов – на 4 – 7%.

3. Расход энергии на мышечную деятельность. При различных видах физической деятельности расход энергии различен: у людей, не имеющих физической нагрузки, он составляет 90 – 100 ккал/ч, при занятии физкультурой – 500 – 600 ккал/ч, тяжелым физическим трудом и спортом – более 600 ккал/ч.

Второй принцип заключается в том, что устанавливается оптимальное соотношение количества белков, жиров, углеводов, минеральных веществ, витаминов и пищевых волокон.

В табл. 1 даны интервалы величин в зависимости от пола, возраста и интенсивности трудовой деятельности (составлены на основе норм физиологических потребностей в пищевых веществах и энергии для различных групп населения) [2].

Соотношение основных пищевых веществ, в процентах к калорийности рациона, составляет: белок – 15; жир – 35, углеводы – 50. Предлагаемые нормы являются развитием формулы сбалансированного питания А. А. Покровского, приведенной в литературе [11].

Таблица 1

Нормы физиологических потребностей в пищевых веществах и энергии для взрослого человека (18–59 лет)

Нутриенты	Потребность
Белки, г	58–117 (88) *
в том числе животные	32–64 (48)
Жиры, г	60–154 (107)
в том числе растительные	18–46 (32)
Усвояемые углеводы, г	257–586 (422)
в том числе моно- и дисахариды, г	50–100 (75)
Пищевые волокна, г	20–25 (22,5)
в том числе клетчатка и пектин, г	10–15 (12,5)
Соотношение в рационе жирных кислот, % :	
полиненасыщенные	10
насыщенные	30
мононенасыщенные	60
Минеральные вещества:	
макроэлементы, мг:	
– кальций	800
– фосфор	1200
соотношение Ca:P	1:1,5
– магний	400
соотношение Ca:Mg	1:0,7
– калий	2500–5000 (3750)
– натрий	4000–6000 (5000)
– хлор	7000–10000 (8500)
– сера	1000

* В скобках представлена усредненная потребность

Нутриенты	Потребность
микроэлементы, мг	
– железо	10–18 (14)
– цинк	15
– йод	0,15
– фтор	3
Витамины:	
тиамин (B_1), мг	1,1–2,1 (1,6)
рибофлавин (B_2), мг	1,3–2,4 (1,8)
пиридоксин (B_6), мг	1,8–2,0 (1,9)
пантотеновая кислота, мг	10–15 (12,5)
фолацин (B_9), мкг	200
кобаламин (B_{12}), мкг	3,0
ниацин (PP), мг	14–28 (21)

аскорбиновая кислота (С), мг	70–100 (85)
А, мкг ретинол эквивалент	800–1000 (900)
витамины группы D, мкг холекальциферола	2,5
Энергетическая ценность, ккал	1800–4200 (3000)
кДж	(12570)

Нормы разработаны коллективом ученых под руководством института гигиены питания РАМН. Это государственный нормативный документ, определяющий величины оптимальных потребностей в пищевых веществах для различных групп населения.

При составлении норм учитываются особенности химического состава белков и жиров животного и растительного происхождения, уделяется особое внимание незаменимым факторам. Так, в рационе питания незаменимые аминокислоты в сумме должны составлять 36% от общего содержания аминокислот в питании взрослого человека и 4% – для детей.

Большое значение имеет сбалансированность незаменимых аминокислот, особенно соотношение таких эссенциальных аминокислот, как триптофан, метионин и лизин.

При недостаточном содержании в организме эссенциальных жирных кислот (линолевой, линоленовой и арахидоновой) возникают кожные заболевания и различные злокачественные новообразования.

Важное значение имеют растительные жиры, так как они содержат в большом количестве полиненасыщенные жирные кислоты, а также фосфолипиды, необходимые для обновления клеток и внутриклеточных структур. Желательно, чтобы растительные жиры в пищевом рационе составляли не менее 30% от общего количества жиров. Оптимальным считается следующее соотношение жирных кислот в пищевом рационе: насыщенные жирные кислоты – 30%, мононенасыщенные – 10%. Повышенное содержание жиров, и особенно насыщенных жирных кислот животных жиров, способствует развитию атеросклероза и ишемической болезни сердца.

Углеводная часть рациона человека состоит в основном из крахмала (365–400 г), не включает в себя целлюлозу, гемицеллюлозу, пектиновые вещества, моно- и дисахариды (сахарозу, лактозу, глюкозу, фруктозу и другие). Содержание моно- и дисахаридов в суточном пищевом рационе не должно превышать 50–100 г, причем важно, чтобы это количество равномерно распределялось по отдельным приемам пищи. Избыточное содержание простых углеводов, особенно сахарозы, может вызвать ряд заболеваний человека, так как она быстро расщепляется в желудочно-кишечном тракте на молекулы глюкозы и фруктозы. Глюкоза легко всасывается в кровь, что

резко влияет на углеводный и липидный обмен в организме, а с другой стороны, оказывает существенное влияние на синтез и секрецию целого ряда гормонов.

Установлено, что оптимальным в рационе здорового человека является соотношение белков, жиров и углеводов 1,2 : 1,2 : 4.

В рацион здорового человека обязательно должны входить пищевые волокна и прежде всего такие растительные волокна, как пектиновые вещества и клетчатка. Рекомендуемое потребление этих веществ составляет 20–25 г в сутки, в том числе 15–20 г клетчатки и 8–10 г пектиновых веществ. Растительные волокна улучшают работу желудочно-кишечного тракта.

Исключительно важное значение имеет количество и соотношение витаминов, провитаминов и витаминоподобных веществ в суточном рационе человека. Как следует из табл. 1, эти компоненты пищи требуются организму в очень небольшом количестве, так как обладают высокой биологической активностью. При составлении рациона следует иметь в виду, что многие витамины, особенно витамин С, легко окисляются при приготовлении пищи или переработке пищевого сырья.

Как следует из табл. 1, в суточном рационе питания человека учитываются макро- и микроэлементы, которые, как и витамины, не обладают энергетической ценностью, но принимают участие в различных обменных процессах организма. При составлении рациона следует иметь в виду, что избыточное количество некоторых элементов может способствовать проявлению токсических свойств, поэтому содержание их регламентируется медико-биологическими требованиями и санитарными нормами качества [12].

Третий принцип – режим приема пищи. Основой режима питания являются физиолого-биохимические реакции, сущность которых заключается в следующем: клетки пищевого центра коры больших полушарий головного мозга способны возбуждаться под влиянием определенных факторов. К последним относятся снижение концентрации пищевых веществ в крови, освобождение желудка и другие, что сопровождается появлением аппетита.

В основу режима питания положены четыре основных принципа:

– регулярность питания – прием пищи в одно и то же время, что определяется условно-рефлекторными реакциями организма: выделение слюны, желудочного сока, желчи, ферментов, т. е. всего комплекса факторов, обеспечивающих нормальное пищеварение;

– дробность питания в течение суток; здоровому человеку рекомендуется трех-четырехразовое питание с возможным дополнительным приемом пищи (сок утром, стакан молочнокислого продукта перед сном и т.д.);

– соблюдение принципа рационального подбора продуктов при каждом приеме пищи для обеспечения благоприятного соотношения в рационе основных пищевых веществ;

– разумное распределение количества пищи в течение дня; завтрак и обед должны обеспечивать более 2/3 рациона, ужин менее 1/3.

Принципы рационального питания могут быть откорректированы в зависимости от меняющейся психологии человека, условий его проживания и трудовой деятельности.

Наряду с перечисленными принципами, важная роль при рациональном питании отводится органолептическим достоинствам пищи, обеспечивающим ее переваривание и усвоение. При этом учитываются методы технологической обработки пищевого сырья, обеспечивающие удаление вредных веществ и не вызывающие снижение пищевой ценности продуктов, а также исключающие образование токсичных веществ.

Институтом питания РАМН предложены ориентировочные размеры потребления пищевых продуктов в среднем на душу населения России (табл. 2) [2].

Как и нормы физиологической потребности в пищевых веществах и энергии, размеры потребления пищевых продуктов могут пересматриваться и уточняться.

Нормы, приведенные в табл. 2, служат для выполнения следующих работ:

– планирования, производства и потребления продуктов питания;

– оценки резервов продовольствия;

– разработки мер социальной защиты населения в области питания;

– расчетов рационов организованных коллективов;

– врачебной практики по оценке индивидуального питания и обоснованию рекомендаций по его коррекции;

– проведения научных исследований фактического питания и состояния здоровья.

Таблица 2

Рекомендуемые размеры потребления пищевых продуктов в среднем на душу населения России

Название продукта	Количество продукта	
	в год, кг	в день, г
Хлеб и хлебопродукты в пересчете на муку	102	279
Картофель	113	310

Овощи и бахчевые	139	381
Фрукты и ягоды в переводе на свежие	73	194
Сахар	40,7	112
Масло растительное, маргарин, кулинарные жиры	12,2	33
Мясо и мясопродукты	85	232
Молоко и молочные продукты в переводе на молоко	400	1096
Молоко цельное	123	337
Молоко обезжиренное	12,8	35
Масло животное	6	16,7
Творог	9,1	24,9
Сметана и сливки	6,5	17,8
Сыр, брынза	6,1	16,7
Яйца, штук	292	0,8
Рыба и рыбопродукты	23,7	65

2.1.2. Концепция сбалансированного питания А. А. Покровского

Академиком А. А. Покровским разработана концепция сбалансированного питания, основой которой является определение пропорций отдельных пищевых веществ в рационе. Эти пропорции соответствуют ферментному набору организма, отражают сумму обменных реакций и их химизм.

Современное учение о потребности человека в пище получило выражение в концепции сбалансированного и адекватного питания.

Согласно этой концепции, обеспечение нормальной жизнедеятельности возможно при условии снабжения организма необходимым количеством белков, жиров, углеводов, минеральных элементов, витаминов, балластных веществ и при соблюдении сложных взаимодействий между многочисленными незаменимыми факторами питания, каждому из которых в обмене веществ принадлежит специфическая роль [6].

Закон сбалансированного питания обусловливает пропорции отдельных веществ в рационах питания, отражает всю сумму обменных реакций, характеризующих химические процессы, лежащие в основе жизни организма. При этом главное внимание уделяется компонентам пищи, которые не могут быть заменены. Незаменимые (эссенциальные) факторы питания не синтезируются ферментными системами организма, но необходимы для поддержания нормального метаболизма человека.

Правильность этой концепции подтверждается объективными биологическими законами, определяющими процессы ассимиляции пищи на всех этапах развития живых организмов.

Нарушение соответствия действия ферментных систем химическим структурам пищи неизбежно приводит к нарушениям метаболизма отдельных пищевых веществ. Так, утратой в процессе эволюции определенных ферментных систем объясняется появление незаменимых пищевых веществ (некоторые аминокислоты, витамины, минеральные вещества и другие).

Пропорции отдельных пищевых веществ в рационе отражаются в формуле сбалансированного питания А.А. Покровского, приведенной в справочнике [11].

Значение приведенных в этой формуле цифр заключается не только в абсолютных величинах, но главным образом в определении оптимальных для усвоения организмом соотношений отдельных пищевых веществ. Именно такие соотношения пищевых веществ необходимы в среднем для поддержания нормальной жизнедеятельности взрослого человека.

При составлении рационов питания необходимо учитывать, что вредна не только недостаточность отдельных эссенциальных факторов, но опасен и избыток, включая избыточное количество как калорий, так и отдельных веществ.

При обосновании физиологических норм питания, разработке специальных продуктов и рационов, повышении биологической ценности известных продуктов учитывается концепция сбалансированного питания.

Особенно сложными являются задачи создания специальных продуктов питания для различных возрастных групп детей, больных, пожилых людей.

По мнению ученого, формула сбалансированного питания не является "догмой", она должна постоянно совершенствоваться и дополняться с учетом новых научных данных о питании, изменений жизни и психологии человека. Так, в 1991 г. были разработаны новые нормы физиологических потребностей в пищевых веществах и энергии для различных групп населения.

Таким образом, сбалансированное питание по А. А. Покровскому – это учет всего комплекса факторов питания, их взаимосвязи в обменных процессах, а также индивидуальности ферментных систем и химических превращений в организме.

В то же время "балансовый подход" к питанию основывается на том, что ценными являются только усвояемые организмом компоненты пищи, а остальная часть рассматривается как балласт. Один из ошибочных путей улучшения пищи, повышения ее усвояемости – удаление из нее балластных веществ и обогащение полезными легко усвояемыми пищевыми веществами. Однако дальнейшие исследования и практика показали, что балла-

стные вещества играют важную роль в процессах пищеварения, что было сформулировано в теории адекватного питания.

2.1.3. Основы адекватного питания

В теории адекватного питания рассматриваются следующие основные положения:

– пищу усваивают как поглощающий ее организм, так и населяющие его бактерии;

– приток нутриентов складывается как за счет извлечения их из пищи, так и благодаря жизнедеятельности бактерий, синтезирующих дополнительные питательные вещества;

– нормальное питание определяется не одним потоком нутриентов, а несколькими потоками питательных и регуляторных веществ;

– балластные вещества являются физиологически важными компонентами пищи.

Таким образом, теория адекватного питания более полно отражает соответствие и взаимосвязь химического состава разнообразных пищевых продуктов особенностям обменных процессов, протекающих в организме человека, его ферментному набору и усвояемости макро- и микронутриентов.

Теория сбалансированного питания рассматривается как составная часть теории адекватного питания, подчеркивая его рациональность.

Проблемы в области питания, возникновение и распространение заболеваний, связанных с недостаточным или избыточным потреблением пищи, привели к появлению различных систем, теорий питания и модных диет. Наиболее распространены из них следующие: вегетарианство, лечебное голодание, концепции раздельного питания, главного пищевого фактора, индексов пищевой ценности, питания предков, абсолютизации оптимальности и другие.

Более подробно с перечисленными и другими системами питания можно ознакомиться в учебной и научно-популярной литературе [13, 14].

Студентам предоставляется возможность самостоятельно оценить эффективность, целесообразность и научную обоснованность различных систем питания.

2.2. Основы биохимии пищеварения

Пищеварение – совокупность процессов, обеспечивающих механическое измельчение и химическое расщепление пищевых веществ на компоненты, лишенные видовой специфичности, пригодные к всасыванию из пи-

щеварительного тракта в кровь и лимфу, участию в обмене веществ и энергии. Поступающая в организм пища всесторонне обрабатывается под действием различных пищеварительных ферментов, синтезируемых специализированными клетками. Расщепление происходит с присоединением молекул воды. Образующиеся при расщеплении белков, жиров и углеводов аминокислоты, жирные кислоты, глицерин и моносахариды всасываются в органы и ткани, а из них образуются новые сложные органические вещества. Известны три ос-новных вида пищеварения: внутриклеточное, внеклеточное (дистант-ное) и мембранное [5, 10].

Пищеварительная система осуществляет начальный этап обмена веществ между внешней и внутренней средами организма.

В состав пищеварительной системы входит пищеварительный канал, поджелудочная железа и печень.

Пищеварение начинается в ротовой полости: механическое измельчение путем жевания и первоначальная химическая обработка под действием слюны, которая смачивает пищевую массу, обеспечивает формирование пищевого комка. В основном углеводы перевариваются амилазой слюны. Затем поступают в пищевод и желудок. Пища накапливается в желудке, перемешивается и пропитывается кислым желудочным соком, обладающим ферментативной активностью, антибактериальными свойствами и способностью денатурировать клеточные структуры. Основная функция желудка – депонирование пищи, ее механическая и химическая обработка. Пищевая масса постепенно направляется в кишечник, в желудке пища находится в зависимости от ее количества и состава от 4 до 10 ч (у человека в среднем 3,5–4,0 ч).

В желудке происходит гидролиз пищевых белков пепсином (оптимум pH 1,5–2,5) и гастриксином (оптимум pH 3,0). В полости желудка из неактивного пепсиногена под влиянием соляной кислоты образуется активный пепсин. Соляная кислота облегчает гидролиз белков благодаря денатурирующему действию, вызывает их набухание, что увеличивает контакт с ферментами. Под влиянием ферментов парапепсинов, гастриксинов, желатиназы, катепсинов желудочного сока из белков образуются пептиды различной молекулярной массы. Происходит высвобождение веществ, содержащихся в продуктах в связанном с белками виде.

Соляная кислота оказывает бактерицидный эффект, способствует усвоению железа, стимулирует деятельность нижерасположенных отделов пищеварительного тракта, секрецию некоторых гормонов его стенками. Роль соляной кислоты многообразна, поэтому нарушение ее секреции неблагоприятно отражается на ряде важных процессов в организме.

Соляная кислота вызывает денатурацию амилазы, находящейся в небольшом количестве в желудке. Из желудка пищевая масса порциями поступает в кишечник, где наиболее интенсивно происходят процессы ферментативного гидролиза и переход к всасыванию. Фаза пищеварения в тонком кишечнике осуществляется в среде, близкой к нейтральной или слабощелочной. Пептиды, образовавшиеся под действием пепсина в желудке и нерасщепленные белки гидролизуются протеазами поджелудочного сока: трипсином, химотрипсином, карбоксипептидазой и эластазой. Образуются низкомолекулярные пептиды и аминокислоты.

В гидролизе жиров существенную роль играет желчь, выделяемая печенью. Желчь активирует липазу поджелудочного сока и эмульгирует жиры. В полости тонкой кишки этот фермент поэтапно отщепляет жирные кислоты и приводит к образованию ди- и моноглицеридов и незначительного количества свободных жирных кислот и глицерина. Образующиеся продукты гидролиза соприкасаются с поверхностью кишки, где происходит дальнейшая их обработка путем мембранного пищеварения. В мембранном пищеварении участвуют ферменты поджелудочного сока: α -амилаза, липаза, трипсин, химотрипсин, эластаза и другие ферменты, а также собственно кишечные ферменты: γ-амилаза, олиго- и дисахаридазы; различные тетра-, три- и дипептидазы, аминопептидазы, щелочная фосфатаза и ее изоэнзимы; моноглицеридлипаза.

Поступающие с пищей углеводы под действием гликолитических ферментов желудочно-кишечного тракта расщепляются до моносахаридов, которые всасываются в кровь.

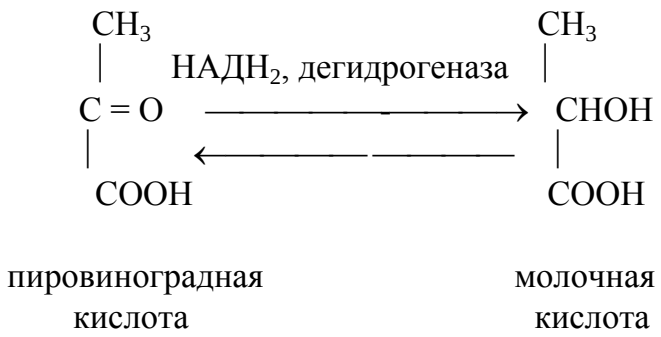
Основным моносахаридом является глюкоза; она постоянно извлекается из русла крови клетками, в которых происходит ее окисление в аэробных условиях до конечных продуктов (CO_2 и H_20) с аккумуляцией в макроэргических соединениях значительной части заключенной в ней химической энергии. При недостаточном содержании кислорода в тканях (анаэробные условия) глюкоза окисляется не полностью.

Отличительной чертой катаболизма углеводов является их способность окисляться двумя путями – гексозодифосфатным и гексозомонофосфатным (пентозофосфатным). Последний является вспомогательным путем окисления углеводов.

Гексозодифосфатное окисление углеводов может протекать в аэробных и анаэробных условиях, а пентозофосфатное – в аэробных условиях [5, 15, 16].

Процессы аэробного и анаэробного превращения углеводов до стадии образования пировиноградной кислоты одни и те же [15].

Дальнейшее превращение этой кислоты зависит от обеспечения тканей кислородом. В анаэробных условиях дыхательная цепь ферментов в этом случае не используется и АТФ не образуется. Конечным продуктом анаэробного распада глюкозы является молочная кислота.



Состояние недостаточного обеспечения организма кислородом нередко встречается в нормальной жизнедеятельности человека. Например, при физическом перенапряжении, патологических изменениях организма.

Однако анаэробное состояние у высших организмов продолжаться долго не может, снабжение тканей кислородом восстанавливается, и молочная кислота переходит в пировиноградную. Молочная кислота является своеобразным метаболическим тупиком, выход из которого сводится к образованию пировиноградной кислоты, затем окисляющейся с участием ряда ферментов и коферментов (пируват-дегидразный комплекс).

В окислении пировиноградной кислоты участвует специальная дегидрогеназа, отщепляющая атомы водорода и передающая их затем в цепь дыхательных ферментов с образованием АТФ. При анаэробном окислении глюкозы образуется 14 молекул АТФ.

Свойственный только углеводам процесс распада заканчивается образованием ацетил-КоА. Дальнейший распад ацетил-КоА одинаков для белков, липидов и углеводов и осуществляется в цикле трикарбоновых кислот (цикле Кребса или цикле лимонной кислоты) [15].

Цикл Кребса является центральным звеном в цепи катаболических реакций организма и представляет собой общий конечный путь окислительного распада всех основных пищевых веществ.

Белки, жиры и углеводы после прохождения специфических, свойственных только каждому из этих пищевых веществ превращений образуют один и тот же метаболит – активную форму уксусной кислоты (ацетил-КоА), в результате окислительного распада которой образуются диоксид углерода и вода. Кроме того, при аэробном окислении глюкозы гексозоди-

фосфатным путем может образовываться 38, а гексозомонофосфатным – 36 молекул АТФ.

Следовательно, энергетически оба пути окисления углеводов существенно не отличаются. Следует отметить, что распад белков, жиров и углеводов полностью заканчивается в тонком кишечнике; в толстом кишечнике этот процесс не происходит.

При неправильном питании возможно нарушение обмена белков, углеводов и жиров в организме, что подробно изложено в специальной литературе [13, 14, 17, 18].

При организации правильного питания человека важное значение имеет сохранение нативных свойств пищевых продуктов в процессе подготовки, переработки, производства и хранения пищевого сырья.

Рассмотрим, какие же физико-химические и биохимические изменения основных пищевых веществ происходят на различных стадиях технологической обработки пищевого сырья растительного и животного происхождения.

3. ИЗМЕНЕНИЕ ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТОВ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ПРИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ СЫРЬЯ

3.1. Белки

В процессе технологической обработки пищевых продуктов существенным изменениям подвергаются белки, влияющие на органолептические свойства, биологическую ценность, структурно-механические и другие показатели качества.

Глубина физико-химических изменений белков зависит от вида продукта, характера внешних воздействий, концентрации белков. К основным изменениям белков пищевых продуктов при различных видах технологической обработки относятся: гидратация, денатурация и деструкция.

Гидратация белков. Способность нативных белков сорбировать полярные молекулы воды за счет свободных и связанных полярных групп белковых молекул называется гидратацией.

Гидратация связана с двумя видами адсорбции: ионной и молекулярной. Адсорбирование воды ионизированными свободными полярными группами (аминогруппы диаминокислот, карбоксильные группы дикарбоновых кислот) белка называется ионной адсорбцией.

Адсорбирование воды связанными полярными группами (пептидные группы главных полипептидных цепей, гидроксильные и сульфгидрильные группы) называется молекулярной адсорбцией.

Величина молекулярной адсорбции воды постоянная для каждого вида белка, величина ионной адсорбции изменяется в зависимости от реакции среды.

В изоэлектрической точке, когда степень диссоциации молекул белка минимальна и заряд белковой молекулы близок к нулю, способность белка связывать воду наименьшая. При сдвиге pH среды в кислую или щелочную сторону от изоэлектрической точки усиливается диссоциация основных или кислотных групп белка, увеличивается заряд белковых молекул и усиливается гидратация белка.

В технологических процессах эти свойства белков используют для увеличения их водосвязывающей способности.

Адсорбированная вода удерживается белками вследствие образования между их молекулами и водой водородных связей. Водородные связи относятся к слабым, однако это компенсируется значительным количеством связей. Так, каждая молекула воды способна образовывать четыре водородные связи, которые распределяются между полярными группами белка и молекулами воды. В результате адсорбированная вода в белке оказывается довольно прочно связанной. Она не отделяется от белка самопроизвольно и не может служить растворителем для других веществ.

В растворах небольшой концентрации молекулы белка полностью гидратированы, так как содержится избыточное количество воды. В концентрированных растворах белков при добавлении воды происходит их дополнительная гидратация.

Гидратация белков имеет большое практическое значение при производстве студней и различных полуфабрикатов. (Например, рубленых котлет, бифштексов, фарша для пельменей, теста, омлетов и т.п.). При добавлении воды к измельченным животным или растительным продуктам, раствора поваренной соли и других веществ в процессе перемешивания компонентов гидратация белков сопровождается протекающими одновременно процессами растворения и набухания. Гидратация повышает липкость пищевой массы, в результате чего она хорошо формуется в готовые изделия.

От степени гидратации белков в значительной мере зависит такой важный показатель качества готовых продуктов, как сочность. При оценке роли гидратационных процессов необходимо иметь в виду, что в пищевых продуктах наряду с адсорбционной водой, прочно связанной белками, содержится осмотически и капиллярно-связанная вода, которая также влияет на качество продукции.

Денатурация белков – это нарушение нативной пространственной структуры белковой молекулы под влиянием различных внешних воздействий, сопровождающееся изменением их физико-химических и биологических свойств. При этом нарушаются вторичная и третичная структуры белковой молекулы, а первичная, как правило, сохраняется.

Денатурация белков происходит при нагревании и замораживании пищевых продуктов под действием различных излучений, кислот, щелочей, резких механических воздействий и других факторов.

При денатурации белков происходят следующие основные изменения [15, 19]:

– резко снижается растворимость белков;

– теряется биологическая активность, способность к гидратации и видовая специфичность;

– улучшается атакуемость протеолитическими ферментами;

– повышается реакционная способность белков;

– происходит агрегирование белковых молекул;

– заряд белковой молекулы равен нулю.

Потеря белками биологической активности в результате тепловой денатурации приводит к инактивации ферментов и отмиранию микроорганизмов.

В результате потери белками видовой специфичности пищевая ценность продукта не снижается.

Рассмотрим наиболее распространенную тепловую денатурацию белковых молекул, сопровождаемую разрушением слабых поперечных связей между полипептидными цепями и ослаблением гидрофобных и других взаимодействий между белковыми цепями. В результате этого изменяется конформация полипептидных цепей в белковой молекуле. Например, фибриллярные белки изменяют свою эластичность, у глобулярных белков развертываются белковые глобулы с последующим свертыванием по новому типу. Прочные (ковалентные) связи белковой молекулы при этом не нарушаются. Глобулярные белки изменяют растворимость, вязкость, осмотические свойства и электрофоретическую подвижность.

Каждый белок имеет определенную температуру денатурации *t*. Для белков рыбы *t* = 30°С, яичного белка *t* = 55...50° С, мяса *t* = 55...60°С и т.п.

При значениях pH среды, близких к изоэлектрической точке белка, денатурация происходит при более низкой температуре и сопровождается максимальной дегидратацией белка. Смещение pH среды способствует повышению термостабильности белков.

Направленное изменение pH среды широко используется в технологии для улучшения качества блюд. Так, при тушении мяса, рыбы, мариновании,

перед жаркой добавляют кислоту, вино или другие кислые приправы для создания кислой среды со значениями pH ниже изоэлектрической точки белков продукта. В этих условиях дегидратация белков в продуктах уменьшается и готовое блюдо получается более сочным.

Температура денатурации белков повышается в присутствии других, более термостабильных белков и некоторых веществ небелковой природы, например, сахарозы.

Денатурация некоторых белков может происходить без видимых изменений белкового раствора (например, у казеина молока). Пищевые продукты, доведенные тепловой обработкой до готовности, могут содержать некоторое количество нативных, неденатурированных белков, в том числе некоторых ферментов.

Денатурированные белки способны к взаимодействию между собой. При агрегировании за счет межмолекулярных связей между денатурированными молекулами белка образуются как прочные, например, дисульфидные связи, так и слабые, например, водородные.

При агрегировании образуются более крупные частицы. Например, при кипячении молока выпадают в осадок хлопья денатурированного лактоальбумина, образуются хлопья и пена белков на поверхности мясных и рыбных бульонов.

При денатурации белков в более концентрированных белковых растворах в результате их агрегирования образуется студень, удерживающий всю содержащуюся в системе воду.

Основные денатурационные изменения мышечных белков завершаются при достижении 65°С, когда денатурирует более 90% общего количества белков. При t = 70°С начинается денатурация миоглобина и гемоглобина, сопровождающаяся ослаблением связи между глобином и гемоглобином, который затем отщепляется и, окисляясь, меняет окраску, вследствие чего цвет мяса становится буровато-серым.

При нагревании мяса существенные денатурационные изменения происходят с белками соединительной ткани. Нагревание коллагена во влажной среде до t = 58...62°С вызывает его "сваривание", при котором ослабевает и разрывается часть водородных связей, удерживающих полипептидные цепи в трехмерной структуре. Полипептидные цепи при этом изгибаются и скручиваются, между ними возникают новые водородные связи, имеющие случайный характер. В итоге коллагеновые волокна укорачиваются и утолщаются.

Коллаген, подвергнутый тепловой денатурации, становится более эластичным и влагоемким, его прочность значительно уменьшается. Реакционная способность коллагена также возрастает, и он становится более дос-

тупным действию пепсина и трипсина, что повышает его перевариваемость. Все эти изменения тем больше, чем выше температура и длительнее нагрев.

Деструкция белков. При нагревании пищевых продуктов до 100°С происходит разрушение макромолекул денатурированных белков. На первом этапе изменений от белковых молекул могут отщепляться такие летучие продукты, как аммиак, сероводород, диоксид углерода и другие соединения. Накапливаясь в продукте и окружающей среде эти вещества участвуют в образовании вкуса и аромата готовой пищи.

При дальнейшем воздействии температуры происходит деполимеризация белковой молекулы с образованием водорастворимых азотистых веществ. Например, при продолжении нагрева сваренного коллагена происходит его дезагрегация, связанная с разрывом водородных связей и приводящая к образованию полидисперсного продукта глютина.

Этот процесс называется пептизацией. Глютин при 40°С и выше неограниченно растворяется в воде, а при охлаждении его растворы образуют студни. Глютин легко расщепляется протеазами и, следовательно, легко переваривается.

При нагревании одновременно с пептизацией происходит гидролиз глютина с образованием конечных продуктов, называемых желатозами.

Продукт гидротермической дезагрегации коллагена, способный образовывать прочные, не плавящиеся при t = 23...27°С студни, называется желатином.

При температуре выше 100°С наблюдается дальнейший гидролиз мышечных белков до полипептидов, которые, в свою очередь, гидролизуются до аминокислот и других низкомолекулярных азотистых соединений. Степень гидролиза белков тем выше, чем выше температура и длительнее нагрев. Однако с повышением температуры и увеличением длительности нагрева скорость распада полипептидов возрастает более интенсивно, чем скорость распада белков до полипептидов. Чрезмерный распад коллагена при длительном нагревании свыше 100°С приводит к “разволакиванию” тканей, а глубокий гидролиз глютина – к образованию низкомолекулярных соединений, что уменьшает способность бульона к студнеобразованию. Длительный нагрев при температуре более 100°С вызывает также некоторое ухудшение перевариваемости белков мяса.

Очень продолжительное нагревание при высоких температурах (180–300°С) обусловливает деструкцию аминокислот и образование полиаминокислотных комплексов. Нагрев вызывает существенные изменения экстрактивных веществ. При варке мяса глютамин превращается в глютаминовую кислоту, а инозиновая кислота распадается с образованием гипоксантина. Эти процессы играют решающую роль в формировании вкуса и

аромата вареного мяса. Большое значение в формировании аромата, вкуса и цвета продуктов имеет реакция взаимодействия между аминогруппами аминокислот, аминов, полипептидов или белков и гликозидными гидроксильными группами сахаров (реакция Майяра).

Деструкция белков наблюдается при производстве некоторых видов теста. При этом разрушение внутримолекулярных связей в белках происходит при участии протеолитических ферментов, содержащихся в муке и вырабатываемых дрожжевыми клетками.

3.2. Липиды

Липиды (от греческого "липос" – жиры) – это обширная группа нерастворимых в воде органических веществ, которые содержатся в продуктах животного и растительного происхождения и могут быть экстрагированы из них неполярными растворителями, такими, как хлороформ, эфир или бензол.

К липидам относятся нейтральные жиры (глицериды, ацилглицерины), фосфоглицериды (фосфолипиды), сфинголипиды и гликолипиды, воска, терпены, стерины, эфирные масла.

Общебиологическая роль липидов заключается в том, что они являются структурными компонентами клеточных мембран, представляют собой самый концентрированный из всех пищевых веществ источник энергии и выполняют ряд защитных функций. В состав клеточных мембран входят фосфоглицериды (фосфолипиды), содержащие в глицериновом эфире одну фосфорную и две жирные кислоты (одна насыщенная, вторая ненасыщенная). В состав мембран растительных и животных клеток входят сфинголипиды, содержащие одну молекулу жирной кислоты, одну молекулу ненасыщенного аминоспирта сфингозина или его насыщенного аналога дигидросфингозина, одну молекулу фосфорной кислоты и одну молекулу спирта, но не глицерина.

В продуктах животного происхождения содержится, как правило, больше липидов, чем в растительных, и представлены они в основном нейтральными жирами. Основной структурной единицей главных классов и подклассов липидов и прежде всего ацилглицеринов являются насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты. Именно эти кислоты определяют физико-химические свойства липидов (консис-тенцию, растворимость в органических растворителях, реакционную способность, температуру затвердевания и т.д.).

Ацилглицерины являются одним из основных компонентов химического состава продуктов животного, а в ряде случаев растительного проис-

хождения, лимитирующими продолжительность хранения и технологические режимы переработки пищевого сырья и получения жира.

В состав ацилглицеринов тканевых жиров (говяжий, бараний, свиной, куриный, молочный) входят в основном жирные кислоты, содержащие 16–18 углеродных атомов (пальмитиновая, стеариновая, олеиновая, линолевая, линоленовая). В меньшем количестве в составе ацилглицеринов представлены жирные кислоты, содержащие от 2 до 14 или от 20 до 22 углеродных атомов. Эти одноосновные кислоты могут быть насыщенными и ненасыщенными. В животных жирах содержится больше насыщенных кислот, в растительных – ненасыщенных (олеино-вой $C_{18:1}$, линолевой $C_{18:2}$, линоленовой $C_{18:3}$, арахидоновой $C_{20:4}$). Важ-ное биологическое значение имеют входящие в состав жиров ненасыщенные жирные кислоты с 18 углеродными атомами.

Биохимические и физико-химические изменения жиров

В процессе переработки и хранения жиросодержащих продуктов или выделенных из них жиров происходят многообразные превращения их под влиянием биологических, физических и химических факторов.

В результате этих превращений изменяется химический состав, ухудшаются органолептические показатели и пищевая ценность жиров, что может привести к их порче [20].

Независимо от технологических режимов переработки и хранения, а также вида жира в них протекают однотипные изменения, сводящиеся к гидролизу и окислению. Эти процессы протекают по схеме, представленной на рис. 1. Преобладание в жире гидролитического или окислительного процесса зависит от температуры, наличия кислорода, света, воды, продолжительности нагревания, присутствия веществ, ускоряющих или замедляющих эти процессы. Поэтому основные способы тепловой обработки жиросодержащих продуктов и жиров (варка, жарка) различаются по степени и характеру воздействия на жир. При варке преобладают гидролитические процессы, при жарке – окислительные. В любом случае качество жира оценивают по кислотному, перекисному, ацетильному числам, содержанию альдегидов, кетонов и других соединений.

Гидролитическое расщепление жиров протекает с обязательным участием воды и может быть как ферментативным, так и не ферментативным. В тканевых жирах, жире-сырце (внутренний жир), жире мяса, плодов и овощей, жире сырокопченостей и т.п. под влиянием тканевых липаз наблюдается гидролиз ацилглицеринов, сопровождающийся накоплением жирных кислот и, как следствие, повышением кислотного числа. Скорость и глубина гидролиза жира зависят от температуры: процесс ферментатив-

ного катализа значительно ускоряется при температуре выше 20°С; снижение температуры замедляет процесс гидролиза, но даже при минус 40°С ферментативная активность липаз проявляется, но в слабой мере.

При неблагоприятных условиях (влага, повышенная температура) может произойти гидролитическая порча жиров, вызванная не только действием ферментов, но и других факторов: кислот, щелочей, окислов металлов и других неорганических катализаторов, а также ферментов микроорганизмов.

Образование в жире при гидролитическом распаде небольшого количества высокомолекулярных жирных кислот не вызывает изменения вкуса и запаха продукта. Но если в составе триглицеридов (молочный жир) имеются низкомолекулярные кислоты, то при гидролизе могут появиться капроновая и масляная кислоты, характеризующиеся неприятным запахом и специфическим вкусом, резко ухудшающими органолептические свойства продукта.

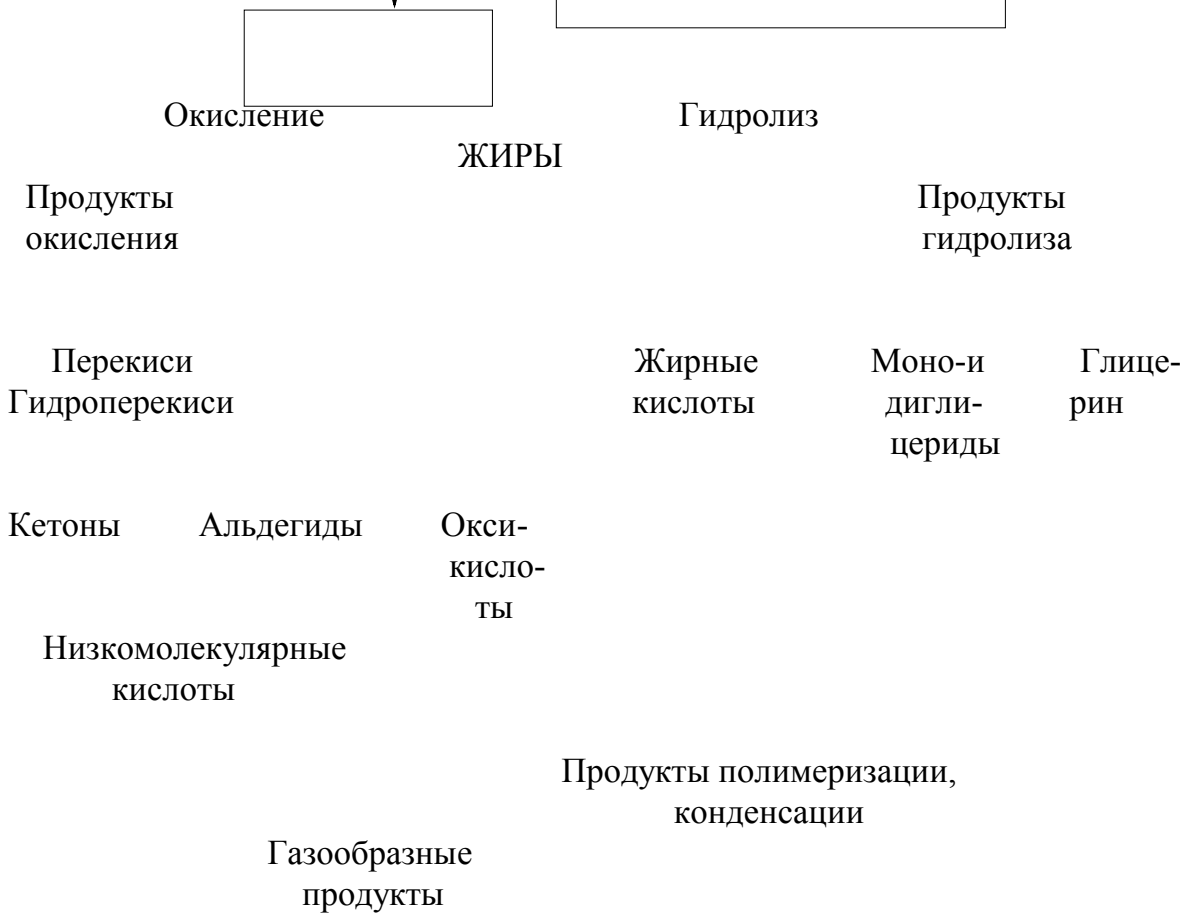


Рис. 1. Схема превращения жиров

В топленых жирах автолитического (ферментативного) расщепления жиров не наблюдается, так как в процессе вытопки при температуре около

60°С липаза, содержащаяся в жировой ткани, инактивируется. Гидролитическая порча топленого жира происходит при наличии влаги, в результате обсеменения микрофлорой, неполной денатурации белков при вытопке жира из жировой ткани или под воздействием катализаторов.

Окислительные изменения. В процессе переработки и хранения жиров возможно ухудшение их качества в результате окислительных процессов, глубина и скорость которых зависят от природных свойств жира, температуры, наличия кислорода и света. Эти факторы могут вызвать окислительную порчу жиров.

Различают автоокисление и термическое окисление жиров. Автоокисление жиров протекает при низких температурах в присутствии газообразного кислорода. Термическое окисление происходит при температуре 140–200° С. Между термическим и автоокислением есть много общего, однако состав образующихся продуктов несколько различается.

Продукты, образующиеся при автоокислении и термоокислении, подразделяются на три группы:

1. Продукты окислительной деструкции жирных кислот, в результате которой образуются вещества с укороченной цепью.

2. Продукты изомеризации, а также окисленные ацилглицерины, которые содержат то же количество углеродных атомов, что и исходные ацилглицерины, но отличаются от последних наличием в углеводородных частях молекул жирных кислот новых функциональных групп, содержащих кислород.

3. Продукты окисления, содержащие полимеризованные или конденсированные жирные кислоты, в которых могут находиться и новые функциональные группы, имеющие в своем составе кислород.

Кроме того, продукты окисления делятся на термостойкие и нетермостойкие.

Первичными продуктами окисления являются перекиси, активирующие окисление других молекул. Благодаря этому реакция окисления носит цепной характер. Механизм окисления жиров в настоящее время изучен. Теория цепных реакций разработана академиком Н. Н. Семеновым и его учениками при изучении кинетики химических процессов. Процессы окисления жиров подробно изложены в ряде учебников [15, 19, 20], поэтому в данном разделе подробно не излагаются.

Окислению подвергаются в первую очередь ненасыщенные жирные кислоты, но могут окисляться также и насыщенные кислоты с образованием гидроперекисей. При глубоком окислении жиров возможно образование циклических перекисей $–CH–CH–CH–CH_2–$ и
эпоксидных соединений

$$-CH-CH-CH_2- \qquad | \quad |$$
$$\backslash \quad / \qquad\qquad O-O$$
$$O$$

Содержание перекисных соединений в жире оценивают по величине перекисного числа. Это довольно чувствительный показатель, и по его значению судят о начале и глубине окисления жира. В свежем жире перекисей нет. На начальных стадиях окисления в течение некоторого времени химические и органолептические показатели жира почти не изменяются. Этот период, имеющий различную продолжительность, называется индукционным. После индукционного периода жир начинает портиться. Обнаруживается это по увеличению перекисного числа и изменению органолептических свойств жира.

Наличие индукционного периода объясняется тем, что в начале процесса молекул с повышенной кинетической энергией (возбужденных или свободных радикалов) очень мало. Обусловлено это также содержанием в жире естественных антиокислителей: каротиноидов, токоферолов, лецитинов, которые более активно взаимодействуют со свободными радикалами и с кислородом воздуха и тем самым препятствуют окислению жиров. Продолжительность индукционного периода зависит от концентрации антиокислителей, природы жира и условий переработки и хранения.

Животные жиры, в составе которых меньше ненасыщенных жирных кислот, более устойчивы, чем растительные.

Процесс автоокисления жиров значительно ускоряется в присутствии влаги, света и катализаторов. Такими катализаторами могут быть легкоокисляющиеся металлы (окислы или соли железа, меди, свинца, олова), а также органические соединения, содержащие железо, белки, гемоглобин, цитохромы и другие.

Каталитическое действие металлов основано на способности их легко присоединять или отдавать электроны, что приводит к образованию свободных радикалов из гидроперекисей жирных кислот.

Активными катализаторами являются ферменты, главным образом ферменты микроорганизмов. Поэтому загрязнение жиров, особенно бактериальное обсеменение, ускоряет процесс окисления жиров.

Перекиси и гидроперекиси являются неустойчивыми соединениями, поэтому происходит их распад с образованием свободных радикалов, например, $R-O-O-H \longrightarrow RO^{\bullet} + {}^{\bullet}OH$ и других.

При этом протекают последующие разнообразные реакции, в результате которых накапливаются вторичные продукты: оксисоединения, альдегиды, кетоны, низкомолекулярные кислоты и другие.

При окислении жиров обнаружен ряд альдегидов, представляющих собой продукты распада цепи жирных кислот: нониловый, азолаиновый, гептиловый, малоновый. Дальнейшее превращение низкомолекулярных альдегидов ведет к появлению низкомолекулярных спиртов, жирных кислот и к новому разветвлению окислительной цепи.

Кетоны, как и альдегиды, образуются окислительным путем в результате дальнейших превращений перекисей, например, в результате их дегидратации.

$$-CH_2-\underset{\underset{O-O-H}{|}}{CH}-CH_2- \longrightarrow -CH_2-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_2- + H_2O$$

Предполагают, что в присутствии ферментов микроорганизмов кетоны могут образовываться по типу β-окисления, т. е. с участием воды.

Окислительная порча жиров

При окислении жиров теряется естественная окраска; специфический вкус и запах продукта; появляется посторонний, иногда неприятный привкус, аромат; теряется биологическая ценность.

Первичные продукты окисления – перекиси – органолептически не обнаруживаются, однако, по их содержанию можно судить о глубине порчи жира, пригодности его для длительного хранения и употребления в пищу.

Вторичные продукты окисления ухудшают органолептические показатели жира. При этом различают два основных вида порчи жира – прогоркание и осаливание.

Прогоркание происходит в результате накопления в жирах низкомолекулярных продуктов: альдегидов, кетонов, низкомолекулярных жирных кислот. В этом случае жир приобретает прогорклый вкус и резкий, неприятный запах. Прогоркание жиров может происходить вследствие химических и биохимических процессов.

При химическом прогоркании, протекающем в жире под действием кислорода воздуха, накапливаются свободные жирные кислоты, иногда низкомолекулярные, не свойственные данному жиру, увеличивается перекисное число, образуются летучие карбонильные соединения – альдегиды и кетоны. Именно эти соединения придают запах прогорклости жиру.

При биохимическом прогоркании, протекающем с участием ферментов плесеней, образуются кетокислоты и метилалкилкетоны в результате β-окисления свободных жирных кислот, образующихся при гидролизе под

действием липаз. При этом из кислот образуются кетоны, содержащие на один атом углерода меньше, чем в исходной кислоте: из капроновой – метилпропилкетон, каприновой – метилгептилкетон, лауриновой – метилонилкетон и т.д.

Кетонное прогоркание иногда называют "душистым прогорканием" в связи со своеобразным запахом продуктов окислительной порчи.

Осаливание жиров сопровождается исчезновением окраски, уплотнением жира и появлением салистой консистенции в результате окислительных изменений жира. При осаливании образуется значительное количество оксисоединений в результате распада на свету первичных органических перекисей и появления свободных радикалов $^{\bullet}OH$ и $HO_2^{\bullet}$ при фотохимическом воздействии на жир.

Возникающие радикалы, взаимодействуя с молекулами жирных кислот, образуют оксикислоты. Количество их определяют по ацетильному числу, которое возрастает с увеличением количества оксигрупп.

Образовавшиеся оксикислоты вовлекаются в процесс полимеризации, в результате чего образуются высокомолекулярные соединения и жир приобретает характерную салистую, мазеобразную консистенцию. Осалившийся жир характеризуется также специфическим неприятным запахом и вкусом.

Изменение окраски жиров связано с разрушением каротиноидов, которое наступает до начала окислительных изменений. При этом жир обесцвечивается, иногда принимает зеленоватую окраску, изменяется его спектр поглощения. Эти изменения каротиноидов позволяют обнаружить окислительные изменения жиров на ранних стадиях. При этом происходит распад токоферолов.

Наиболее интенсивно окислительная порча происходит при продолжительном нагреве жиров при высоких температурах 180–300°С. Такой нагрев сопровождается снижением содержания ненасыщенных жирных кислот и накоплением перекисей, карбонильных соединений, летучих кислот и продуктов сополимеризации.

При температуре свыше 200°С может произойти термическое разложение жира с выделением дыма (пиролиз). Температура, при которой начинается выделение дыма, называется температурой (или точкой) дымообразования, или пиролиза. На эту температуру оказывают влияние вид жира, содержание свободных жирных кислот, материал и размер посуды, наличие металлов и другие факторы. Например, увеличение в свином жире содержания свободных жирных кислот с 0,02 до 0,81% уменьшает температуру пиролиза с 221 до 150°С. Железо и медь катализируют пиролиз жира.

Продукты пиролиза ухудшают цвет жира при жарке пищевых продуктов. Потемнение жира происходит за счет загрязнения его веществами пирогенетического распада, образующихся при обугливании мелких частиц, реакций меланоидинообразования и карамелизации, а также накопления темноокрашенных продуктов окисления самого жира.

Изменение запаха жира при длительной жарке продуктов вызвано образованием акролеина. Образующиеся при жарке карбонильные соединения, содержащие 3, 5, 7 атомов углерода, ухудшают запах и вкус жира, а содержащие 4, 6, 10, 12 атомов углерода придают жиру приятный запах жареного.

Изменение биологической ценности жира. В результате окисления изменяются не только органолептические свойства жира, но и снижается его пищевая, в том числе биологическая ценность. Это связано с окислением жизненно необходимых ненасыщенных жирных кислот, а также с разрушением каротиноидов, токоферолов, фосфатов и других биологически активных веществ. Кроме того, первичные продукты окисления, перекиси оказывают токсическое действие на организм. В то же время перекиси в процессе разнообразных реакций образуют вещества, содержащие карбонилы, а также полимерные соединения, ухудшающие усвояемость жира, снижающие биологическую ценность, а иногда обладающие канцерогенными свойствами. Накопление таких продуктов специфического состава и строения происходит наиболее интенсивно при продолжительном нагревании жира при высоких температурах (выше 180°С).

Для предотвращения окислительных процессов в жирах необходимо уменьшить или исключить контакт жира прежде всего с кислородом воздуха. Без доступа кислорода даже длительное нагревание при 180–190°С не вызывает заметных окислительных изменений жира. Увеличению контакта с воздухом способствует нагревание жира тонким слоем, жарка продуктов пористой структуры, сильное вспенивание и перемешивание жира.

Сравнительно недавно для стабилизации фритюрных жиров стали применять кремнийорганические жидкости (полиметилсилоксаны). Эти соединения, образуя на поверхности жира тонкую пленку и подавляя его вспенивание, затрудняют взаимодействие жира с кислородом.

Жир целесообразно хранить в герметичной таре, в вакуумной упаковке или в атмосфере инертного газа при отрицательных температурах. В жирах не должно быть легкоокисляющихся металлов (меди, железа, марганца), их солей или органических производных соединений свинца, олова и других металлов.

Для замедления окислительных процессов в жирах применяют антиоксиданты.

3.3. Углеводы

При переработке и хранении пищевого сырья и продуктов углеводы претерпевают сложные и разнообразные превращения, зависящие от состава углеводного комплекса, температуры и pH среды, влажности, наличия ферментов, присутствия в продуктах других компонентов, взаимодействующих с углеводами (белков, липидов, органических кислот и других).

Простые и сложные углеводы содержатся в основном в продуктах растительного происхождения. Единственный полисахарид гликоген имеется в продуктах животного происхождения.

Основными процессами, протекающими в углеводах при различных видах технологической обработки и хранения пищевых продуктов, являются следующие:

– кислотный и ферментативный гидролиз ди- и полисахаридов;

– брожение моно- и дисахаридов;

– меланоидинообразование;

– карамелизация.

Процесс брожения моносахаридов подробно изложен в учебной литературе [1, 15, 19] и поэтому в данном пособии не рассматривается.

Гидролиз ди- и полисахаридов – наиболее распространенный процесс, протекающий в пищевых продуктах при тепловой и холодильной обработке, а также при хранении картофеля, плодов и овощей в охлажденном и замороженном состоянии.

Гидролиз ди- и полисахаридов. При нагревании дисахариды (сахароза, мальтоза, лактоза) под действием кислот или в присутствии ферментов распадаются на моносахариды. Сахароза в водных растворах под влиянием кислот присоединяет молекулу воды и гидролизуется на равное количество глюкозы и фруктозы, вращающих плоскость поляризации влево, а не вправо, как сахароза.

Такое преобразование называется инверсией, а эквимолекулярная смесь глюкозы и фруктозы – инвертным сахаром, который имеет более сладкий вкус, чем сахароза.

Полисахариды также при нагревании под действием кислот или в присутствии ферментов подвергаются гидролизу с образованием низкомолекулярных соединений, принимающих участие в обменных процессах.

Из высокомолекулярных полисахаридов существенным изменениям подвергаются крахмал и пектиновые вещества.

Крахмал. $(C_6H_{10}O_5)_n$ состоит из амилозы и амилопектина, содержит много молекул D-глюкозы, соединенных между собой α-глюкозидными связями. В крахмале различных плодов и овощей относительное содержание амилозы и амилопектина колеблется в широких пределах. В растительной ткани крахмал откладывается в запас в виде зерен. Эти зерна содержат 96–97% амилозы и амилопектина, бел- ка – около 1%, жирных кислот – до 0,6% и минеральных веществ – до 0,7%. Минеральные вещества в крахмале представлены фосфорной кислотой. В картофельном крахмале ее содержится около 0,18% или в 3–4 раза больше, чем в крахмале зерновых культур. От количества фосфора зависит степень вязкости крахмала. Крахмальные зерна разных растений заметно различаются по размеру и строению (в картофеле они крупнее, в рисе – мельче). С размером крахмальных зерен связаны консистенция картофельного клубня и рассыпчатость после варки. Так, при гидролизе крахмала конечными продуктами распада являются мальтоза и D-глюкоза, затем гидролиз крахмала определяется особенностями строения крахмала, в частности: α-амилоза состоит из длинных неразветвленных цепей, в которых все D-глюкозные единицы соединены α (1→4)-связями. В воде амилоза не дает истинного раствора, но образует гидратированные мицеллы. Амилопектин также образует коллоидные или мицеллярные растворы, его цепи сильно разветвлены: молекулы глюкозы в ветви соединены гликозидными связями α (1→4)-типа, но связи в точках ветвления относятся к α (1→6)-типу. Основные компоненты крахмала могут быть гидролизованы ферментативным путем двумя способами. Амилоза может быть гидролизована ферментом α-амилазой (α (1→4)-глюкан-4-глюканогидролаза) с разрывом α (1→4)-связи амилозных цепей и с образованием глюкозы и мальтозы. Кроме того, амилоза может быть гидролизована ферментом β-амилазой (α (1→4)-глюканмальтогидролаза) до декстринов и мальтозы. Декстрины – это полисахариды с промежуточной длиной цепи, образующиеся в результате действия амилаз.

Амилопектин также гидролизуется α- и β-амилазами до остаточного декстрина – конечного продукта гидролиза, представляющего собой крупную, сильно разветвленную "сердцевину" полисахарида. Это связано с тем, что α- и β-амилазы не способны расщеплять α (1→6)-связи, имеющиеся в точках ветвления амилопектина.

α (1→6)-связи, находящиеся в точках ветвления, гидролизуются особыми ферментами: α (1→6)-глюкозидами. При совместном действии α-амилазы и α (1→6)-глюкозидазы амилопектин может быть полностью расщеплен до мальтозы и глюкозы. Конечные продукты гидролиза (маль-

тоза и глюкоза) могут образовываться при нагревании крахмалсодержащих продуктов в кислой среде.

При варке пищевых продуктов происходит насыщение растительных клеток водой: амилоза растворяется в горячей воде при температуре 60–80°С, амилопектин образует при этих же условиях набухшую студенистую массу – клейстер. Поглощение воды клейстеризующимся крахмалом достигает 100–200%. В кислой среде крахмал гидролизуется до конечных продуктов неферментативным путем, на чем основан один из методов определения содержания крахмала в пищевых продуктах.

Пектиновые вещества представляют собой полимерные соединения с молекулярной массой от 10 до нескольких сотен тысяч и состоят в основном из остатков D-галактуроновой кислоты, связанных α-1$\rightarrow$4-гликозидной связью.

Свободные карбоксильные группы полигалактуроновой кислоты могут образовывать сложные эфиры со спиртами (этерификация). Степень этерификации метанолом карбоксильных групп полигалактуроновой кислоты изменяется в широких пределах в зависимости не только от вида плодов и овощей, но и от их органов.

Номенклатура пектиновых веществ основана на степени метоксилирования карбоксильных групп полигалактуроновой кислоты.

Пектиновая кислота – высокомолекулярная полигалактуроновая кислота, часть карбоксильных групп которой этерифицирована метиловым спиртом. Хорошо растворима в воде.

Пектовая кислота – это полигалактуроновая кислота без метоксильных групп. Растворимость пектовой кислоты меньше, чем пектиновой. Пектовая кислота образует соли – пектаты.

Пектины – пектиновые кислоты, карбоксильные группы которых в различной степени метоксилированы и нейтрализованы.

Протопектин – условное название соединений, характеризующихся в основном нерастворимостью в воде и способностью при осторожном гидролизе образовывать пектиновые кислоты.

Наибольшее количество пектиновых веществ находится в плодах и корнеплодах. Они входят в состав клеточных стенок и межклеточных образований растений совместно с целлюлозой, гемицеллюлозой и лигнином. Протопектины входят в состав первичной клеточной стенки и межклеточного вещества, а растворимые пектиновые вещества содержатся в клеточном соке. Получают пектиновые вещества из яблочных выжимок, свеклы, корзинок подсолнечника.

Пектиновые вещества способны образовывать гели в присутствии кислоты и сахара при соблюдении определенного соотношения. На этом основано их использование в качестве студнеобразующего вещества в кондитерской и консервной промышленности для производства мармелада, пастилы, желе и джемов, а также в хлебопечении, сыроделии.

При созревании и хранении плодов нерастворимые формы пектина переходят в растворимые. Переход нерастворимых форм в растворимые происходит при тепловой обработке растительного сырья, осветлении плодово-ягодных соков.

Протопектин гидролизуется до пектиновых кислот, пектин и пектиновые кислоты до галактуроновой кислоты, L-арабинозы и D-га-лактозы.

При кислотном гидролизе гемицеллюлозы образуются манноза, галактоза, арабиноза, ксилоза, а также полиурониды.

Клетчатка (целлюлоза) представляет собой неразветвленную цепь, образовавшуюся из многих молекул глюкозы, соединенных α-$1 \rightarrow 4$-связью. Клетчатка составляет главную массу клеточных стенок растений, не растворяется ни в одном из растворителей, за исключением аммиачного раствора окиси меди (реактив Швейцера), не подвергается гидролизу при переработке плодов и овощей.

Распад пектиновых веществ в плодах и овощах протекает под действием пектолитических ферментов: протопектиназы, расщепляющей протопектин до пектина; пектинметилэстеразы, полиметилгалактуроназы и пектинлиазы, расщепляющим пектин до пектиновых кислот; полигалактуроназы и пектатлиазы, разрушающим пектиновые кислоты. Вследствие превращений и распада пектиновых веществ изменяются консистенция и влагоудерживающая способность тканей, вязкость протоплазмы, снижается механическая устойчивость плодов и овощей, повышается интенсивность испарения влаги.

На интенсивность гидролитических процессов углеводов влияют вид, сорт, физиологическое состояние, температура, газовый состав среды. Эти процессы замедляются при переходе овощей в состояние покоя и увеличиваются при выходе из него, при перезревании плодов.

В процессе тепловой обработки овощей и плодов в зависимос- ти от pH среды полисахариды – пектиновые вещества и гемицеллюло- за – подвергаются деструкции, в результате которой образуются продукты, обладающие различной растворимостью.

Меланоидинообразование. Под меланоидинообразованием (МО) понимают взаимодействие восстанавливающих сахаров (моносахариды и дисахариды), как содержащихся в продукте, так и образующихся при гидролизе более сложных углеводов с аминокислотами, пептидами и белками.

При этом образуются темноокрашенные продукты – меланоидины (от греческого "меланос" – темный). Это реакция Майяра, по имени ученого, который в 1912 г. впервые описал данный процесс.

МО – окислительно-восстановительный процесс, который представляет собой совокупность последовательно и параллельно идущих реакций. Скорость и глубина этого процесса зависят от состава взаимодействующих продуктов, соотношения отдельных компонентов, pH среды, температуры и влажности.

Активность аминокислот и сахаров в реакции Майяра снижается в следующей последовательности:

а м и н о к и с л о т ы:

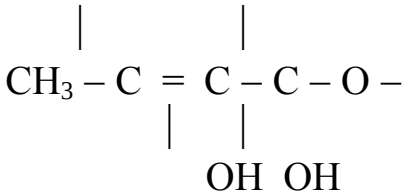
лизин > глицин > метионин > аланин > валин > глутамин > > фенилаланин > цистин > тирозин;

с а х а р а:

ксилоза > арабиноза > глюкоза > лактоза > мальтоза > фруктоза.

Наиболее интенсивно МО протекает в нейтральной и щелочной среде, а также в концентрированных растворах. Замедляется эта реакция в присутствии H_2SO_3, H_2O_2, $NaHSO_4$ и др. Образующиеся при МО карбонильные соединения (фурфурол, оксиметилфурфурол, ацетальдегид, изовалериановый альдегид, диацетил и др.) принимают участие в формировании аромата, цвета и вкуса готового продукта.

Общей для структурных соединений, образующихся в результате реакции Майяра, является группа



Соединения, содержащие эту группу, обнаружены в обжаренных пищевых продуктах (хлеб, кофе, какао, солод), в которых под воздействием высоких температур происходит неферментативное потемнение.

Продуктами потемнения являются пиразаны, содержащиеся в миллионных долях в продуктах, которые подвергались обжариванию.

Продукты реакции меланоидинообразования оказывают различное влияние на органолептические свойства готовых изделий: заметно улучшают внешний вид жареного или тушеного мяса, котлет, но ухудшают вкус,

цвет и запах мясных экстрактов, бульонных кубиков и других концентратов.

Реакция МО часто протекает при выпечке хлеба, сушке фруктов и овощей, получении сухого молока, упаривании сахарного сиропа, при производстве солода. Образование вкусной, хрустящей, золотисто-коричневой корочки хлеба, его вкус и аромат во многом связаны с МО.

При получении вина, изготовлении коньяка и шампанского образуются продукты МО, которые влияют на цвет, вкус и аромат. При очень длительной выдержке вина идут глубокие изменения продуктов, участвующих в реакции МО, что приводит к изменению первоначальных свойств вина.

Потемнение фруктовых соков при хранении, изменение внешнего вида, вкуса и запаха готовых мясных продуктов также связано с реакцией МО.

При МО снижается пищевая ценность получаемых продуктов в результате связывания белков, витаминов, аминокислот в комплексные соединения.

При невысоких температурах реакции протекают медленно, при 100°С и выше – ускоряются. Чтобы задержать нежелательные изменения, используют соединения, легко связывающиеся с карбонильными соединениями, например, перекись водорода, сернистую кислоту. Чем выше интенсивность образования коричневой окраски, тем ниже пищевая ценность белковых продуктов. При этом теряется 20–50% свободных аминокислот; с увеличением температуры и продолжительности нагревания эти потери возрастают. Потери аминокислот и сахаров наиболее значительны при обжаривании мяса.

Таким образом, МО, с одной стороны, снижает пищевую ценность готового продукта вследствие потери ценных питательных веществ, с другой – улучшает органолептические показатели готовых изделий.

Карамелизация. В пищевой промышленности особое значение имеет карамелизация сахарозы, глюкозы и фруктозы. Нагревание моно- и дисахаров при температуре 100°С и выше приводит к изменению их химического состава, цвета, увеличению содержания редуцированных веществ. Глубина этих процессов зависит от состава сахаров, их концентрации, pH среды, температуры и продолжительности нагрева, присутствия примесей. Особенно чувствительна к нагреванию фруктоза, карамелизация ее протекает в 6–7 раз быстрее, чем глюкозы. Сахароза при нагревании в ходе технологического процесса в слабокислой или нейтральной среде подвергается частичной инверсии с образованием глюкозы и фруктозы. Эти моносахариды подвергаются даль-нейшим превращениям. Например, от молекулы глюкозы могут отщепиться молекулы воды (дегидратация), а образовавшиеся

продукты соединяются друг с другом или с молекулой сахарозы. При отнятии двух молекул воды от сахарозы образуется карамелан $C_{12}H_{18}O_9$ – растворимое в воде соединение желтого цвета, при отщеплении трех моле- кул – карамелен $C_{36}H_{50}O_{25}$, имеющий ярко-коричневый цвет, затем при дальнейшей дегидратации – карамелин – труднорастворимое в воде соединение. При последующей дегидратации образуется оксиметилфурфурол, при превращениях которого разрушается углеродный скелет и накапливаются продукты деструкции – муравьиная и левулиновая кислоты (рис. 2).

Степень полимеризации образовавшихся продуктов может быть различной. Если концентрация углеводов невелика (10–30%), то легче протекает образование оксиметилфурфурола, при повышенных концентрациях (70–80%) активнее идут процессы конденсации.

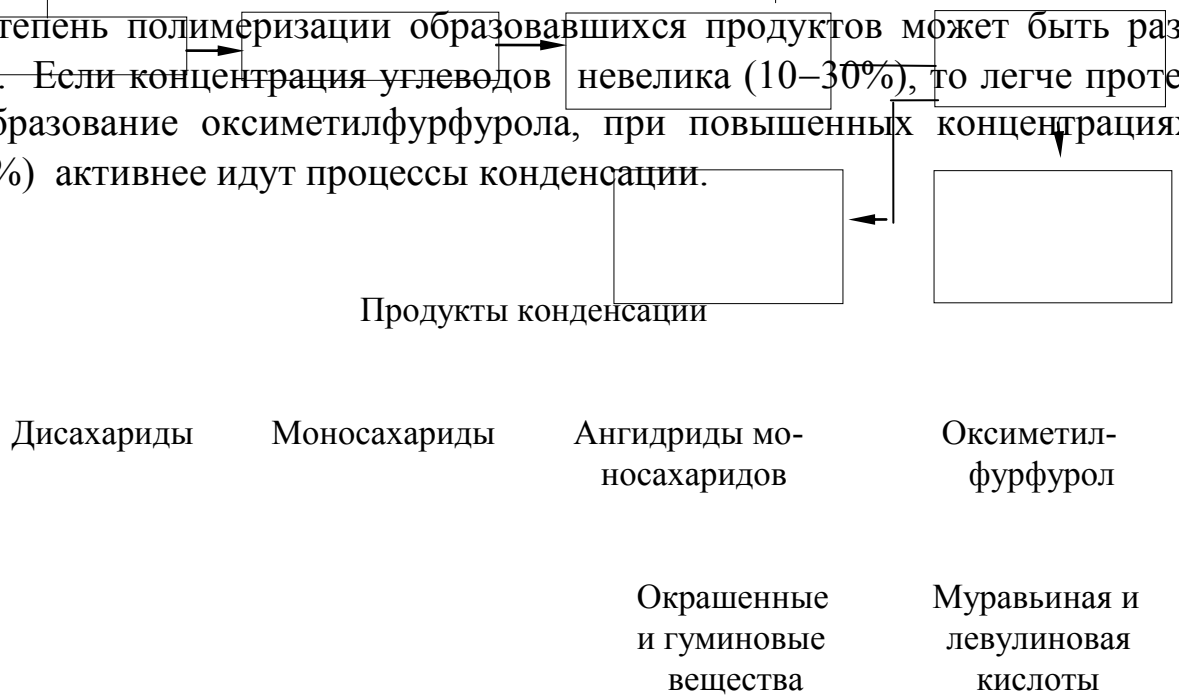


Рис. 2. Схема превращения сахаров при нагревании

При изготовлении кондитерских изделий, например карамели, температурным воздействиям подвергаются высококонцентрированные растворы сахаров (до 80%), поэтому основными продуктами карамелизации являются ангидриды и продукты их конденсации.

3.4. Витамины

Витамины представляют собой низкомолекулярные органические вещества, обладающие разнообразным строением и физико-химиче-скими свойствами, особенно необходимые для нормальной жизнедеятельности любого организма и выполняющие в нем непосредственно или в составе более сложных соединений каталитические и регуляторные функции.

Витамины объединены в отдельную группу природных органических соединений по признаку их абсолютной необходимости для гетеротрофного

организма в качестве дополнительной к белкам, жирам, углеводам и минеральным веществам составной части пищи.

В количественном отношении потребность в витаминах ничтожна: человек в среднем должен потреблять ежедневно около 600 г (в пересчете на сухое вещество) основных пищевых веществ и только 0,1–0,2 г дополнительных факторов питания – витаминов [21, 22].

Открытие витаминов было связано с изучением роли пищевых веществ в жизнедеятельности организма. В 1880 г. русский ученый Н. И. Лунин впервые доказал, что помимо известных составных частей пищи – белков, жиров, углеводов, воды и минеральных веществ – необходимы какие-то дополнительные факторы, без которых организм не может нормально существовать. По предложению польского исследователя К. Функа, проводившего опыты по выделению из рисовых отрубей активного начала (1911–1912 гг.), эти дополнительные факторы пищи были названы витаминами, поскольку выделенное из рисовых отрубей вещество содержало аминогруппу.

Вначале предполагалось, что обязательным компонентом витаминов является аминогруппа, поэтому их назвали от лат. vita – жизнь и плюс амины). Впоследствии выяснилось, что многие витамины не содержат азота.

Существует условное деление витаминных веществ на собственно витамины и витаминоподобные соединения. Последние похожи по аналогичным свойствам на витамины, но требуются обычно в большом количестве.

Источником витаминов у человека служат пища и кишечные бактерии. Последние сами синтезируют многие витамины и являются важным источником их поступления в организм.

В отличие от других пищевых веществ витамины участвуют в образовании коферментов, без которых невозможна нормальная функция соответствующих ферментов, или служат регуляторами биохимических процессов.

Общепринятой классификации витаминов пока не существует. Витамины, провитамины и витаминоподобные вещества условно делятся на водо- и жирорастворимые. Все эти соединения имеют буквенное обозначение, химическое и физиологическое название.

Отдельные витамины представляют собой группу близких по химической структуре соединений. Эти варианты одного и того же витамина называются виталиерами. Они обладают сходным специфическим, но отличающимся по силе аналогичным эффектом на организм.

Ниже (табл. 3) приведена классификация витаминов и их производных [22].

Наряду с витаминами и витаминоподобными веществами в живой клетке могут присутствовать антивитамины – соединения, которые полно-

стью или частично исключают участие витаминов в биохимических реакциях. Антивитаминное действие этих соединений проявляется в том, что они разрушают витамины, или инактивируют их действие, или препятствуют их синтезу.

Важное значение витаминов объясняется прежде всего тем, что многие из них в соединении с белками образуют ферменты. Так, большинство витаминов группы В выполняет роль коферментов в биохимических реакциях.

Таблица 3

Классификация витаминов и их производных

Буквенное обозначение	Химическое название	Химические формы			Физиологическое название
		Биологически неактивные	Биологически активные		
			Производные	Коферменты	

Жирорастворимые витамины

A	Ретинол	Ретинола-цетат, рети-нолпаль-митат	Ретинол, ретиналь, ретиноевая кислота		Антиксеро-фтальмиче-ский
D	Кальци-феролы	Эргокаль-циферол (D_2), холекаль-циферол (D_3)	1,2,5-диги-дрокаль-цифирол		Антирахи-тический
E	Токофе-ролы		α,β,γ,δ-то-коферолы, токотрие-нолы и их эфиры		Антисте-рильный
K	Нафтохи-ноны		Филохинон (К 1), менахинон (К 2)		Антигемор-рогический

Продолжение табл. 3

Буквенное обозна-чение	Химическое название	Химические формы			Физиоло-гическое название
		Биологи-чески не-активные	Биологически активные		
			Производ-ные	Коферменты	
Витаминоподобные жирорастворимые вещества					
F	Эссенци-альные жирные ки-слоты		Олеиновая, линолевая, линолено-вая, арахи-доновая		
F	Убихинон (кофер-мент Q)			Убихинон (KoQ), убихинол ($KoQ.H_2$)	

Водорастворимые витамины

B_1	Тиамин	Тиамин		Тиаминодифосфат, тиаминотрифосфат	Антиневритный
B_2	Рибо- флавин	Рибофлавин		ФМН, ФМН.H_2 ФАД, ФАД.H_2	Витамин роста
B_3	Пантотеновая кислота	Пантотенат		Пантетеин-4-фосфат, КоА, дефосфо-КоА	
B_5 (PP)	Ниацин	Никотин-амид, никотиновая кислота		НАД НАД.H_2, НАД.Ф НАД.Ф H_2	Антипеллагрический
B_6	Пиридоксин	Пиридоксин, пириоксамин, пиридоксаль		ПАП.Ф, ПАМ.Ф	Антидерматитный
B_9 (B_c)	Фолацин (фолиевая кислота)	Фолацин		Тетрагидрофолиевая кислота и ее производные с одноуглеродными радикалами	Фактор роста

Продолжение табл. 3

Буквенное обозначение	Химическое название	Химические формы			Физиологическое название
		Биологически неактивные	Биологически активные		
			Производные	Коферменты	
B_{12}	Цианкобаламин	Цианкобаламин, оксикобаламин, нинтриткобаламин		Метилкобаламин, дезоксиаденозилкабаламин	Антианемический
H	Биотин	Биотин		Карбоксибиотин	Антисеборейный
C	Аскорби- новая	Дегидроаскорбиновая	Аскорбиновая		Антицинготный

	кислота	кислота	кислота		
	Витаминоподобные водорастворимые вещества				
	Холин	Холин	Фосфохо-лин		
P	Биофла-вононол		Флавоны: ру-тин, кверцетин, флавононы, гесперидин, комплекс катехинов		Капилля- ро-укреп- ляю-щий
B_8	Инозит		Инозит, мезоинозит, мионозит, дифосфо-инозит, норцефалин		
N	Липоевая кислота	Липоевая ки-слота		Липамид, окисленная и восстанов-ленная фор-мы	
	Карнитин	Карнитин, ацилкар-нитин			
B_{13}	Оротовая кислота	Оротовая ки-слота	Оротин-5-фосфат		Фактор роста
B_{15}	Пангамо-вая кислота	Пангамовая кислота			Антионок-сический

Окончание табл. 3

Буквенное обозна-чение	Химическое название	Химические формы			Физиологи-ческое название
		Биологи-чески не-активные	Биологически активные		
			Производ-ные	Коферменты	
U	S-метил-метионин		S-метил-метионин, метилме-тионин-сульфонит		Антиязвен-ный
	Парааминo-бензойная	Парааминo-бензойная	Фолиевая кислота		Витамин для микро-

кислота (ПАБК)	кислота			организмов

Отсутствие, недостаточное (гиповитаминоз) или избыточное (гипервитаминоз) содержание в организме витаминов может приостановить или задержать образование важнейших ферментов и, следовательно, нарушить нормальный процесс обмена веществ.

Причины витаминной недостаточности организма многообразны, но можно выделить две главные группы факторов:

– алиментарные (пищевые), приводящие к возникновению первичных гиповитаминозов;

– заболевания, ведущие к развитию вторичных гиповитаминозов.

Это деление условно, так как нередки сочетания указанных факторов (смешанные формы гиповитаминозов).

К основным причинам алиментарной витаминной недостаточности относятся:

1. Неправильное по продуктовому набору питание. Недостаток в рационе овощей, фруктов и ягод, ведет к дефициту в организме витаминов С и Р. При употреблении рафинированных продуктов (сахар, изделия из муки высших сортов, очищенный рис и др.) поступает мало витаминов группы В. При длительном питании только растительной пищей в организме появляется недостаток витамина B_{12}.

2. Сезонные колебания содержания витаминов в пищевых продуктах.

3. Неправильное хранение и кулинарная обработка продуктов ведут к значительным потерям витаминов, особенно С, А, B_1, каротина, фолиевой кислоты.

4. Нарушение сбалансированности между пищевыми веществами в рационе. Даже при достаточном потреблении витаминов, но дефиците белков может возникнуть недостаточность в организме многих витаминов. Это обусловлено нарушением транспорта, образования активных форм и накопления в тканях витаминов. При избытке в питании углеводов, особенно за счет сахара и кондитерских изделий, может развиться B_1-гиповитаминоз. Длительный дефицит или избыток в питании одних витаминов нарушает обмен других.

5. Повышенная потребность организма в витаминах, вызванная особенностями труда, быта, климата и т.п. Так, в условиях холодного климата, при воздействии химических или физических профессиональных или умственных нагрузок на 30–50% увеличивается потребность в витаминах.

При составлении рационов питания необходимо иметь в виду, что в плодах, овощах и ягодах содержатся аскорбиновая и фолиевая кислоты, β-каротин и витамин Р. Витамины группы В имеются в различных крупах, бобовых культурах, хлебе из муки низших сортов, яйцах, мясе и рыбе. Витамин B_{12} содержится в основном в печени животных и рыб, мясе и рыбе, в яйцах и молочных продуктах. Источником витамина А являются печень и жир животных, икра рыб, яйца и молочные продукты. Витамин Е имеется в растительных маслах и соответственно в исходных продуктах для их изготовления (семена подсолнечника, кукурузы, сои и т.д.), в орехах, зерновых и бобовых культурах, молочных продуктах, печени и почках животных, яйцах. Минимальный витаминный набор должен быть представлен витаминами А, Е, С и Р, группы В (B_1, B_2, B_6, PP, фолиевая кислота и B_{12}), для детей – дополнительно еще витамином D. Витамины активируют и нормализуют обменные процессы, положительно влияют на общую активность и сопротивляемость организма и состояние отдельных органов и систем.

Более подробно ознакомиться с содержанием витаминов в различных пищевых продуктах и с их ролью в обменных процессах можно по учебникам, справочникам и научной литературе [10, 11, 13, 21, 22, 23].

3.5. Фенольные соединения

К фенольным соединениям ФС относится обширный класс циклических веществ, являющихся производными ароматического спирта – фенола (C_6H_5OH). В молекуле фенольных соединений имеется ароматическое кольцо, содержащее одну или несколько гидроксильных групп. Фенольные соединения находятся в растениях, плодах и овощах преимущественно в виде гликозидов и реже в свободном виде [24].

Биосинтез фенольных соединений в растительной клетке происходит в протоплазме, в частности, в хлоропластах. Однако основная масса водорастворимых фенолов сосредоточена в вакуолях, ограниченных от цитоплазмы белково-липидной мембраной – тонопластом, который регулирует участие веществ, содержащихся в вакуолях, в метаболизме клетки. В животном организме фенольные соединения не синтезируются, а поступают с растительной пищей и участвуют в обменных процессах.

К гликозидам относятся разнообразные вещества, у которых какой-либо сахар (чаще – глюкоза, реже – другие моносахариды) соединен за счет гликозидного гидроксила с другими веществами, не являющимися сахарами (спиртами, альдегидами, фенолами, алкалоидами, стероидами и др.). Вторая часть молекулы гликозидов называется агликоном (не сахар).

От содержания и превращений фенольных соединений зависят цвет и аромат плодов, качество чая, кофе, вина. Многие фенолы обладают свойствами витамина Р и являются антиоксидантами.

Все фенольные соединения являются активными метаболитами клеточного обмена и играют важную роль в различных физиологических функциях растений, плодов, картофеля и овощей – дыхании, росте, устойчивости к инфекционным заболеваниям.

О важной биологической роли фенольных соединений свидетельствует их распределение в растительной ткани. Разные органы и ткани растений, плодов и овощей различаются не только количественным содержанием фенолов, но и качественным их составом.

В настоящее время известно более 2000 фенольных соединений, существенно различающихся по своим свойствам. В связи с этим важное значение имеет классификация фенольных соединений, представленная на рис. 3 .

Фенольные соединения условно разделяются на три основные группы [24]:

1. Мономерные.
2. Димерные.
3. Полимерные.

Мономерные фенольные соединения содержат одно ароматическое кольцо и делятся на три подгруппы:

– соединения C_6-ряда, состоящие из ароматического кольца без углеродных боковых цепей; к ним относятся гидрохинон, пирокатехин и его производные, гваякол, флороглюцин, пирогаллол. Все они содержатся в растениях главным образом в связанном виде;

– соединения с основной структурой C_6–C_1-ряда включают в себя группу фенолкарбоновых кислот и их производных – протокатеховую, ванилиновую, галловую, салициловую, оксибензойную и другие

кислоты; эти соединения встречаются в плодах и овощах в свободном виде;

– соединения с основной структурой C_6–C_3-ряда, состоящие из ароматического кольца и трехуглеродной боковой цепи, делятся на коричные кислоты, кумарины и производные последних: изокумарины, фурокумарины.

Кумарины рассматриваются как лактоны оксикоричных кислот. Наиболее распространенными коричными кислотами являются п-ку-маровая, кофейная, феруловая и синаповая.

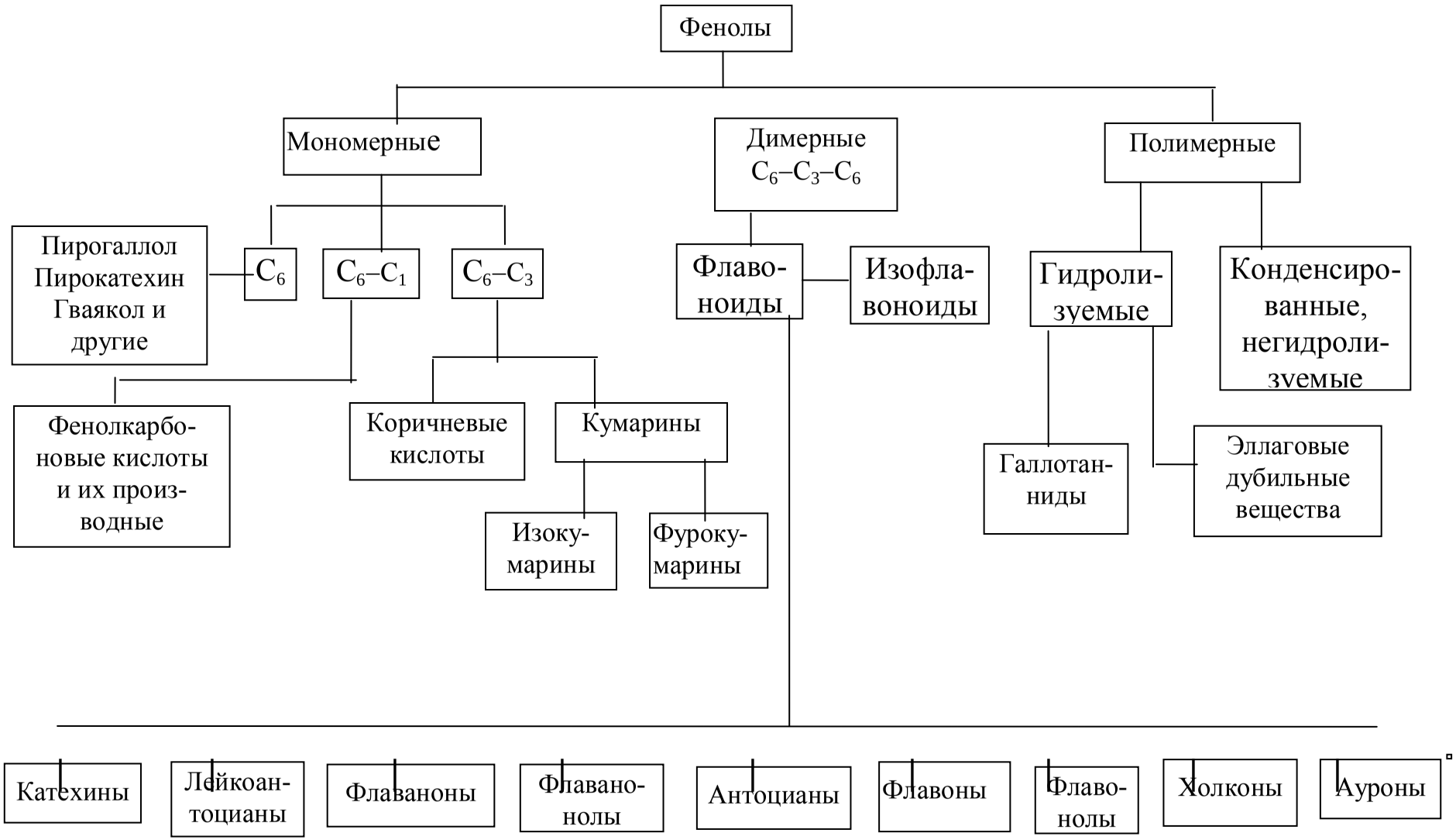


Рис. 3. Классификация фенольных соединений

Фенолкарбоновые кислоты, обладая фенольными и кислотными группами, могут реагировать друг с другом с образованием соединений типа сложных эфиров, называемых депсидами. Если в реакции участвуют две фенолкарбоновые кислоты, то образуется дидепсид, если три – тридепсид и т.п. Соединения C_6–C_3-ряда участвуют в формировании аромата и вкуса плодов и овощей.

Димерные фенольные соединения имеют основную структуру с двумя ароматическими кольцами C_6–C_3–C_6 и делятся на флавоноиды и изофлавоноиды (ротеноиды). Эти соединения наиболее широко распространены в природе, и многие из них принимают участие в формировании аромата и цвета растительных продуктов.

В зависимости от структуры связующего трехуглеродного фрагмента в молекуле и степени окисленности флавоноиды подразделяются на катехины, лейкоантоцианы, флаваноны, флаванонолы, антоцианы, флавоны, флавонолы и другие (см. рис. 3). Наиболее восстановленные соединения – катехины, наиболее окисленные – флавонолы.

Катехины – бесцветные соединения, легко окисляются, в результате чего приобретают разную окраску. Например, различный цвет чая (черный, красновато-коричневый, желтый) обусловлен степенью окисления катехинов, содержащихся в чайном листе. Существует несколько форм катехинов: катехин, галлокатехин, галлокатехингаллат и другие. Каждый катехин может существовать в виде четырех оптических изомеров, различающихся по направлению и величине угла вращения: (+)-катехин, (–)-катехин; (+)-эпикатехин, (–)-эпикатехин. Кроме того, для каждого катехина известны два рацемата – смесь, лишенная оптической активности: (+)-катехин и (+)-эпикатехин. Все они отличаются по физическим свойствам и биологическому действию. Например, высокой Р-витаминной активностью обладает (–)-эпикатехин.

В плодах и овощах катехины могут присутствовать в свободном и связанном состоянии (в составе полимерных форм). Много катехинов содержится в винограде, айве, черной смородине, яблоках, черноплодной рябине, косточковых плодах и ягодах.

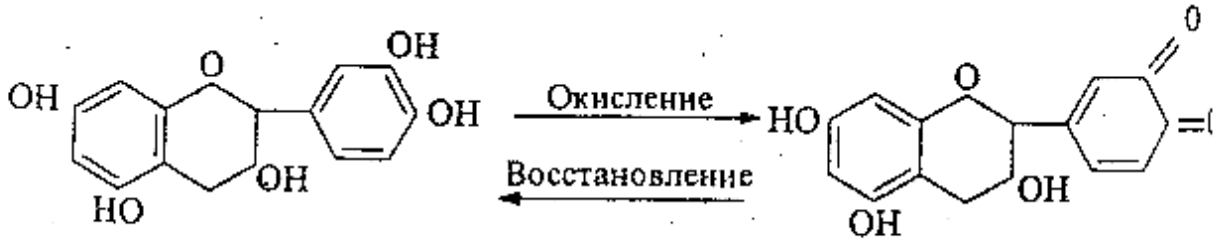
Катехины хорошо растворимы в воде, имеют слабый вяжущий вкус, легко окисляются на свету, при нагревании, особенно в щелочной среде под действием окислительных ферментов (фенолоксидазы и пероксидазы). Продукты окисления – хиноны – и полимеризации катехинов – флобафены – придают плодам и овощам при термической и механической обработке темную окраску.

Окисление фенольных соединений может быть обратимым и необратимым. Этот процесс происходит и в здоровых, неповрежденных растительных клетках, но ткань их при этом не темнеет. Это обусловлено тем, что через тонопласт в цитоплазму поступает строго ограниченное количество фенолов, рассчитанное на тот ферментативный аппарат, который имеется в цитоплазме.

При окислении в здоровой клетке часть фенолов окисляется до карбоновых кислот и в качестве конечных продуктов окисления образуются CO_2 и H_2O.

Часть же промежуточных продуктов окисления фенолов с помощью ферментов фенолоксидазы и пероксидазы, а также восстановителей, вновь восстанавливается до исходных соединений.

В поврежденных клетках в контакте с о-фенолоксидазой оказывается сразу большое количество фенолов и поэтому восстановления не происходит, а образующиеся хиноны необратимо конденсируются как между собой, так и с аминокислотами с образованием коричневых и красных аморфных веществ – флобафенов.



Катехин Хинон

Например, причиной потемнения очищенных и нарезанных клубней картофеля является окисление аминокислоты фенольного ха-рактера – тирозина (α-оксифенилаланин). Тирозин окисляется до диоксифенилаланина, который превращается в хинон, образующий красные гетероциклические соединения. Хиноны полимеризуются и превращаются в продукты темного цвета – меланины.

Образование темноокрашенных веществ при хранении очищенного картофеля может происходить в результате окисления другого вещества фенольной природы – хлорогеновой кислоты. Потемнение внутренней сердцевины картофеля связано с окислением хлорогеновой кислоты, а внешней сердцевины – с окислением тирозина.

Предотвратить окисление фенолов очень важно при производстве крахмала, так как образующийся при измельчении картофеля клеточный

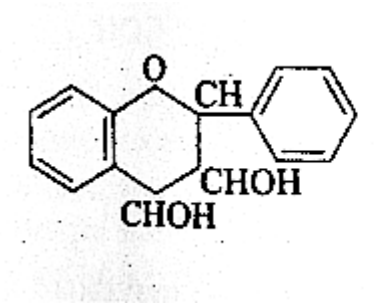
сок содержит наряду с другими веществами тирозин. Последний легко окисляется, что вызывает потемнение крахмала, ухудшение его качества. Быстрое отделение клеточного сока от крахмала на центрифуге позволяет получить крахмал высокого качества.

Для предотвращения потемнения плодов и овощей при чистке, резке и дроблении применяют различные вещества (диоксид серы, аскорбиновую, лимонную кислоты и др.), а также тепловую обработку для инактивации фенолоксидаз, пероксидаз и каталазы.

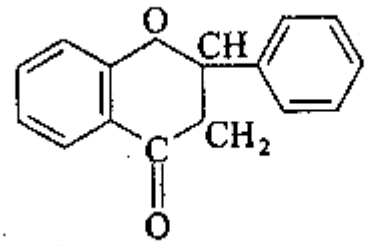
На предприятиях общественного питания применяется сульфитация очищенного картофеля, заключающаяся в обработке клубней слабым раствором диоксида серы (0,1–0,2%).

Лейкоантоцианы, флаваноны и флаванонолы – это бесцветные фенольные соединения. Лейкоантоцианы изменяют окраску в зависимости от температуры. Так, при 135°С они имеют желтый цвет, при 165°С – винно-красный, выше 225°С – сине-серый, при 260°С – черный. При нагревании они превращаются в лейкоантоцианидины. Лейкоан-тоцианы в значительном количестве содержатся в плодах и овощах, придавая некоторым из них терпкий вкус.

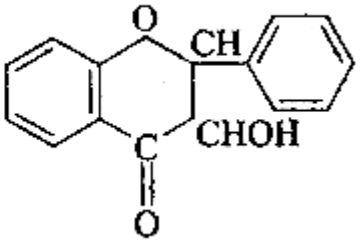
Флаваноны и флаванонолы в свободном виде встречаются редко, чаще в форме гликозидов. Богаты ими цитрусовые плоды, в которых содержатся нарингенин, гесперидин и эридиктол.



Лейкоантоцианы



Флаваноны



Флаванонолы

Флавоновые пигменты – это окрашенные фенольные соединения: антоцианы, флавоны и флавонолы. Эти фенольные гликозиды хорошо растворимы в воде, обладают бактерицидными свойствами. Они содержатся во многих плодах и овощах, отличаются повышенной окислительной способностью. Антоцианы имеют фиолетовый цвет, флавоны и флавонолы – желтый.

Антоцианы. Они представляют собой гликозиды, в которых остатки сахаров (глюкозы, галактозы и рамнозы) связаны с окрашенными агликонами, принадлежащими к группе антоцианидинов. Раз- личают шесть анто-

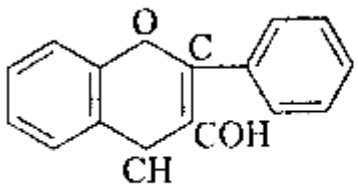
цианидинов, составляющих агликоны антоцианов – пеларгонидин, цианидин, пеонидин, дельфинидин, петунидин, мальвидин. В зависимости от наличия этих соединений плоды имеют разную окраску.

Наиболее распространен цианидин, он обнаружен в яблоках, земляни-ке, сливах и в других плодах. В некоторых плодах антоцианы находятся только в кожице (виноград, слива), в других – в кожице и мякоти (малина, черника, смородина).

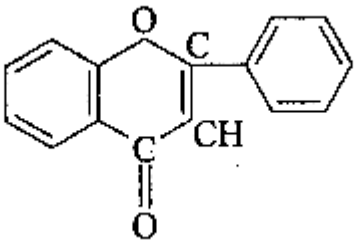
В зависимости от pH окраска антоцианов может меняться от кра-сной до синей и фиолетовой (в кислой среде – красные, в щелочной –синие). Антоцианы с ионами K, Na, Fe и других металлов дают соединения синего цвета.

Флавоны – это пигменты, имеющие желтую окраску; содержат-ся во многих плодах и овощах. Флавоны являются предшественниками антоцианов.

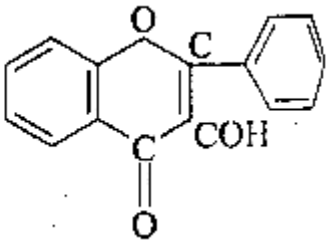
Флавонолы отличаются от флавонов наличием гидроксильной группы и обладают сильными бактерицидными свойствами. Чаще всего в плодах и овощах из флавонолов распространены кверцетин, кемферол, рутин и мирицетин. Кверцетин – самый распространенный флавонол придает золотистый цвет кожице лука, облепихе.



Антоцианы



Флавоны



Флавонолы

Полимерные фенольные соединения делятся на гидролизуемые и негидролизуемые конденсированные дубильные вещества.

Гидролизуемые вещества – танины – это сложные эфиры моносахаридов (глюкозы) и фенольных кислот (галловой, эллаговой, протокатеховой, кофейной, хлорогеновой).

Танины легко подвергаются гидролизу, распадаясь на более простые соединения. Танины взаимодействуют с солями тяжелых металлов, вызывая изменения цвета продуктов переработки плодов и овощей.

Гидролиз дубильных веществ приводит к ослаблению или исчезновению терпкого вкуса плодов и к накоплению сахаров, что улучшает вкус. Кроме того, продукты распада танинов – фенольные кислоты – усиливают защитные свойства плодов и овощей.

Гидролиз дубильных веществ наблюдается при дозревании плодов и овощей, нанесении механических повреждений и поражении микроорганизмами. Чаще всего при этом накапливается хлорогеновая кислота.

Негидролизуемые вещества состоят из остатков катехинов и лейкоантоцианов и образуются при окислительной конденсации этих мономеров. Конденсация флавоноидов происходит при нагревании с разбавленными кислотами. Конденсированные дубильные вещества с солями железа дают темно-зеленое окрашивание.

Конденсированные дубильные вещества содержат мало углеводов и образуют в присутствии минеральных кислот нерастворимые аморфные соединения – флобафены.

Существенным качественным и количественным изменениям подвергаются фенольные соединения в плодах и овощах в процессе созревания и хранения. Количество их уменьшается за счет гидролиза и использования на дыхание. В то же время при созревании плодов и овощей такие фенолы, как антоцианы, флавоны, флаваноны, флавонолы синтезируются и улучшают цвет продуктов. В процессе хранения плодов и овощей происходит взаимопревращение фенольных соединений. Так, при гидролизе танина образуются фенолокислоты, при конденсации катехинов – конденсированные дубильные вещества.

3.6. Минеральные вещества

В пищевом сырье и продуктах питания животного и растительного происхождения наряду с органическими веществами содержатся минеральные (неорганические) вещества, к которым относятся вода и минеральные элементы. Минеральные вещества не обладают энергетической ценностью, но имеют исключительно важное значение в обменных процессах организма человека и поэтому должны поступать с пищей в соответствии с физиологической потребностью в них.

3.6.1. Вода

Вода и продукты ее диссоциации – водородные и гидроксильные ионы – являются важными факторами, определяющими структуру и биологические свойства белков, нуклеиновых кислот, липидов, а также мембран и других клеточных органелл.

Вода отличается высокой реакционной способностью, обладает необычными свойствами и очень сильно отличается как в химическом, так и в физическом отношении от большинства других жидкостей.

Свойства воды, содержащейся в продуктах, отличаются от свойств обычной воды. Установлены различия в теплофизических свойствах, таких, как начальная температура кристаллизации, коэффициент термодинамической активности.

По сравнению с другими жидкостями вода имеет необычайно высокие температуры плавления и кипения, теплоту испарения, удельную теплоемкость, теплоту плавления, а также большое поверхностное натяжение. Эта особенность воды обусловлена тем, что силы притяжения между молекулами жидкой воды очень велики, и, следовательно, велико их внутреннее сцепление.

Такие свойства молекул воды, как полярность и способность к образованию водородных связей, делают воду великолепным растворителем полярных и нейтральных молекул. Вода диспергирует амфипатические вещества (полярные липиды, мыла) с образованием мицелл, в которых гидрофобные группы спрятаны внутрь и не контактируют с водой, а полярные группы располагаются на наружной поверхности мицелл.

Являясь основным (по массе) компонентом пищевого сырья и большинства продуктов питания вода влияет на их консистенцию и структуру; ее взаимодействие с химическими компонентами продуктов влияет на их устойчивость при хранении.

Массовая доля воды в пищевом сырье и продуктах питания колеблется в широких пределах (от 8 до 96%) в зависимости от вида сырья и продуктов, способов их обработки и технологии пищевых производств. Например, массовая доля воды в мясе, рыбе, мясо- и рыбопродуктах составляет 26–38%, в плодоовощной продукции 78–96%, в молоке 86–89%.

Организм человека на 2/3 состоит из воды, причем в разных частях и органах содержится неодинаковое ее количество. При введении в пищевой рацион необходимого количества жидкости обеспечивается надлежащий объем пищи, который создает чувство насыщения. Суточная потребность в воде в среднем составляет 35–40 мл на один килограмм массы тела или около 2,0–2,5 л. Значительная часть этой нормы (около одного литра) содержится в пищевых продуктах. Так называемая свободная жидкость, содержащаяся в первых блюдах и различных напитках, должна составлять около 1,2 л при общей массе дневного рациона около 3 кг. Количество воды, поступающее в организм с пищей и питьем, меняется в зависимости от климатических условий и интенсивности физической работы.

Функции воды в организме очень важны и многообразны: все реакции гидролиза пищевых веществ происходят при участии воды; вода растворяет органические и неорганические вещества, транспортирует их в орга-

низме; выводит отходы процессов обмена из клеток организма; является дисперсионной средой для крови, протоплазмы клеток и т.д.; служит смазочным материалом в суставах и в местах соприкосновения различных частей организма. Вот почему чрезвычайно важное значение имеет поступление в организм человека определенного количества воды с пищей и питьем.

При производстве продуктов питания необходимо учитывать, что пищевое сырье, продукты и пища представляют собой дисперсионную среду, а дисперсная фаза включает в себя органические и неорганические вещества с различной степенью дисперсности.

Воду в продуктах можно представить как непрерывную фазу, в которой другие составляющие (компоненты химического состава) могут быть распределены в виде истинных и коллоидных растворов, а также в виде эмульсий. Различные продукты неодинаково взаимодействуют с находящейся в них влагой.

Сахара, соли, кислоты, содержащиеся в растительных и животных тканях, образуют в основном истинные растворы. Равномерное распределение растворенных веществ, диффузия их через полупроницаемые мембраны происходит вследствие ионного или молекулярного диспергирования, оно не устраняет возможность локального образования насыщенных растворов.

Коллоидные растворы в продуктах образуются при растворении гидрофильных макромолекул, например, пектина и белков. Растворимость коллоидов, их водосвязывающая способность зависят от pH среды и являются минимальными в изоэлектрической точке.

При диспергировании в воде соединений низкой растворимости образуются эмульсии.

Для описания состояния воды в биологических объектах пользуются параметрами, характеризующими изменение свойств воды и других компонентов объекта под влиянием внешних факторов.

При исследовании свойств растворов, введены понятия свободной и связанной воды. Под свободной понимают такую воду, молекулы которой образуют структуру, близкую к стуктуре обычной воды. Свободная вода составляет около 95% от всей воды клетки; в ней растворены многочисленные пищевые вещества (сахара, органические кислоты, аминокислоты и др.); эта вода является более подвижной, чем связанная.

Связанная вода, на долю которой приходится 4–5% всей воды клетки, прочно соединена с коллоидами, образующими гетерогенную систему. Вода, связанная с частицами размером 10^{-1} –10^{-6} мм, образует вокруг них тонкую оболочку, которая прочно соединена с ними. Плотность связанной

воды выше, чем свободной; удельная теплоемкость ниже (часть связанной воды в некоторых случаях не замерзает и при минус 75°С).

В большинстве случаев связанная вода не является растворителем для кристаллоидов и трудно удаляется при замораживании и сушке. Содержание в продуктах связанной воды колеблется в довольно широких пределах. В мясе оно составляет 13–16%, в плодах и овощах 8–11%, в молоке 3,0–3,5%. Поэтому из плодов и молока вода удаляется сравнительно легко.

Большая прочность связей между молекулами в жидкой воде обусловлена электрической полярностью молекул воды, связанной со специфическим расположением электронов в атомах кислорода и водорода [25].

Уменьшение количества связанной воды может служить признаком изменения (старения) коллоидной системы, поэтому раздельное определение свободной и связанной воды представляет большой научный и практический интерес.

Известно, что вода связана с компонентами пищевых продуктов энергетически неоднородно. Формы связи воды необходимо учитывать при переработке и хранении пищевого сырья и производства продуктов питания.

В ряде работ предлагаются схемы, по которым классифицируются формы связи воды в различных материалах, в том числе и в пищевых продуктах [25].

Академик П. А. Ребиндер предложил следующую классификацию форм связи влаги на основе энергии связи:

– **механическая** – влага смачивания, содержащаяся в капиллярах и макрокапиллярах. Эта форма связи наименее прочная; влага легко удаляется путем механического воздействия, например, посредством центрифугирования или прессования;

– **физико-химическая** – адсорбционная, осмотическая и структурная влага, содержащаяся в клетках и микрокапиллярах. Для разрушения этой формы связи требуется значительно больше энергии. Для удаления такой влаги необходимо предварительно превратить воду в пар, затратив существенное количество теплоты;

– **химическая форма** связи наиболее прочная. Это ионнная связь и вода в кристаллогидратах. Такая связь может быть разрушена либо путем химического воздействия, либо путем нагрева до высоких температур, например посредством прокаливания, но не всегда. Химически связанная вода удерживается продуктом в точных количественных соотношениях и не удаляется при замораживании и сушке.

При взаимодействии молекул воды с молекулами компонентов пищевых продуктов, различают водородные, ионные, гидрофобные и другие

виды связи. Водородная связь характеризуется взаимодействием ионов водорода с молекулами воды в жидкой воде и во льду. Расположение электронов вокруг атома кислорода близко к тетраэдрическому, т.е. каждая молекула воды стремится связаться водородной связью с четырьмя соседними молекулами воды. Важная особенность водородных связей – их меньшая прочность по сравнению с ковалентными. Энергия водородных связей в жидкой воде составляет около 18,8 кДж.моль$^{-1}$, а энергия ковалентной связи (в молекуле воды, образованной за счет спаривания электронов) равна 461 кДж.моль$^{-1}$.

Другое важное свойство водородных связей – их строго определенное направление в пространстве, что связано с вполне конкретным направлением связывающих орбиталей атомов водорода и кислорода.

Скорость образования и разрыва водородных связей в водных системах значительно превосходит скорость образования и разрыва ковалентных связей. Именно поэтому водородные связи обладают существенным преимуществом по сравнению с ковалентными связями с позиции возможности реализации различного рода биомолекулярных процессов, протекающих при переработке и хранении пищевого сырья и продуктов питания.

Мерой прочности связи влаги в пищевых продуктах является активность воды, влияющая на ферментативные, химические и физические изменения в них.

Активность воды a_w представляет собой отношение равновесного давления водяных паров над продуктом к равновесному давлению паров чистой воды при одних и тех же температурах. Этот показатель служит количественной оценкой качественного изменения связи воды в продукте по отношению к чистой (дистиллированной) воде.

Для чистой воды $a_w = 1$; уменьшается при растворении в воде различных веществ. Устойчивость пищевых продуктов к микроорганизмам при их хранении зависит от активности воды окружающей среды и пищевого продукта. Микроорганизмы могут расти на продуктах, имеющих значение показателя a_w между 0,99 и 0,63. Для многих микроорганизмов эти величины определены, они постоянны для каждого вида и не зависят от природы растворенных веществ. По мере уменьшения a_w среды (начиная с оптимального значения) продолжительность лаг-фазы обычно увеличивается, а скорость роста и количество клеток микроорганизмов уменьшаются. В целом, бактерии развиваются в среде с более высокими значениями a_w (0,99–0,93), чем дрожжи и плесени. Оптимальные значения a_w для роста дрожжей также варьируют, но минимальные величины для этих организмов (0,91–0,88) ниже, чем для большинства бактерий.

3.6.2. Минеральные элементы

Минеральные элементы делятся на макро- и микроэлементы и входят в состав всех пищевых продуктов в небольшом количестве (0,5–0,7% съедобной части).

В органах человека можно обнаружить почти все химические элементы. К макроэлементам относятся углерод, кислород, водород, азот, кальций, фосфор, калий, сера, натрий, хлор, магний. Углерод, кислород, водород и азот являются макроэлементами-органогенами и входят в состав основных пищевых веществ (белков, жиров, углеводов). Вместе с водой они составляют около 96% массы тела человека; остальные из вышеперечисленных макроэлементов в среднем составляют 4%.

К микроэлементам относятся железо, цинк, медь, йод, фтор, кобальт, ванадий, молибден, олово, кремний и другие элементы, содержащиеся в количестве менее 0,01%.

Попадая в организм человека в большом количестве, некоторые минеральные элементы могут проявлять токсические свойства, поэтому содержание их в пищевых продуктах регламентируется медико-биологическими требованиями и санитарными нормами качества (см. разд. 5.2.2). Минеральный состав организма человека приведен в табл. 4 [2, 11, 23].

Минеральные элементы играют важную роль в различных обменных процессах растительной, животной клеток и тканей, а также организма человека. Они участвуют в построении костной ткани, выполняют пластическую, каталитические и другие регуляторные функции.

Макро- и микроэлементы являются составной частью многих ферментов и метаболитов; участвуют в различных процессах обмена между клетками и межклеточной жидкостью; регулируют водно-солевой и кислотно-щелочной обмен; используются при образовании буферных систем, среди которых важную роль играют бикарбонатная и фосфатная системы.

Многие минеральные элементы участвуют в поддержании осмотического давления и электролитического равновесия внутри и вне клетки.

Важное значение имеют минеральные элементы в образовании и формировании белков. Общеизвестна их роль в деятельности эндокринных желез (например, йода для щитовидной железы), и в различных ферментативных процессах.

Таблица 4

Минеральный состав организма человека

Минеральные элементы	Содержание, %	Количество (кг) в расчете на 70 кг массы

	Макроэлементы	
Кислород	65	45,5
Углерод	18	12,6
Водород	10	7,0
Азот	3	2,1
Кальций	2	1,4
Фосфор	1,1	0,77
Калий	0,35	0,245
Сера	0,25	0,175
Натрий	0,15	0,105
Хлор	0,15	0,105
	Микроэлементы	
Магний, железо, марганец, медь, цинк, кобальт, йод, стронций, молибден и др.	менее 0,01	менее 10 г в сумме

Минеральные вещества участвуют в нейтрализации кислот и предотвращают "закисление" организма , т.е. развитие так называемого ацидоза, нарушающего нормальное течение реакций обмена веществ и приводящего к развитию ряда патологических расстройств. Изучение роли минеральных веществ в организме как составной части пищи тесно связано с предупреждением ряда эндемических заболеваний – эндемического зоба, флюороза и других.

Недостаток того или иного минерального элемента приводит к очень серьезным нарушениям важнейших физиологических функций любого живого организма.

Не все микроэлементы, обнаруженные в тканях организма, относятся к жизненно необходимым. Последними являются: железо, цинк, медь, кобальт, магний, стронций, молибден, марганец. При недостатке в питании меди, цинка и йода в организме человека возникают патологические изменения.

Содержание минеральных элементов в пищевых продуктах существенно зависит от вида продукта (табл. 5), почвенно-климатических и агротехнических условий, способов переработки и технологий производства продуктов питания и многих других факторов [11, 23].

Таблица 5

Содержание минеральных элементов в основных продуктах

питания

Элемент	Продукты							Содержание элемента в суточной диете, мг или мкг
	Рыба	Мясо	Молоко	Хлебные изделия	Картофель	Овощи	Фрукты и ягоды	
Макроэлементы, мг/100 г								
Ca	40	10	120	30	10	35	29	1380
P	250	180	90	200	60	40	20	2335
Mg	30	25	13	80	23	20	15	540
Na	80	70	50	15 (мука) 400 (хлеб)	30	20	25	4000–6000 (с добавлением соли) 760 (без добавления соли)
K	300	350	150	200	570	200	250	5460
CL	160	60	110	25 615 (хлеб)	60	40	2	7000–10000 (с добавлением соли) 1500 (без добавления соли)
S	200	220	30	70	30	20	6	1140
Микроэлементы, мкг/100г								
Fe	1000	3000	70	4000	900	700	600	27000
Zn	1000	2500	400	1500	360	400	150	16200
I	50	10	4	5	10	10	5	210
F	500	40	18	40	17	20	10	860

Недостаточное поступление минеральных элементов в организм может быть связано с нарушением питания, а также с наличием в пище веществ, препятствующих утилизации минеральных составляющих пищи, в первую очередь кальция, железа, цинка и меди. К таким веществам относятся различные природные компоненты, образующие с этими элементами труднорастворимые комплексные соединения.

Например, фитин и клетчатка прочно связывают цинк, препятствуя его всасыванию в кишечнике. Фитин (гексафосфорный эфир инозита) содержится в значительном количестве в бобовых и некоторых овощах.

Щавелевая кислота с ионами Ca^{2+} образует нерастворимые в во-де соли. Продукты, богатые щавелевой кислотой, способны резко уменьшить усвояемость кальция в организме и вызвать тяжелые отравления. Наиболее богатыми источниками щавелевой кислоты (от 0,3 до 1%) являются щавель, ревень, красная свекла, чай, бобы, какао. В большинстве фруктов щавелевой кислоты содержится мало.

При переработке пищевого сырья и производстве продуктов питания происходит, как правило, уменьшение содержания минеральных веществ. Например, при очистке картофеля и овощей теряется от 10 до 30% минеральных веществ; при тепловой обработке растительных продуктов (варке, жарке, тушении) – от 5 до 30%. В мясных и рыбных продуктах теряется кальций и фосфор при отделении мякоти от кости. При тепловой обработке мяса потери минеральных веществ составляют 5–50%. Из костей в бульон при варке выделяется до 20% кальция. При использовании металлосодержащих оборудования и тары в продукте может увеличиться количество железа, свинца, кадмия, олова.

Более подробно значение отдельных минеральных элементов в питании человека изложено в источниках [2, 10, 13, 14].

4. ПИЩЕВЫЕ ДОБАВКИ

Пищевые добавки – это вещества, используемые для получения продуктов специализированного назначения (диетических, лечебных и др.), усовершенствования технологий, сохранения требуемых или придания новых свойств, повышения стабильности и улучшения органолептических показателей пищевых продуктов.

В пищевой промышленности применяются пищевые добавки природного происхождения и получаемые искусственным путем.

В соответствии с технологическим предназначением пищевые добавки делятся на следующие группы:

– группа А – пищевые добавки, обеспечивающие необходимый внешний вид и органолептические свойства продукта, включающие в себя: пищевые красители, улучшители консистенции, ароматизаторы, вкусовые вещества;

– группа Б – пищевые добавки, предотвращающие микробиальную (консерванты) или окислительную (антиоксиданты) порчу продуктов;

– группа В – пищевые добавки, необходимые в технологическом процессе производства пищевых продуктов; ускорители технологического процесса; фиксаторы миоглобина; технологические пищевые добавки: разрыхлители теста, желеобразователи, пенообразователи, отбеливатели и др.

– группа Г – улучшители качества пищевых продуктов.

В настоящее время выделяют 23 функциональных класса пищевых добавок в соответствии с их технологическими функциями [26].

Применение пищевых добавок допустимо только в том случае, если они при длительном использовании не угрожают здоровью человека. Пищевые добавки по остроте, частоте и тяжести возможных заболеваний относят к разряду веществ минимального риска. Решающую роль играет доза (количество вещества, поступающего в организм в сутки), длительность потребления, режим, пути его поступления в организм и т.п.

С целью гигиенической регламентациии экспериментально обосновывают предельно допустимые концентрации (ПДК), т.е. концентрации, которые не вызывают при ежедневном воздействии на организм в течение сколь угодно длительного времени отклонений в здоровье. При установлении величины ПДК учитывается очень большое число факторов. Исследования проводятся специальными организациями и регламентируются определенными правилами [8, 12, 26].

Все компоненты, в том числе пищевые добавки, применяемые в области Codex Alimentarius, имеют в международной цифровой системе INS свой номер, который делает идентификацию вещества точной и позволяет их выделить в продуктах питания. INS-номера применяются вместе с названием класса, к которому относится это вещество. Классы означают: антиокислители (Ан), регуляторы влажности (Вл), газ для упаковки продуктов (Га), диспергирующие, размельчающие вещества (Ди), желеобразующие (Же), загустители (За), консерванты (Ко), красители (Кр), средства для обработки муки (Му), подсластители (Сл), эмульгаторы (Эм) и др.

Система INS-номеров разработана на основе цифровой системы классификации пищевых добавок, принятой в странах Европы, для краткости называемой системой Е-нумерации. Идентичность пищевых добавок, требования к их чистоте, достоверность их проверки на безвредность, защищаются путем присвоения специального Е-номера и трехзначного числа. Например, пищевые красители: Е-100 – куркумины, Е-140 – хлорофилл, Е-132 – индигокармин; химические консерванты: Е-220 – диоксид серы, Е-234 – низин и др. [26].

4.1. Пищевые красители

Для придания пищевым продуктам и полуфабрикатам различной приятной окраски используются пищевые красители.

Пищевые красители делятся на три группы в зависимости от их происхождения:

– натуральные красители растительного и животного происхождения;

– синтетические органические красители;

– минеральные красители.

Ниже (табл. 6) приведены основные натуральные и синтетические красители, применяемые в странах Европы и России.

Натуральные красители. К ним относятся каротиноиды, флавоноиды, хлорофиллы, алканнин, сахарный коллер (карамель) и другие. Натуральные красители делятся на жиро- и водорастворимые.

Натуральные жирорастворимые красители растительного происхождения широко применяются при окрашивании масла, маргарина, различного рода жировых наполнителей, напитков и сыра. Наиболее распространенными красителями из этой группы являются каротиноиды – полиненасыщенные соединения желтого, красного и оранжевого цвета. Они устойчивы к изменению pH и к веществам, обладающим восстановительными свойствами, но легко окисляются. Для окраски пищевых продуктов применяются α, β, γ-каротины из моркови; сапеантин и сапсорубин – из сладкого перца; биксин и норбиксин – из семян орлеанского дерева. Наибольшее значение имеет безвредный β-каротин, заменивший во многих странах получаемые из смолы красители, предназначенные для окраски жиров от желтого до красного цвета. Он находит применение не только как краситель, но и как источник биологически активного провитамина А.

К натуральным безвредным жирорастворимым красителям относится алканнин – краситель из корня растения Alkanna tinctoria, представляющий собой производное 1,4-нафтохинона. Придает продуктам красно-бордовую окраску, отличается низкой стабильностью. Для окраски жиров этот краситель не нашел широкого применения, так как придает не свойственный им красноватый оттенок.

К натуральным водорастворимым красителям относятся некоторые фенольные соединения (антоцианы, флавоны, флавонолы, ксантоны), хлорофиллы, сахарный коллер и др.

Таблица 6

Основные натуральные и синтетические пищевые красители

Цвет	Органические красители			Минеральные красители
	Натуральные	Синтетические	Синтетические для специальных целей	
Желтый	Рибофлавины Куркумины	Тартазин Хинолиновый желтый		Окись и гидроокись железа
Оранжевый	Каротины Ликопины Аннатто	Желто-оранжевый S Оранжевый 66N		
Красный	Антоцианы Кармины Алканнин Красный свекольный	Азорубин Понсо 4R Пунцовый 4R Красный Очаровательный АС	Эритрозин I Фуксин	
Коричневый	Сахарный коллер			
Синий	Антоцианы	Индигокармин Синий патентованный V Синий блестящий FCF		Ультрамарин
Фиолетовый			Метилвиолет	
Зеленый	Хлорофилл	Медные комплексы хлорофилла	Блестящий зеленый	
Черный			Блестящий черный BN	Уголь активированный (меди-цинский)
Белый				Карбонат кальция Двуокись титана

А н т о ц и а н ы – голубые, красно-фиолетовые и красные красители, содержащиеся во фруктах, овощах, а также во многих цветах. По химическим свойствам эти красители относятся к группе флавоновых соединений. Антоцианы чувствительны к изменениям pH среды, воздействию температуры и света, особенно в присутствии ионов металлов. Поэтому они нахо-

дят ограниченное применение; чаще используются соки из интенсивно окрашенных плодов (черники, ежевики, вишни, аронии, ирги).

Ф л а в о н ы, ф л а в о н о л ы, к с а н т о н ы – желтые или оранжево-желтые красители, находящиеся в виде гликозидов в клеточном соке различных цветов, листьев и некоторых фруктов. Растворимы в воде; в качестве красящих веществ для пищевых продуктов используются мало. Широко применяется энокраситель, который получают из выжимок красных сортов винограда и ягод бузины в виде жидкости интенсивно красного цвета. В ее состав входит смесь соединений, в том числе антоцианов и катехинов. Окраска продуктов энокрасителем зависит от pH среды. В нейтральных и слабощелочных средах энокраситель придает продукту синий оттенок, в кислых – красный. Поэтому энокраситель в кондитерской промышленности используют совместно с органическими кислотами для создания необходимого pH Среды.

В последнее время в качестве желтых, розово-красных красителей начали использовать пигменты, содержащиеся в соке кизила, красной и черной смородины, клюквы, брусники, аронии, в состав которых входят антоцианы; пигменты чая, содержащие антоцианы и катехины; красный краситель бетаин, выделенный из свеклы.

Х л о р о ф и л л ы – красители зеленого цвета, очень неустойчивы, превращаются в феофитины грязно-желтого цвета, поэтому применение их ограничено. В качестве красителей чаще используются интенсивно-зеленые хлорофиллиновые и хлорофиллоподобные комплексы, содержащие вместо магния медь.

С а х а р н ы й к о л л е р (карамель) – темно-коричневый продукт термического разложения различных видов сахара. Темно-коричневая стекловидная масса имеет своеобразный вкус, растворяется в воде, образуя после фильтрации темно-коричневую приятно пахнущую и вкусную сиропообразную жидкость. Применяется для окраски пива, ликеров, водки, уксуса, всевозможных напитков, кондитерских изделий и сладостей, супов и соусов. Сахарный коллер не является универсальным красителем, так как имеет различную растворимость в воде и в спирте. Канцерогенное действие не установлено.

К а р м и н – натуральный краситель красного цвета, производное антрахинона, красящим веществом которого является карминовая кислота. Кармин получают из кошенили – насекомого, обитающего на кактусах в Африке и Южной Америке.

К у р к у м и н – желтый природный краситель, получаемый из многолетних травянистых растений семейства имбирных – Curcuma larga, культивируемых в Китае и на Зондских островах.

Ш а ф р а н получают из цветков ирисового растения Crocus sativatus L. Шафран представляет собой цветочное рыльце в виде желто-оранжевых нитей. Используют в кондитерской, хлебопекарной и ликероводочной промышленности как красящее вещество, придающее продуктам приятный желтый цвет. Шафран может быть использован также в качестве ароматизатора. Данные о токсичности шафрана отсутствуют.

К а р о о к с и н – краситель из крови убойных животных. Используется для подкрашивания колбасных изделий (1,5–2,0% к массе фарша).

В настоящее время нет возможности использовать только естественные красители с соответствующими свойствами, промышленность вынуждена применять искусственные органические красители.

Синтетические красители. Синтетические органические красители по сравнению с натуральными имеют некоторые преимущества:

– обладают более сильной окрашивающей способностью и дают блестящую поверхность;

– устойчивы к изменению pH среды, действию кислот, тепла и света, окислителей, влиянию ферментов и некоторых химических кон- сервантов;

– в присутствии металлов их цвет мало изменяется;

– легче поддаются дозировке, образуется равномерный и неизменный цветовой тон;

– в большинстве случаев значительно дешевле, чем натуральные красители.

Синтетические красители в зависимости от их химической структуры делятся на следующие группы:

– азо, диазо- и полиазокрасители;

– дифенилметановые, трифенилметановые, пиразолоновые;

– нитрокрасители;

– индигокрасители, ксантеновые, антрахиноновые, хинолиновые.

По растворимости делятся на водо-, жиро- и спирторастворимые. В зависимости от реакции они подразделяются на кислые, основные и нейтральные красители.

Красители, разрешенные для пищевых продуктов, относятся в большинстве случаев к кислотным красителям. Характерным для них является наличие одной или нескольких групп: HSO_3–, –OH, –COOH. Это водо-

растворимые красители. Особенно хорошо растворяются натриевые и калиевые соли. В спирте и жирах они, как правило, совсем не растворяются или растворяются в небольшой степени. К кислотным красителям относится большинство азокрасителей, некоторые дифенилметановые и трифенилметановые красители, нитрокрасители.

Основные красители характеризуются наличием одной или нескольких свободных или замещенных аминогрупп [$–NH_2$, $–NH–CH_3$, $–N(CH_3)_2$] и отсутствием кислотных групп. Эти красители плохо растворяются в воде, но хорошо – в спирте, жирах и органических растворителях. К ним относится большинство дифенилметановых и трифенилметановых красителей, а также некоторые азокрасители.

Нейтральные красители не имеют характерных функциональных групп. Большинство из них не растворяется в воде, но хорошо – в жирах и спирте. Их применяют для окрашивания жиров или водно-жировых эмульсий.

Для каждого красителя характерны два вида групп:

– хромоформные группы (азо-нитрогруппы);

– ауксохромные группы (гидрокси- сульфокарбокси- и аминогруппы).

Наличие групп характеризует устойчивость красителей к свету, теплу, кислотам, щелочам и другим веществам, что имеет важное технологическое и токсикологическое значение. Иногда применяются многокомпонентные красители, получаемые путем смешивания основных красителей.

К синтетическим пищевым красителям, а также к сырью, используемому для их производства, предъявляются определенные требования. Так, сырье и пищевые красители не должны содержать солей хромовой кислоты, ртути, селена, свободных ароматических аминов, высших ароматических углеводородов, а также существенного количества физиологически бесполезных и других вредных веществ. Красители могут содержать на один килограмм сухого вещества не более 5 мг мышьяка, 200 мг сурьмы, бария, свинца, хрома, кадмия, меди, галлия, цинка (все в пересчете на каждый элемент) и 200 мг цианистых соединений и нитритов (в пересчете на кислоту).

Концентрация синтетических красителей не должна превышать 0,01% (в пересчете на чистый краситель по отношению к массе пищевых продуктов).

При контакте красителей с металлами (Fe, Sn, Zn, Pb, Al) может произойти изменение цвета. Поэтому все металлические части ем- костей и

трубопроводов должны быть заменены инертным материалом (фарфором, стеклом, деревом, нержавеющей сталью).

Поступающие в продажу пищевые красители, как правило, разбавлены наполнителями. Растворители и наполнители также должны быть безвредны для здоровья человека. Чаще всего для этих целей применяют поваренную соль, глюкозу, сульфат натрия, сахарозу, соду, крахмал, глицерин, этиловый спирт, воду и пчелиный воск.

Минеральные красители. Неорганические соединения в качестве пищевых красителей применяются для поверхностной окраски драже и кондитерских изделий. Карбонат кальция, сульфат кальция и двуокись титана используются как белый пигмент, окись и гидроокись железа – как красный, желтый или черный пигменты, алюминий – как серебряный пигмент; могут использоваться также серебро и золото, которые в России запрещены. В применяемых концентрациях они безвредны в гигиеническом и токсикологическом отношении.

О т б е л и в а ю щ и е с р е д с т в а. Влияние на цвет пищевого продукта может оказывать не только добавление красителей. Существуют добавки, реагирующие с определенными составными частями пищевых продуктов и образующие с ними окрашенные соединения. Некоторые добавки, например отбеливатели, предотвращают разрушение натуральных красителей, а другие разрушают нежелательные красители, возникающие в пищевых продуктах под воздействием кислорода воздуха, температуры, света и т.п., или предотвращают их возникновение. Иногда эти добавки оказывают консервирующее действие.

Для стабилизации цвета и консервирующего эффекта применяются диоксид серы и его соединения: водные растворы сернистой кислоты и ее соли; бисульфит натрия, бисульфит кальция, пиросульфит натрия или калия, а также метабисульфит калия. Перечисленные соединения замедляют ферментативное потемнение свежих фруктов, овощей и картофеля, сухих белковосодержащих продуктов, возникающее в результате реакции Майяра.

Диоксид серы используется для отбеливания овощных консервов, рыбопродуктов, крабов, лесных орехов и грибов. Не установлено канцерогенное действие разрешенных в качестве добавок сернистых соединений, однако сернистая кислота необратимо разрушает тиамин (витамин B_1) и дисульфидные связи в белках. Поэтому установлены предельно допустимые концентрации для указанных соединений [26]. Обработка мясных продуктов SO_2 запрещена, так как таким образом можно придать свежий вид испорченным продуктам и узаконить их фальсификацию.

Н и т р а ты и н и т р и т ы. Нитрит и нитрат калия или натрия применяются как добавки при посоле мяса и мясных продуктов для сохранения красного цвета. При посоле красный мясной краситель –миоглобин, превращающийся при кипячении в серо-коричневый метмиоглобин, – реагирует с нитритами, образуя красный нитрозомиоглобин. Это соединение, придающее мясным изделиям типичный красный цвет соленого мяса, не изменяется при кипячении и более устойчиво, чем миоглобин, к воздействию кислорода воздуха. Однако нитрозомиоглобин может превращаться в нитрозомиохромоген, придающий соленым мясным изделиям коричневый или зеленоватый оттенок. Добавка нитратов приводит также к образованию нитрозомио-глобина, но предварительно нитраты должны быть восстановлены в нитриты под действием микроорганизмов, содержащих фермент нитрит-редуктазу. Чтобы создать необходимую для их жизнедеятельности благоприятную среду, в рассол добавляется нитрат сахарозы.

Наряду со стабилизацией окраски нитраты и нитриты совместно с поваренной солью оказывают консервирующее действие. Они применяются в виде посолочных смесей, состоящих из поваренной соли и небольшого количества нитратов и нитритов. Используются различные посолочные смеси: нитритная посолочная смесь содержит 0,5–0,6% нитрита натрия или калия; смесь, содержащая 0,5–0,6% нитрита и 0,9–1,0% нитрата натрия, и другие. Нитраты и нитриты рекомендуется применять как средство, предупреждающее развитие CL.botulinum.

Токсичность нитратов обусловлена главным образом превращением их в нитриты. Восстановление нитратов в нитриты в результате микробиологических процессов может происходить не только в пищевых продуктах, но и в пищеварительном тракте. Кроме того, нитраты могут восстанавливаться и чисто химическим путем (например, в результате их реакции с оловом консервной банки, в которой находится продукт).

Нитриты с вторичными аминами образуют канцерогенные вещества натрозамины, а также способствуют разрушению каротина.

Нитриты в количестве около 500 мг на один килограмм продукта могут вызвать у человека метгемоглобинемию. Поэтому экспертный комитет ФАО-ВОЗ по пищевым добавкам строго регламентирует применение нитратов и нитритов в качестве пищевых добавок.

Приемлемое суточное поступление (ПСП) в организм человека нитритов натрия или калия не должно превышать 0,2 мг, а нитратов натрия или калия – 5 и 10 мг на один килограмм массы тела.

Токсикологическая оценка. Большинство синтетических красителей токсично, поэтому установлены предельно допустимые концентрации их в

пищевых продуктах, обеспечивающие безвредность для здоровья человека. Проблема токсичности синтетических красителей заключается в их кумулятивном действии, а также во взаимодействии красителей и компонентов химического состава продукта. Образуются комплексы красителей с аминокислотами (цистеином и глютатионом), пептидами. Синтетические красители влияют на активность ферментов (пепсина, трипсина, липазы и др.). Наиболее токсичны кислотные красители, менее – основные, нитрокрасители снижают количество эритроцитов и гемоглобина в крови.

В каждой стране имеется соответствующая нормативная документация, в которой перечислены как красители, разрешенные для окраски пищевых продуктов, так и пищевые продукты, к которым разрешена добавка красителя.

Синтетические красители, предназначенные для особых целей, могут быть применены только для окрашивания поверхности определенных продуктов. Например, метилвиолет применяется, в основном, для клеймения мяса и мясных изделий, яиц, а также для поверхностной окраски засахаренных фруктов и корки сыров.

Основные продукты питания не подлежат окраске. Натуральными органическими красителями могут быть окрашены следующие продукты: маргарин и сливочное масло – каротином; маргарин, сыр и сырная корка – аннато; пиво, вино, шампанское и подобные напитки, коньяк, сироп и уксус – сахарным коллером.

Натуральными или синтетическими органическими красителями допускается окрашивать без указания на этикетке следующие пищевые продукты: рыбу ломтиками и кусочками для консервов в масле "под лососевые", сухие пудинги, супы и соусы, сладкие блюда, стерилизованные консервы из земляники, вишни и сливы, варенья и мармелады, некоторые газированные безалкогольные напитки и порошки для шипучих напитков, ликероводочные изделия, искусственный мед, конфеты, начинки для конфет, мороженое, жиросодержащие наполнители, засахаренные или посыпанные сахаром фрукты и нарезанные фрукты, за исключением лимонов и апельсинов.

Добавка сахарного коллера не требует дополнительного отражения на этикетке. Запрещена окраска продуктов даже сахарным коллером в коричневый цвет, имитирующая содержание в них какао, шоколада или кофе, так же как и окраска в желтый цвет, засахаренных или посыпанных сахаром фруктов и нарезанных фруктов. Разрешена окраска в темно-коричневый цвет сахарным коллером кофейного драже, мороженого и некоторых сортов конфет.

4.2. Вещества, изменяющие консистенцию

Для придания продуктам желаемой консистенции, ее улучшения и стабилизации применяются загустители, желе- и студнеобразователи, эмульгаторы и стабилизаторы.

Консистенцию продуктов изменяют также умягчители, пенообразователи, пеногасители и другие поверхностно-активные вещества.

Большинство этих веществ натурального происхождения; как правило, они являются естественными компонентами пищевых продуктов.

Принцип и механизм действия добавок основан на изменении коллоидных систем пищевого продукта.

В химическом отношении вещества, влияющие на консистенцию пищевых продуктов, как правило, инертны, и поэтому на изучение их токсичности обращали меньше внимания, чем на другие пищевые добавки (например, красители). Однако токсикологическая оценка многих перечисленных выше добавок все же проводится, так как их добавляют к пищевым продуктам в значительно большем количестве, чем другие. Установлено, что относительно высокие концентрации добавок, изменяющих консистенцию, влияют на процессы пищеварения, могут изменять характер всасывания как пищевых веществ, так и посторонних примесей. Предъявляются определенные требования к наличию загрязнителей и посторонних примесей в пищевых добавках, при этом учитываются характер обработки пищевого продукта, технологические особенности производства пищевых добавок.

4.2.1. Загустители и студнеобразователи

Загустители образуют с водой высоковязкие растворы, а студне- образователи и желирующие средства – гели. В обоих случаях вода оказывается связанной, так как в коллоидной системе она теряет свою подвижность и изменяет консистенцию пищевого продукта. В химическом отношении обе группы очень схожи. В обоих случаях это макромолекулы, в которых равномерно распределены гидрофильные группы. С этими группами вступает во взаимодействие вода из окружающей среды. У студнеобразователей возможно обменное взаимодействие с неорганическими ионами (водорода, кальция) и т.п. Четкого разграничения между этими двумя группами нет.

Загустители и студнеобразователи делятся на натуральные, полу- синтетические и синтетические.

Натуральные загустители – это вещества растительного происхождения, за исключением желатина. К ним относятся растительные камеди и слизи из "ирландского мха" (каррагена), ятрышников (салепа), семян льна и

айвы, рожкового дерева, астрагала, аравийской акации, а также агар и пектин.

Полусинтетические загустители относятся также к веществам растительного происхождения, близким к целлюлозе или крахмалу. Это производные натуральных продуктов, физико-химические свойства которых изменены в желаемом направлении путем введения в них определенных функциональных групп. К ним относятся метилцеллюлоза, этилцеллюлоза (этоксоза), карбоксиметилцеллюлоза (например, ультранабухающая целлюлоза, фондин, целлин), амилопектин.

Синтетические загустители – это водорастворимые поливиниловые спирты или эфиры, полиакрилэфиры.

Натуральные и полусинтетические загустители допускаются в производстве пищевых продуктов в ограниченном количестве. Синтетические загустители применяются только в производстве косметических изделий.

Рассмотрим основные загустители и студнеобразователи (прос-тые эфиры целлюлозы, модифицированные крахмалы, пектины, альгиновую кислоту и др.)

П р о с т ы е э ф и р ы ц е л л ю л о з ы. В качестве пищевых добавок широко применяются метилцеллюлоза, этилцеллюлоза, гидроксиэтилцеллюлоза, гидроксипропилцеллюлоза, оксипропилцеллюлоза, гидроксипропилметилцеллюлоза. Они применяются при изготовлении соусов, рыбных паштетов, мороженого и т.п. Кроме того, они ускоряют кристаллизацию сахара в производстве кондитерских изделий и осветляют мутные растворы и напитки.

Дневной суммарный прием с пищей всех производных целлюлозы не должен составлять более 25 мг на один килограмм массы тела. С точки зрения гигиены пищевых продуктов эти вещества безвредны, потому что эфиры целлюлозы проходят пищевой тракт и выделяются без изменения.

На основе целлюлозы изготавливается микрокристаллическая целлюлоза (МКЦ). МКЦ – это частично гидролизованная кислотой целлюлоза, применяется в пищевой промышленности как наполнитель. МКЦ не переваривается, и относительно большие частицы оста-ются в системе кровообращения и могут раздражать и даже повреждать стенки кровеносных сосудов, особенно капилляров. Поэтому в настоящее время МКЦ применяется в производстве пищевых продуктов в ограниченном количестве.

М о д и ф и ц и р о в а н н ы е к р а х м а л ы. В пищевой промышленности в качестве загустителей и студнеобразователей приме-няются нативный крахмал и частично расщепленные модифицированные крахмалы. Применяются декстрины; крахмалы, обработанные кислотами, щелочами

или ферментами; крахмалы с функциональными группами (ацетилированные); фосфорилированные и окисленные крах-малы; гидрооксипропиловые и другие модификации крахмала.

Применение всех видов крахмалов ограничивается только исходя из технологических соображений изготовления качественных пищевых продуктов. К нативному и модифицированным крахмалам предъявляются различные требования по чистоте. Ограничивается содержание в нативном крахмале диоксида серы и золы (во всех модифицированных крахмалах), мышьяка, марганца (в отбеленных крахмалах), хлористого натрия и карбоксильных групп – в окисленных крахмалах, ацетильных групп – в ацетилированных крахмалах, остатков фосфатов – в фосфорилированных крахмалах.

А л ь г и н о в а я к и с л о т а и е е с о л и. Альгиновая кислота и ее производные – это полисахариды, полученные из D-ман-нуровой и L-глюкуроновой кислот, соединенные гликозидными связями. Альгиновая кислота не растворяется в воде, но хорошо ее связывает; соли этой кислоты (альгинаты) хорошо растворяются в воде.

Альгинаты применяются в качестве загустителей, желеобразова-телей и эмульгаторов. В пищевой промышленности их применяют для изготовления фруктовых желе, мармелада, пудингов, мягких конфет, для осветления вин и соков. Кроме того, из них изготавливают защитные покрытия для мясопродуктов, сыров и фруктов. Концентрация альгинатов в пищевых продуктах регламентируется в пределах от одного грамма до 10 г. В соответствии с рекомендациями ФАО-ВОЗ допустимо употреблять альгиновую кислоту и ее соли в пищу без риска для здоровья людей в количестве до 25 мг на один килограмм массы тела (в пересчете на свободную альгиновую кислоту).

П е к т и н ы. Пектины – это натуральные вещества, у которых фрагменты D-галактуроновой кислоты соединены гликозидными связями в нитеобразные молекулы. Пектины вырабатывают из фруктов методом кислой или щелочной экстракции или путем ферментативного расщепления. Карбоксильные группы частично этерифицированы метанолом. В зависимости от степени этерификации различают высоко- и низкоэтерифицированные пектины.

Высокоэтерифицированные пектины применяют в количестве 1–5 г на один килограмм продукта для приготовления мармеладов, желе, фруктовых соков, мороженого, рыбных консервов, майонезов, соусов и т.п., а для приготовления творожного крема – до 8 г/кг. Низкоэтерифицированные пектины применяются для производства продуктов с низким содержанием

сахара, главным образом овощных желе и паштетов, студней, молочных пудингов и т.п.

В организме человека расщепляется и переваривается до 90% пе- ктинов. Отрицательного воздействия пектинов на здоровье людей не установлено. Пектины могут применяться без количественного ограничения, за исключением амидированных пектинов, у которых часть свободных карбоксильных групп превращена в амиды. Для этих пектинов ПСП составляет до 25 г на один килограмм массы тела.

А г а р. Агар представляет собой смесь полисахаридов агарозы и агаропектина и в большом количестве содержится в водорослях. Агар в виде солей кальция или магния встречается во многих красных водорослях, из которых добывается методом экстрагирования водой. Желеобразующая способность агара в 19 раз выше, чем у желатина.

Агар применяют при консервировании мяса и рыбы, в производстве мармелада, кондитерских изделий, пудингов, мороженого и многих сладких блюд в концентрациях до 20 г/кг. В производстве некоторых видов сыра агар применяют как отдельно, так и в сочетании с другими загустителями в количестве до 8 г/кг. Кроме того, агар используется для осветления соков.

Агар является безвредным для организма человека. Его примене-ние разрешено во многих странах.

К а р р а г е н ("ирландский мох"). Карраген состоит из полисахаридов, и в виде солей кальция, натрия или калия он входит в состав различных красных водорослей, из которых экстрагируется водой.

Карраген применяется в пищевой промышленности как желирующее средство для мясных и рыбных студней, желе, пудингов, а также изделий из овощей и фруктов в концентрациях 2–5 г/кг. Он может применяться как стабилизатор и эмульгатор при производстве напитков из какао с молоком в концентрации 200–300 мг/л. При приготовлении мороженого добавление каррагена предотвращает образование крупных кристаллов льда.

Аналогичным каррагену веществом, добываемым из определенных видов морской травы, является фурцелларан. Он обладает свойствами, характерными для каррагена. Установлено ПСП каррагена и фурцелларана до 75 мг на один килограмм массы сухого вещества, из них 20–40% составляют сульфаты.

Г у м м и а р а б и к. Гуммиарабик – это полисахарид, в состав которого входит D-галактоза, L-арабиноза, L-рамноза и D-глюкуро-новая кислота. Его добывают из африканских и азиатских видов акаций и применяют в пищевой промышленности при производстве овощных консервов, соусов, кремов и т.п. в качестве стабилизатора и связывающего вещества. Допуска-

ется применение его без ограничения, но с учетом технологических особенностей для некоторых видов овощных консервов рекомендовано содержание гуммиарабика 10 г/кг.

Ж е л а т и н. Желатин – это линейный полипептид без вкуса и запаха, его получают из костей и кожи животных. В производстве мясных изделий желатин применяется при изготовлении зельца, консервированных окороков и т.п. В рыбоперерабатывающей промышленности он используется для приготовления различных соусов и заливок, в кондитерской промышленности – для изготовления фруктовых желе, пудингов, мороженого, жевательной резинки. Кроме того, желатин ис-пользуется для осветления вина. В пищевых продуктах дозировка желатина колеблется в пределах от 8 до 60 г/кг в зависимости от ви- да и технологии изготовления. В соответствии с рекомендациями ФАО-ВОЗ желатин применяется без ограничений, но при этом предъявляются требования к его химической и микробиологической чистоте. Например, содержание золы должно быть не более 3,5%, диоксида серы – до 100–125 мг/кг.

В качестве загустителей и эмульгаторов в ряде стран применяют- ся растительные камеди – полисахариды гуаран, трагант, камедь ка-райч, камедь рожкового дерева и другие. В нашей стране они не нашли применения.

Камеди содержат остатки D-галактозы, D-глюкуроновой кислоты, арабинозы и рамнозы. Являются компонентами клеточных стенок.

Камедь рожкового дерева и гуарана – это полисахариды семян (бобов) рожкового дерева Ceratonia siliqua, стручки которого извест-ны под названием цареградских. Эти полисахариды применяются как загустители и эмульгаторы. В их состав входит в основном галактоманнан (галактоза и манноза).

Гуаран – это полисахарид галактоманнон, но в нем преобладает галактоза. Получают из семян индийского растения Cyamopsis tetragonolobus. Ограничений по его применению нет.

Трагант (трагакант) – смесь нейтральных и кислых полисахари- дов, состоящих из L-арабинозы, D-ксилозы, D-галактозы и галактуро- новой кислоты. Добывают из растений вида астрагалус, растущих на Ближнем Востоке. Применяется как связующее вещество для мороженого и как загуститель желе до 20 г/кг.

Камедь карайч – индийский трагант. Получают из дерева стеркулиа, произрастающего в Индии.

4.2.2. Эмульгаторы и стабилизаторы

К эмульгаторам относятся вещества, уменьшающие поверхностное натяжение на границе раздела фаз, поэтому их добавляют к пищевым продуктам для получения тонкодисперсных и устойчивых коллоидных систем. С помощью эмульгаторов создают эмульсии жира в воде или воды в жире, а также аэрозоли при получении дисперсности в газовой фазе. Эти вещества могут вызывать образование пены или предупреждать вспенивание, придавать изделию эластичность.

Стабилизаторы имеют такой же принцип действия, как и эмульгаторы; применяются для стабилизации уже приготовленных гомогенных систем или для увеличения степени гомогенизации смесей. Поверхностная активность стабилизаторов обычно меньше, чем у типичных эмульгаторов.

В зависимости от вида гидрофильных групп различают ионогенные и неионогенные эмульгаторы. В соответствии с электрическим зарядом ионогенные гидрофильные группы разделяют на анионо- и катионоактивные эмульгаторы.

Для пищевых продуктов применяются неионогенные поверхностно-активные эмульгаторы и стабилизаторы. Из анионоактивных веществ только незначительное число пригодно для пищевых продуктов. Большинство анионоактивных соединений используется в качестве моющих и очищающих средств. Катионоактивные вещества, как правило, не используются в пищевых продуктах, за исключением лецитина, содержащего как анионную группировку (остаток фосфорной кислоты), так и катионную (четвертичное аммониевое основание).

В основном пищевые поверхностно-активные вещества (ПАВ) представляют собой производные одно- и многоатомных спиртов, мо-но- и дисахаридов, структурными компонентами которых являются остатки различных кислот, в основном органических. Обычно в пищевой промышленности в качестве ПАВ применяются не индивидуальные вещества, а многокомпонентные смеси, а название препарата соответствует основному компоненту.

Например: лактоэфир, ацилированный моноглицерид, малат-эфир, эфиры сахарозы, эфиры сорбита, сукцинаты, тартраты, цитраты, ацетилцитраты, стероилмолочная кислота, натрийстелат, кальцийстелат (кальциевая соль стеароилмолочной кислоты) и др.

Лецитины являются смесью фосфатидов и состоят из двух жирных кислот, фосфорной кислоты, глицерина и холина. Получают их, в основном, из растительных масел (соевого или рапсового) и применяют в качестве эмульгаторов. Они применяются при изготовлении маргарина, шоколада,

некоторых видов кондитерских изделий, сиропов и жировых эмульсий в концентрациях 1–5 г/кг. В некоторых странах для производства шоколада используют аммониевую соль фосфотидной кислоты как производную лецитина (эмульгатор YN).

С физиологической точки зрения лецитины не являются посторонними веществами, так как они входят в состав основных продуктов питания (яичного желтка, пищевого масла и др.) как неотъемлемая составная часть клеток. Поэтому экспертный комитет ФАО-ВОЗ по пищевым добавкам не счел необходимым устанавливать ПСП лецитинов в качестве добавок к пищевым продуктам. Однако сами лецитины способны быстро окисляться, так как содержат ненасыщенные жирные кислоты. В связи с этим существуют рекомендации по критериям чистоты лецитина: содержание свободных жирных кислот не должно превышать 4% (в пересчете на олеиновую кислоту), золы – не выше 7%, перекисное число должно быть не выше 10%. Величина ПСП для эмульгатора YN – до 15 мг на один килограмм массы тела.

Моно- и диглицериды. Сложные моно- и диэфиры жирных кислот и глицерина (1-моноглицерид, 1,2-диглицерид, ацетилированный 1-моноглицерид) являются хорошими эмульгаторами при изготовлении кондитерских изделий, молочных напитков и маргарина в концентрациях 1–5 г/кг.

Моно- и диглицериды, ацетилированные или этерифицированные какой-либо другой органической кислотой (винной или лимонной), обладают не только эмульгирующими, но и стабилизирующими и антиокислительными свойствами. Их можно применять в качестве съедобных защитных покрытий для сыра, орехов, фруктов и мяса

Экспертный комитет ФАО-ВОЗ по пищевым добавкам разрешает применение моно- и диглицеридов, а также эфиров уксусной, лимонной, винной и молочной кислот. Для моно- и диглицеридов диацетилвинной кислоты установлен ПСП до 50 мг на один килограмм мас- сы тела. Для пищевых масел концетрация моно- и диглицеридов составляет 20 г/кг, для маргарина – 10 г/кг, для молочного порошка – до 2,5 г/кг.

Сложные эфиры жирных кислот, сахара и сорбита. Создана группа эмульгаторов с широким диапазоном поверхностно-активных свойств, представляющая собой этерифицированные жирными кислотами сахара (сахароза, глюкоза) и сорбиты. Их комбинируют с полиоксиэтиленами, получая при этом эмульгаторы с измененными эмульгирующими свойствами. Наиболее широко распространены эмульгаторы этой группы спены и твины. Спены – это сложные эфиры жирных кислот с сорбитами, а твины – это со-

единения полиоксиэтиленов со спенами. Твины – это спен-эмульгаторы; применяются при изготовлении жировых эмульсий, шоколада, печенья, других кондитерских изделий, мороженого из сухого молока, яичного и какао-порошков, а также для улучшения растворимости кофе.

Полиоксиэтилены можно использовать для стабилизации пивной пены, а также для защитных пленок таблетированных пищевых продуктов. Сложные эфиры сахара, сорбита и жирных кислот не представляют опасности в токсикологическом отношении, но они не должны содержать растворителей.

Для сложных эфиров сорбита и жирных кислот (монопальмита-та, моностеарата и тристеарата), а также для сложных эфиров полиоксиэтилен-сорбата и жирных кислот (монолаурата, моноолеата, моностеарата и тристеарата) установлен ПСП до 25 мг на один килограмм массы тела; для сложных эфиров сахарозы, сахароглицеридов и жирных кислот – 2,5 мг на один килограмм массы тела. При этом допустимое содержание диметилформамида как остатка растворителя ограничивается 50 мг на один килограмм препарата. Содержание в пищевых жирах сложных эфиров не должно превышать 20 г на один килограмм продукта, в маргарине – 10 г/кг.

Сапонины – это растительные гликозиды, получаемые из корней мыльнянки, сахарной свеклы и наперстянки. С теплой водой они обра- зуют сильно пенящиеся коллоидные растворы с высокой поверхностной активностью. Их разрешено добавлять в мороженое и как стабилизатор пены во взбитые сливки, газированные напитки и пиво.

В пищевой промышленности в качестве стабилизаторов и эмульгаторов используют свободные жирные кислоты (олеиновую, пальмитиновую, стеариновую и др.), а также натриевые, калиевые, кальциевые, магниевые, или алюминиевые соли этих кислот в концентрации до 5 г/кг. В качестве стабилизаторов (в основном при приготовлении печенья) применяют алифатические спирты жирного ряда, получаемые в результате гидрирования соответствующих жирных кислот. Чаще всего используются стеариновые и олеиновые спирты, а также их производные (сложные эфиры уксусной, молочной, фумаровой, яблочной, лимонной и других кислот). В качестве эмульгаторов и веществ, предотвращающих кристаллизацию, используют этерифицированные полиглицериды. Для сложных эфиров полиглицеридов жирных кислот установлен ПСП до 25 мг на один килограмм массы тела, за исключением сложных эфиров рацинолевой кислоты, для которых ПСП составляет не более 7,5 мг на один килограмм массы тела. В пищевых маслах содержание сложных эфиров полиглицерина и полипропиленгликоля не должно превышать 20 г/кг, а в маргарине – 5 г/кг продукта.

На зарубежных рынках широко применяется эмульгатор "Атлан-та", получаемый методом конденсации изомеризованного соевого масла с ангидридом малеиновой кислоты. В токсикологическом отношении препарат безвреден.

Другие стабилизаторы. В качестве стабилизаторов допущены к применению в пищевых производствах без ограничений карбонаты кальция и магния, окись магния, аморфная двуокись кремния, силикат кальция и алюминия или натрийкальцийалюмосиликат, стеараты, пальмитаты, миристаты, казеинаты и холин. ПСП холевой или дезоксихолевой кислоты 1,25 мг, оксистеарина – до 25 мг, сульфата меди – до 0,5 мг и ферроцианидов кальция, калия или натрия – до 0,025 мг на один килограмм массы тела.

Применение добавок, изменяющих консистенцию продуктов, регулируется в различных странах, в том числе в РФ, постановлениями или специальными разрешениями органов здравоохранения, государственными стандартами и другими регламентирующими документами.

Конденсированные фосфаты и полифосфаты. В качестве стабилизаторов при производстве многих видов пищевых продуктов используют нейтральные и кислые монофосфаты, дифосфаты, трифосфаты и высшие полифосфаты. Кроме стабилизирующего эффекта эти соединения сохраняют цвет продуктов при некоторых видах обработки.

Применение витамина С в сочетании с полифосфатом натрия (соль Грэхема) позволяет достичь высокой степени стабилизации продукта. Для создания оптимальных условий при экстракции и набухании белков мышечной ткани фосфаты непосредственно добавляют в мясные изделия, например, при производстве колбасы – 0,5% от массы изделия (0,1% в пересчете на фосфор).

Монофосфаты используются в технологических процессах для регулирования величины pH, в производстве кофесодержащих напитков, для стабилизации сгущенного молока и сыра.

Для смягчения питьевой воды к ней можно добавлять до 3 мг на один литр фосфата (в пересчете на фосфор). Полифосфаты улучшают консистенцию, цвет и аромат консервированного окорока. Они пре- дотвращают образование винного камня, осветляют вина (устраняют так называемые металлические помутнения), применяются при производстве мороженого.

Во многих странах разрешена добавка полифосфатов в плавленые сыры, сосиски, печенье, кондитерские изделия, хлебобулочные изделия, в наполнители для шоколадных конфет. Фосфаты являются естественными компонентами пищевых продуктов: молока, сыра, мяса, яиц, зерновых,

фруктов. Неорганические фосфаты необходимы для синтеза АТФ, ферментов, фосфолипидов и др.

Одним из основных факторов, определяющих роль фосфатов в пище, является соотношение **кальций:фосфор**. Поэтому при определении предельного количества фосфатов следует учитывать потребление кальция. Экспертный комитет ФАО-ВОЗ по пищевым добавкам рекомендует ПСП всех фосфатов в пределах от 0,1 до 70 мг на один килограмм массы тела. Для различных продуктов предельно допустимое содержание их различно. В молочный порошок разрешается добавлять до 10 г/кг трикальций- и тримагниймонофосфатов. При изготовлении сыров предельное содержание фосфатов составляет 20 г/кг.

Фосфаты могут быть загрязнены следами токсичных элементов и особенно мышьяком. Его содержание не должно превышать 5 мг на один килограмм фосфора.

Силиконы. Эти органические полисилоксановые соединения добавляют к пищевым продуктам для стабилизации суспензии или для предотвращения вспенивания прохладительных напитков при розливе в бутылки, или при производстве жевательной резинки. Их используют также для смазки противней в хлебопекарной промышленности. Силиконы иногда применяют в комбинации с двуокисью кремния. Допускается содержание силоксана в пищевых продуктах от 0,25 до 10,0 мг/кг в зависимости от вида продукта.

Комплексообразующие вещества и осветлители. Наиболее распространенным комплексообразующим веществом является этилендиаминтетрауксусная кислота (ЭДТА). Она способна образовывать стабильные комплексы с ионами металлов, поэтому в пищевых производствах применяется для связывания следов металлов. Для замедления каталитического действия ионов меди при окислении аскорбиновой кислоты допускается применять динатриевую соль ЭДТА. В пищевой промышленности широко используются соли натрия и натрий-кальция. ЭДТА применяется для осветления вин. Допустимые ПСП для указанных солей ЭДТА составляют до 2,5 мг на один килограмм массы тела.

В качестве осветлителя пива, вина, уксуса и т.п. в концентрациях около 0,1 г/л применяется танин, представляющий неоднородную смесь различных эфиров глюкозы и галловой кислоты. Танин имеет вяжущий вкус, растворяется в этаноле и глицерине, в воде дает коллоидные растворы. Танин связывает белки и выпадает из растворов или суспензий в виде осадка.

Предельный ПСП для танина колеблется от 0,3 до 0,6 мг на один килограмм массы тела.

Для осветления вин применяются фитиновая кислота и ее соли. Фитиновая кислота – это эфир фосфорной кислоты и мезоинозита, встречающийся в растениях в виде солей кальция и магния. Сведений о ее токсичности в литературе нет.

Многоатомные спирты – это различные гликоли, глицерин и сорбит. Они хорошо растворимы в воде и сильно гигроскопичны.

Глицерин применяется в качестве смягчителя и для поддержания влажности в пищевых продуктах. Кроме того, он улучшает вязкость. Для этих целей используют также сорбит, представляющий собой многоатомный спирт. В природе встречается в плодах рябины. В промышленности его получают ферментативным путем из виноградного сахара. За счет комплексообразующих свойств сорбит способен удалять железо и медь из жидких продуктов, например, вин или масел. Кроме того, в концентрациях 50–150 г/кг сорбит применяется как подслащивающее вещество для диабетиков.

С токсикологической точки зрения гликоли очень различны. Например, этиленгликоль не разрешен для применения в пищевых продуктах, для пропиленгликоля ПСП составляет до 25 мг на один килограмм массы тела, сорбит и глицерин разрешены для применения без ограничения.

4.3. Ароматические вещества

К ароматическим веществам относятся все компоненты пищевых продуктов, которые сами или в комбинации с другими веществами, имеющими запах или вкус, создают приятный характерный аромат пищевого продукта. Ароматические вещества являются биологически активными, могут быть естественного или искусственного происхождения, и в токсикологическом отношении многие из них небезвредны. Ароматические вещества не обладают значительной питатель-ной ценностью, но являются важной составной частью пищевого продукта, отвечающей за его качественную характеристику. Известно, что по аромату можно определить порчу продукта, отличить съедобную пищу от несъедобной. Ароматические вещества стимулируют работу слюнных и выделяющих желудочный сок желез. Некоторые ароматические вещества оказывают выраженное возбуждающее действие на центральную нервную систему.

Ароматические вещества образуются в пищевых продуктах в результате специфических естественных процессов. Например, при созревании фруктов улучшается их аромат за счет синтеза новых ароматических веществ в процессе метаболизма растительной клетки; при созревании сыров под действием микроорганизмов формируется аромат; при выпечке хлеба, поджаривании кофе, жарке мяса и т.п. также улучшается вкус и аромат гото-

вых продуктов. Аромат пищевого продукта создается в результате комбинации многих ароматических и вкусовых веществ. Обычно одно или несколько соединений определяют основной аромат пищевого продукта, остальные дополняют запах и вкус. Например, в лимонах основным ароматическим веществом является цитраль; в малине – n-гидроксифенил-3-бутанон; в яблоках – этил-2-ме-тилбутират; в чесноке – аллилсульфид и т. п.

Ниже (табл. 7) приведено содержание ряда ароматических веществ, найденных и идентифицированных в некоторых пищевых продуктах.

Таблица 7

Ароматические вещества некоторых пищевых продуктов

Пищевой продукт	Общее количество ароматичес-ких ве-ществ	Идентифицированные вещества						
		Углеводороды	Гетероциклические углеводороды	Карбонильные - соединения	Спирты и фенолы	Кислоты и лактоны	Эфиры	Соединения серы
Земляника	251	31	5	47	40	36	94	3
Апельсины	157	49	–	31	35	10	29	–
Помидоры	113	12	3	51	26	10	6	4
Арахис поджаренный	187	29	69	40	19	3	8	8
Кофе	370	40	16	136	56	21	33	21
Изделия из какао	201	21	29	37	23	28	35	9
Коньяк	128	–	–	12	27	13	76	–
Пиво	183	6	2	20	44	30	61	9
Хлеб	211	2	28	75	23	32	17	9
Мясо птицы	189	35	12	54	23	7	3	20

Все ароматические вещества подразделяются на три категории:

– экстракты из растений и органов животных (препараты);

– эфирные масла растительного происхождения;

– отдельные химические соединения, полученные из простых природных соединений или синтетическим путем.

Эфирные масла и душистые вещества. Запах растительных продуктов и некоторых продуктов животного происхождения обусловлен наличи-

ем в них летучих веществ, главную группу которых составляют эфирные масла. На основе естественных эфирных масел со второй половины 19-го века начала постепенно развиваться промышленность синтетических душистых веществ. Из эфирных масел и синтетических душистых веществ составляются отдушки, эссенции и композиции для придания определенного запаха пищевым продуктам. Вначале эти вещества – ароматизаторы – применялись в ликероводочном и кондитерском производствах, а затем и в других отраслях – для замены пряностей.

Некоторые натуральные и синтетические ароматические вещества могут быть ядовитыми, поэтому проводится токсикологическая оценка.

Состав эфирных масел сложен: в них обнаружены терпеновые и гетероциклические углеводороды, фенолы, алкоголи, альдегиды, кетоны, кислоты, лактоны, эфиры, оксикислоты и перекиси.

Природные эфирные масла обычно получают перегонкой с водяным паром, простым отжатием (из кожуры цитрусовых), экстракцией эфирных масел из растений летучими органическими растворителями, например, спиртом, эфиром, жирами или парафинами.

Эфирные масла плохо растворяются в воде, легче в спирте, хло- роформе, эфире, жирных маслах. При нагревании эфирные масла улетучиваются без остатка, однако небольшое количество смолистых веществ допускается.

В настоящее время применяется более 50 видов эфирных масел. Например: анисовое, горько-миндальное, аирное, тминное, гвоздичное, ромашковое, укропное, фенхелевое, лавровое, мелиссовое, горной южной и сибирской сосны, лавандовое французское, мятное, мускатного ореха, душицы, полынное, лимонное, розовое, шалфейное, горчичное, валериановое, имбирное, можжевельниковое, мандариновое, кипарисовое.

Эссенции. Они представляют собой сложные композиции, в состав которых входит до 10–15 ингредиентов. По концентрации компонентов в растворе эссенции подразделяют на одно-, дву- и четырехкратные. Для улучшения запаха эссенции в них, наряду с синтетическими душистыми веществами вводят натуральные эфирные масла, настои, плодово-ягодные соки. Однократные ароматические эссенции применяют для кондитерских изделий (пастила, шоколад, мармелад, конфеты и т.п.) в концентрации до 4 мл/кг. При использовании дву- и четырехкратных эссенций их количество соответственно уменьшается в два и 4 раза. Применяют эссенции при производстве мороженого, безалкогольных и ликероводочных напитков, маргаринов, сухих киселей, сиропов.

В нашей стране не допускается ароматизация синтетическими душистыми веществами натуральных пищевых продуктов для усиления их естественного, свойственного им аромата, например, молока, хлеба, фруктовых соков и сиропов, какао, чая, пряностей и т.п. Не разрешается также введение ароматизаторов в пищевые продукты, предназначенные для детского питания.

Эссенциями разрешено ароматизировать кондитерские и ликероводочные изделия, безалкогольные напитки и сиропы, мороженое и сухие кисели. Ванилин разрешено применять для ароматизации некоторых видов хлебобулочных изделий из сдобного теста и некоторых видов молочных продуктов, например, творожных сырков, кремов, желе и мороженого. Ванилин также применяется в кондитерской, ликероводочной и безалкогольной промышленности. Для ароматизации маргарина используют диацетил, придающий маргарину приятный молочный аромат.

Напитки и сухие кисели, изготовленные с применением эссенций, не могут называться "фруктовыми", на этикетках или упаковках должно быть обязательно указано, что эти продукты изготовлены с добавлением ароматических эссенций.

Перечислим основные душистые вещества, входящие в состав эссенций для ароматизации пищевых продуктов и напитков (35 веществ, из них 9 – для безалкогольных напитков, остальные – для кондитерской промышленности): альдегид ананасный, амилацетат, анисацетилат, амилобутират, амиловалерианат, бензальдегид, бензиловый спирт, ванилин, коричный альдегид, фенилацетальдегид, фенилуксусная кислота, цитраль, этилформиат, этилкаприлат, этилсалицилат, этилацетат, этилбутират, этилвалерианат.

Количество синтетических душистых веществ для безалкогольных напитков ограничено (всего 9) по сравнению с кондитерскими изделиями и ликероводочными напитками.

Для изготовления ароматических эссенций, предназначенных для пищевых продуктов и безалкогольных напитков, наиболее часто используются следующие натуральные душистые вещества:

– эфирные масла (анисовое, апельсиновое, гераниевое, лимонное, мандариновое, розовое, мятное, мускатного ореха, шалфея;

– соки натуральные: малиновый, вишневый и др.;

– настои натуральные: гвоздики, корицы, какао, кофе, фиалкового корня, почек черной смородины, малины, мускатного ореха, апельсинового масла, лимонного масла;

– экстракты: черники, фруктово-ягодные.

Промышленность выпускает ароматические эссенции, представляющие собой концентраты душистых веществ естественного или искусственного происхождения в соответствующем растворителе. Используются также твердые носители душистых веществ, например, крахмал, молочный сахар, поваренная соль и др.

Натуральные эссенции получают путем экстракции или настаивания фруктов или растений. Например, из цитрусовых, тмина, аниса, фенхеля выделяют ароматические вещества в виде эфирных масел.

В искусственных эссенциях синтетические ароматические вещества содержатся в растворенном виде. По своим свойствам они приближаются к концентрированным натуральным эссенциям. К искусственным также относятся эссенции, приготовленные из синтетических ароматических веществ идентичных натуральным.

Для токсикологической оценки ароматических экстрактов и других препаратов, приготовленных из растений и животных, а также эфирных масел, полученных с помощью физических методов обработки, учитывается не только биологическая активность основных компонентов, но и токсикологические характеристики растворителей и сопутствующих им веществ – загрязнителей. При оценке токсикологической безопасности учитывается также возможность употребления ароматизированных продуктов детьми в повышенном количестве.

Ароматические вещества и ароматизированные продукты не должны содержать вредных для здоровья людей веществ. Для применения искусственных и приравненных к ним токсичных натуральных ароматических веществ (например, кумаринов) требуется разрешение министерства здравоохранения. Применение искусственных ароматических веществ до сих пор осуществляется на основе специальных разрешений. Экстракты должны быть обозначены по названию фруктов или частей растений, из которых они были приготовлены.

Согласно нормативам ограничивается суммарная добавка эфирных масел до 0,05%, других ароматических веществ – до 0,1%, эссенций – до 1,5% [26].

Для жевательной резинки допускается десятикратное превышение добавки ароматических веществ, а применение искусственных ароматических веществ для готовых блюд, безалкогольных напитков и продуктов для детского питания запрещено в ряде стран (Чехия, РФ, Германия и др.).

Установлены требования к чистоте эссенций. Так, например, содержание сложных эфиров не должно превышать 12%, синильной кисло-

ты в миндальной эссенции – не более 0,4 мг/л, во всех других эссенциях наличие синильной кислоты недопустимо.

Экспертный комитет ФАО-ВОЗ по пищевым добавкам установил ПСП для многих индивидуальных ароматических веществ, разрешенных в качестве ароматизаторов пищевых продуктов.

Ниже (табл. 8) приведены наиболее распространенные ароматические вещества и ПСП для них.

Таблица 8

Ароматические вещества

Вещество	ПСП, мг/кг	Вещество	ПСП, мг/кг
Бензальдегид	0–5	Пиперонал	0–2,5
Бензилацетат	0–5	Фурфурол	Не установлено
Ванилин	0–10	Цитраль	0–0,5
Коричный альдегид	0–0,7	Эстрагол	Не установлено
		Этилацетат	0–25
Кумарин	Не установлено	Этилбензоат	0–1
Ментол	0–0,2	Этилбутерат	0–15
Метилсалицилат	0–0,5	Этилванилин	0–10
Ноналактон	0–1,25	Этиллаурат	0–1
Нонанал	0–0,06	Этилмальтол	0–2
Октанал	0–0,06	Этилформиат	0–3

4.4. Подсластители

В последнее время с учетом современных требований науки о пи- тании, расширения производства низкокалорийных пищевых продуктов, а также продуктов для людей, страдающих различными заболеваниями, увеличивается выпуск заменителей сахара как природного происхождения (нативных или модифицированных), так и искусственных.

Вещества неуглеводного характера, обладающие большей сла- достью, чем сахароза, относятся к сладким веществам. К ним также принадлежат многоатомные спирты: сорбит, ксилит и маннит.

Сладкие вещества играют важную роль в диетическом питании, рекомендуются для больных диабетом и другими видами "сахарной непереносимости".

В качестве пищевых добавок применяются синтетические и натуральные сладкие вещества. К синтетическим сладким веществам относятся сахарин, многоатомные спирты: сорбит, ксилит и маннит, цикламаты, сукралоза – трихлоргалактосахароза и др.

Сахарин – это о-сульфимид бензойной кислоты. Широко распространен как подслащивающее вещество во многих странах мира. Сахарин применяется в форме натриевых и кальциевых солей. Как правило, выпускается в смеси с бикарбонатом натрия в виде таблеток, в этом случае один грамм смеси соответствует примерно 110 г сахарозы, а один грамм сахарина по сладости соответствует примерно 550 г сахарозы. Он применяется в производстве печенья, лимонадов, различных сладостей для диабетиков с обязательным указанием о его наличии на этикетке. При концентрациях выше 0,035% сахарин имеет выраженный горький привкус. При варке, особенно кислых блюд, сахарин медленно разлагается с образованием о-сульфобензойной кислоты, имеющей неприятный привкус фенола. К чистоте сахарина и препаратов на его основе предъявляются следующие основные требования:

– содержание основного вещества должно быть не менее 95%;

– тяжелых металлов – не более 0,005%;

– п-сульфоаминобензойной кислоты – не более 4%;

– о-толуолсульфонамид не допускается, так как он загрязняет продукт при синтезе сахарина.

С токсикологической точки зрения установлено, что в организме человека сахарин не подвергается биохимическим превращениям и практически полностью выводится в неизмененном виде, поэтому нет оснований опасаться накопления этого вещества в крови и тканях. Однако большие дозы сахарина вызывали у мышей повышение частоты летальных мутаций.

Экспертный комитет ФАО-ВОЗ по пищевым добавкам рекомендует в качестве ПСП для сахарина и его натриевой и кальциевой солей в общем случае не более 2,5 мг на один килограмм массы тела человека.

Сорбит – сладкий многоатомный спирт. Сладость сорбита составляет 60% от сладости сахарозы. Сорбит полностью усваивается организмом, причем вначале окисляется до фруктозы, затем до CO_2 и H_2O. Сохраняет в организме витамины группы В, способствует росту кишечной микрофлоры, но при большом количестве (20–40 г в день) увеличивает выделение тиамина, рибофлавина и никотинамида. ПСП не установлено.

Ксилит – сладкий пятиатомный спирт. Быстро усваивается и не оказывает влияния на содержание сахара в крови. Для диабетиков рекомендуется в диетических кондитерских и хлебобулочных изделиях, безалкогольных газированных напитках. Обладает желчегонным действием, положительно влияет на состояние зубов. ПСП нет.

Цикламаты – это натриевые, калиевые и кальциевые соли циклагексиламино-N-сульфоновой кислоты. Относительная сладость цикламатов значительно ниже, чем у сахарина, но в 30 раз выше, чем у сахарозы. Цикламаты имеют приятный сладкий вкус без привкуса горечи даже при высоких концентрациях. Они устойчивы к высоким температурам; при варке и выпечке хорошо сохраняются. Однако установлено, что при длительном употреблении или употреблении в высоких концентрациях они действуют на нервную систему и могут вызвать раковые опухоли. Было показано, что в цикламатах присутствуют следы используемого при синтезе токсичного циклогексиламина и что в организме возникают многочисленные продукты его превращения, в том числе, дициклогексиламин, циклогексанол, циклогексанон и циклогексилглюкуронид. Показано, что в организме человека цикламаты могут частично превращаться в циклогексиламин под влиянием определенной микрофлоры кишечника.

Продукты, содержащие цикламат, не должны употреблять беременные и кормящие женщины, а также маленькие дети. Поэтому использование цикламатов в производстве безалькогольных напитков и мороженого запрещено во многих странах. Цикламат натрия разрешен для производства компотов, мармеладов и шоколада, предназначенных для лиц, страдающих диабетом, в количестве не более 0,14%, причем на этикетке должно быть указано наличие цикламата. Для того, чтобы уменьшить количество потребляемого цикламата, рекомендуется применять цикламат натрия вместе с сахарином в соотношении 10:1.

Экспертный комитет ФАО-ВОЗ установил временное ПСП для цикламатов до 4 мг на один килограмм массы тела. Содержание циклогексиламина в циклогексилсульфаминовой кислоте не должно превышать 20 мг/кг, дициклогексиламина и амина – один милиграмм на килограмм, а в натриевых и кальциевых солях – 10 мг/кг.

Природные сладкие вещества. В природе встречаются различные сладкие вещества, по сладости в 100–7000 раз превышающие сахарозу. Однако не все природные сладкие вещества являются безвредными для человека.

Известен лакричный корень или корень солодки (Glycyrrhiza galbra), содержащий сапонин глицирризин, который в 100 раз слаще сахарозы, но

вызывает побочное действие в организме человека. Поэ- тому употребление его ограничено.

Красные ягоды тропического растения Dioscoreophyllum cuminsii содержат гликозид, в 1500 раз более сладкий, чем сахароза. Это бэрри – сладость или серендипитибэрри – сладость известна также как монеллин. Используется как подслащивающее средство и в качестве лекарства. Токсикологическое действие не установлено.

Листья куста Kebadianum eupatorium содержат гликозид – стевиозид, в 300 раз более сладкий, чем сахароза. Это вещество токсикологически безвредно и предполагают, что оно найдет широкое применение в пищевой промышленности.

Дигидрохальконы получают из натуральных флавоноидов путем перевода в хальконы с последующим гидрированием; отличаются высокой сладостью, в 300–7000 раз превышающую сладость сахарозы. Эти сладкие вещества можно вырабатывать из горьких гликозидов – прунина, неогеспередина и нарингина, имеющихся в коре цитрусовых. Дигидрохальконы токсикологически безопасны, что дает возможность применять их без ограничения.

Дипептиды обладают различной сладостью в зависимости от структуры и наличия аминокислот, различных групп и других соединений. Наиболее распространены метиловый эфир l-аспарагил-l-фе-нилаланин (АФМ), известный под названием аспартам. Это вещество в зависимости от концентрации слаще сахара в 180 раз. Оно обладает приятным сахароподобным вкусом и устойчиво к повышенной температуре. В воде аспартам растворяется слабо. Отличается низкой стабильностью в кислой среде, что делает его непригодным в производстве лимонадов. При производстве АФМ в качестве побочного продукта образуется дикетопиперазин (ДКП), который может быть в организме, как метаболитом, так и продуктом разложения in vitro. Токсикологическое действие ДКП пока не установлено. В некоторых странах его использование разрешено в качестве пищевой добавки без особых ограничений.

Экспертный комитет ФАО-ВОЗ по пищевым добавкам установил ПСП для аспартама до 40 мг, для ДКП как посторонней приме- си – до 7,5 мг на один килограмм массы тела.

Сладкие аминокислоты. Такие кислоты, как глицин и l-аланин, D-изомеры аспарагина, тирозина и валина, D,L-триптофан и D,L-ала-нин обладают сладким вкусом. L-глютаминовая кислота оказывает комплексное вкусоусиливающее действие. D,L-триптофан имеет почти такую же сладость, как и цикламат. Однако применять аминокислоты в качестве сладких ве-

ществ не рекомендуется, так как это может нарушить баланс аминокислот в организме человека.

Известны и другие сладкие вещества: дульцин (п-фенейолкарбамид), ультрасладость (1-пропокси-2 амино-4 нитробензол, в 3100 раз слаще сахарозы), суозан (п-нитрофенилкарбамидопропионовая кислота, в 300 раз слаще сахарозы), п-метокси-о-бензоилбензокислый натрий (в 150 раз слаще, чем сахароза), син-5 (бензил-2-фурфураль-доксим, в 690 раз слаще, чем сахароза) и другие. Однако эти вещества в настоящее время не получили широкого распространения в качестве пищевых добавок, так как являются небезопасными для здоровья человека.

Глутаминовая кислота и глутаматы (соли L-глутаминовой кислоты) – "оживители", "усилители" вкуса. При добавлении в пищевые продукты усиливают их природные вкусовые свойства, а также восста- навливают, "освежают" эти свойства, ослабленные в процессе хранения пищевого продукта. Глутаминовую кислоту и ее соли добавляют в готовые блюда и кулинарные изделия, в концентраты и консервы. "Глутаминовый эффект" сохраняется в продукте после тепловой обработки, замораживания или консервирования.

Глутамат натрия обладает антиокислительными свойствами. Для детских продуктов не допускается. В нашей стране разрешено применение глутаминовой кислоты, глутамата натрия. В странах ЕС разрешено применение глутамата калия, глутамата кальция и магния.

4.5. Химические консерванты

Консервирование пищевых продуктов – один из основных процессов в пищевой промышленности, широко применяемый для продления сроков хранения, снижения потерь от микробиальной порчи и сохранения качества скоропортящихся продуктов. Консервирование позволяет обеспечить население широким ассортиментом пищевых продуктов независимо от времени и места производства.

Среди разнообразных способов консервирования пищевых продуктов (квашение, маринование, соление, замораживание, стерилизация, пастеризация, облучение и т.п.) особое место занимает сохранение скоропортящегося пищевого сырья и готовых продуктов с помощью химических консервантов – веществ, обладающих антимикробиальным действием.

В практике консервирования обычно используют бактерицидные или фунгицидные, но чаще бактериостатические или фунгистатические свойства химических консервантов. В первом случае бактерии и плесени поги-

бают, во втором – замедляется их развитие. Добавление консервантов в соответствующей концентрации обеспечивает стерильность продукта в течение определенного времени при условии, что не будет повторного загрязнения или существенного изменения ок-ружающей среды.

При химическом консервировании обычно различают бактерицидную (фунгицидную) активность консерванта, при этом определенную роль играет концентрация и продолжительность воздействия.

Механизм антимикробного действия консервирующих веществ заключается предположительно в следующем:

– накапливаются химические вещества на поверхности или внутри микроорганизмов в результате адсорбции, обычной диффузии и активного поглощения;

– возникает химическая реакция консерванта со структурными компонентами клетки или метаболитами внутри клетки;

– прекращается нормальная деятельность микробиальной клетки в результате изменения химической реакции среды;

– происходит постепенное или мгновенное угнетение биохимических механизмов процесса развития микробов.

На эти механизмы существенное влияние оказывают свойства среды:

– pH среды консервируемого продукта;

– парциальное давление кислорода;

– окислительно-восстановительный потенциал субстрата;

– влажность продукта;

– осмотическое давление;

– абсорбционная способность;

– температура и относительная влажность воздуха;

– содержание витаминов.

Эти параметры могут оказывать влияние на антимикробную активность веществ в результате улучшения или ухудшения условий для жизнедеятельности микроорганизмов. На действие консервирующих веществ косвенное влияние оказывает содержание витаминов в консервированных продуктах. Например, витамины группы В могут способствовать росту микроорганизмов.

Антимикробное действие одного вещества может быть усилено в определенных условиях действием другого вещества. Так, поваренная соль способствует лучшему проникновению консервирующего ве-щества через клеточную мембрану микроорганизмов. Комбинация химических веществ,

слабо действующих при повышенных pH, с органическими кислотами (например, лимонной, винной, яблочной) повышает консервирующий эффект.

Комбинируя различные консерванты, можно существенно усилить антимикробное действие в смешанной среде с гидрофильными и липофильными свойствами. В результате применения консервантов, обладающих различной растворимостью или специфическими эффектами, значительно расширяется и область их использования.

В качестве консервирующих средств разрешается применять химические вещества, подавляющие прорастание и замедляющие развитие микроорганизмов при хранении пищевых продуктов в свежем виде.

Консерванты и консервирующие смеси разрешается растворять в воде, этиловом спирте, глицерине, карбонате кальция, уксусной, молочной, винной и лимонной кислотах и в таком виде использовать в производстве.

Применение консервирующих средств в пищевой промышленности не может быть полностью исключено, несмотря на их отрицательное действие на любые биологические объекты. Однако оно должно быть ограничено, так как их безопасность может быть доказана с известной степенью вероятности.

Применение консервантов оправдано только в тех случаях, если при этом достигается технологический экономический эффект и если подобного эффекта нельзя достичь другими, например физическими, методами.

При выдаче разрешения на применение какого-то консерванта допускается минимальная концентрация данного вещества, необходимая для достижения требуемого эффекта для данного продукта.

Химические консерванты делятся на неорганические и органические.

Неорганические консерванты:

– борная кислота и ее производные (бораты или бура);

– перекись водорода;

– двуокись серы, сернистая кислота, сульфит натрия, гидросульфит натрия и калия; пиросульфит натрия и калия;

– серебро и его соединения (хлорид серебра, комплекс натрия с хлористым серебром, сульфат серебра);

– озон;

– окислы азота;

– хлористый азот NCl_3;

– хлор, смесь хлора и нитрозилхлорида (NOCL);

– фтор;

– нитраты и нитриты.

Рассмотрим некоторые неорганические консерванты, наиболее применяемые в пищевой промышленности.

Бура и бораты. Консервирующее действие борной кислоты и боратов основывается на нарушении метаболизма фосфатов и интенсивном блокировании декарбоксилирования аминокислот в микробиальной клетке. Следы боратов встречаются не только в почвах, минеральных водах, горных породах, но и в меде, винах, фруктах и других растительных продуктах. Борная кислота и бораты быстро всасываются организмом, но медленно выделяются. Установлено, что в организме нарушается утилизация жиров и белков из консервированных борной кислотой продуктов. Кроме того, кислота разрушает витамин B_6, так как образует комплексы с пиридоксалем и пиридоксамином. Экспертный комитет ФАО-ВОЗ по пищевым добавкам и комиссия Codex Alimentarius считают, что применение борной кислоты и буры для консервирования пищевых продуктов является небезопасным для здоровья человека в связи с их токсичностью. ПСП должно быть не более 0,1 г на один килограмм массы тела.

Перекись водорода обладает бактерицидными свойствами, особенно при кислой реакции субстрата. Ее можно применять для консервирования питьевой воды, молока, студня, крабов, пива, а также как добавку ко льду при перевозке морских рыб и брожении теста. Перекись водорода придает продуктам неприятный привкус, неблагоприятно действует на белки, компоненты жиров и витаминов.

Сернистая кислота и ее соли, диоксид серы. Консервирующим действием обладает в основном недиссоциированная часть сернистой кислоты. Чем меньше pH и больше температура, тем сильнее консервирующее действие сернистой кислоты.

Действие этой кислоты связано с растворением липопротеинового комплекса микробиальной клетки и попаданием в плазму. Структура плазменной оболочки при этом изменяется, и микроорганизмы гибнут. Кроме того, сернистая кислота обладает восстанавливающими свойствами; является акцептором кислорода и задерживает дыхание микроорганизмов, изменяя значение окислительно-восстановительного потенциала. Кислота может вступать в реакцию с промежуточными продуктами жизнедеятельности микроорганизмов, нарушать обмен веществ и тем самым вызывать гибель микроорганизмов.

Консервирующее действие кислоты наблюдается при содержании в продукте 0,1–0,2% диоксида серы. Эффективность его действия зависит от величины pH, химического состава среды, концентрации микроорганизмов

и температуры. Чем выше начальная обсемененность продукта, тем больше микроорганизмов выживает.

Сернистая кислота и диоксид серы применяются не только как консерванты, но и как отбеливатели, так как предотвращают окисли- тельные изменения фруктовых и овощных полуфабрикатов, вызванные ферментативным потемнением фенольных соединений и разрушением аскорбиновой кислоты.

Однако SO_2 разрушает витамин B_1, разлагая его на пиримидин и тиазол. В повышенных дозах SO_2 вредно влияет на организм человека и придает продуктам специфический запах, который ощущается при концентрации около 5 мг на 100 г продукта.

Ввиду токсичности сернистых соединений сульфитированные продукты используются только для переработки на такие виды продукции, технология которых предусматривает возможность тепловой обработки с целью десульфитации.

Из сульфитированных полуфабрикатов, где часть антисептиков находится в связанном виде, полного удаления SO_2 не происходит, и часть его остается в продукте. Содержание остаточного количества SO_2 в продукте строго нормируется, и для большинства продуктов оно не должно превышать 0,01% к массе общего количества продукта (связанный + свободный) или 0,02% свободного.

Соли сернистой кислоты – сульфиты и бисульфиты – могут применяться для консервирования полуфабрикатов с pH 3,5 и ниже. Реагируя с органическими кислотами плодов, соли выделяют диоксид серы, который и является антисептиком.

Для замены одного грамма диоксида серы необходимо добавить 1,6 г бисульфита натрия или 1,8 г бисульфита калия. Соли должны быть химически чистыми, без каких-либо примесей.

Сульфитация применяется при заготовке целых плодов, пюре и соков. Целые плоды можно консервировать газообразным SO_2 или его растворами (мокрый способ). Косточковые плоды при консервировании газом растрескиваются, теряют сок, и консистенция их очень размягчается. Поэтому для косточковых плодов и ягод используется сульфитация мокрым способом. Семечковые плоды и цитрусовые хорошо сохраняют форму и консистенцию, их сульфитируют газообразным SO_2. Газообразный SO_2 применяется также для сульфитирования пюре и соков.

Сухая сульфитация семечковых плодов (окуривание) состоит в применении SO_2, получаемого путем сжигания серы, или жидкого из балло-

нов. Продолжительность окуривания примерно 10–20 ч в зависимости от сорта и вида плодов.

Диоксид серы и сульфиты применяются также при производстве плодово-ягодных и виноградных вин, напитков, фруктовых уксусов, сушеных картофеля и овощей, крахмала и других продуктов.

ПДК в зависимости от вида продукта изменяется от 30 до 3000 мг SO_2 на один килограмм продукта. В таких концентрациях SO_2 благодаря летучести и хорошей выделяемости из организма не представляет для человека опасности. Сульфиты ускоряют окислительные процессы, разрушают витамин Е, тиамин и биотин. В организме человека сульфиты окисляются в сульфаты и легко выделяются.

К специальной группе консервантов относятся окислы азота, хлор, нитрозилхлорид, хлористый азот, фтор, серебро, озон, нитриты, нитраты [27].

Органические химические консерванты:

– бензойная кислота и ее соли;

– п-оксибензойная кислота и ее производные;

– сорбиновая кислота и ее производные;

– салициловая кислота и ее натриевая соль;

– муравьиная кислота и ее натриевые, кальциевые и калиевые со-ли;

– этиловый и пропиловый эфиры п-оксибензойной кислоты и ее соли;

– гексаметилентетраамин;

– дифенил, о-фенилфенол и его натриевая соль;

– пропионат и ацетат кальция;

– диэтиловый эфир пироугольной кислоты.

Рассмотрим наиболее распространенные органические химические консерванты.

Бензойная кислота и ее соли. Бензойная кислота C_6H_5–COOH представляет собой бесцветные кристаллы, имеющие форму иголок или листочков. Плотность ее 1,265 г/см^3 при 15°С, температура плавления 122,4°С. Кислота плохо растворяется в воде, но хорошо – в спирте и эфире.

В небольшом количестве (менее 0,1%) кислота содержится в некоторых ягодах и плодах (чернике, малине, смородине, сливе), а также в гвоздике, анисовом масле и др.

Консервирующее действие бензойной кислоты и ее солей основано на подавлении активности каталазы и пероксидазы, в результате чего в клетках накапливается перекись водорода. В малых концентрациях эти

консерванты тормозят рост аэробных микроорганизмов. Наиболее активна бензойная кислота и ее соли в концентрации 0,1–0,4%.

Бензойная кислота эффективна в кислой среде, в то время как в нейтральных и щелочных средах ее ингибирующее действие незначительно. Поэтому этот консервант рекомендуется для консервирования пищевых продуктов, имеющих pH менее 5.

Наличие в продукте белков повышает устойчивость микроорганизмов и снижает консервирующее действие бензойной кислоты. При добавлении в продукт только небольшая часть бензойной кислоты остается свободной и действует как консервант, а большая часть связывается с белками.

Бензойная кислота и ее соли не обладают восстанавливающей способностью и отбеливающими свойствами, поэтому продукты с этими антисептиками более темные, чем сульфитированные.

Содержание бензоата натрия C_6H_5COONa в консервированных продуктах (пюре, соки) должно быть не более 0,10–0,12% в зависимости от вида сока, пюре. Так как бензоат натрия имеет специфический вкус, который ощущается в концентрациях 0,08–0,10%, то в продуктах, приготовленных из этих полуфабрикатов, содержание бензоата натрия должно быть не более 0,07%.

Консервант п-оксибензойная кислота и ее эфиры. Используется натриевая соль этой кислоты и ее эфиры: метиловый (нипагин М), этиловый (нипагин А), н-пропиловый (нипазол), н-бутиловый (нипа-бутил), бензиловый эфир – нипабензил. Кислота и ее эфиры – растительного происхождения – входят в состав алкалоидов и пигментов. Кислота содержится в созревшем сыре. Как консервант п-оксибен-зойная кислота менее эффективна, чем ее эфиры. Бактерии, плесени и дрожжи гибнут в растворе этой кислоты при концентрации 0,86%. Эфиры эффективны при 0,05–0,1%. Эфиры пригодны для применения в нейтральных пищевых продуктах. Этиловый и пропиловый эфиры разрешены для консервирования большого числа пищевых продуктов.

Эфиры п-оксибензойной кислоты относятся к спазмолитикам; они ингибируют или стимулируют активность различных ферментов; из организма человека кислота выделяется в основном неизменной.

Сорбиновая кислота и ее соли.

Сорбиновая кислота ($CH_3–CH=CH–CH=CH–COOH$) – это кристаллический порошок, плохо растворимый в воде. Соли сорбиновой кислоты (сорбаты) имеют более высокую растворимость.

Сорбиновая кислота и сорбаты подавляют рост дрожжей и плесеней; на кислотообразующие и другие виды бактерий почти не действуют. По-

этому они применяются для консервирования только кислых продуктов или в смеси с другими антисептиками.

Концентрация сорбиновой кислоты в полуфабрикатах должна быть 0,05–0,06%, в готовых продуктах – менее 0,05%.

Сорбиновая кислота и сорбаты в организме человека окисляются, распадаясь до CO_2 и H_2O в присутствии глюкозы или до ацетоуксусной кислоты при отсутствии глюкозы в составе продукта.

Ввиду быстрого распада сорбиновая кислота и сорбаты не оказы- вают токсического действия на организм человека.

В последние годы сорбиновая кислота и ее соли были разрешены почти во всех странах в качестве консерванта в концентрациях 0,01–1,2% для маргарина, сыра, яичного желтка, овощных и фруктовых, рыбных и мясных изделий, печенья, вина и других продуктов. Сорбиновая кислота применяется для пропитки упаковок, используемых для хранения маргарина, сыров, хлеба.

Салициловая кислота и ее натриевая соль. Салициловая кислота плохо растворяется в воде, натриевая соль – хорошо. Антимикробное действие основано на подавлении активности ферментов при образовании пантотеновой кислоты, торможении активности пепсина, каталазы и панкреатина.

Салициловая кислота раньше применялась в широких масштабах для консервирования огурцов и других овощей и фруктов. Для упаковки мармеладов и варений широко используют бумагу, пропитанную салициловой кислотой. В настоящее время в большинстве стран это вещество не применяется для консервирования.

Салициловая кислота быстро всасывается в кишечнике и долго не выводится из организма. Возможна кумуляция ее, что особенно опасно для детей. В небольшом количестве салициловая кислота переходит в материнское молоко. В высоких концентрациях она вызывает повреждение слизистых оболочек, нарушение деятельности центральной нервной системы и кровообращения, расстройства слуха и функции почек.

Экспертный комитет ФАО-ВОЗ по пищевым добавкам считает этот консервант опасным для здоровья человека даже в малых дозах и не рекомендует применять салициловую кислоту в качестве консерванта пищевых продуктов.

Антибиотики. Для предупреждения порчи пищевых продуктов применяются антибиотики в основном из группы тетрациклинов (хлортетрациклин и террамицин).

Кроме того, для консервирования предложены пенициллин, субтиллин, стрептомицин, левомицетин, низин и др.

Антибиотики применяются при следующих видах обработки:

– орошение или погружение продуктов в раствор антибиотиков (акронизация);

– инъецирование растворов антибиотиков и поваренной соли в сосудистую систему животных;

– использование льда, содержащего антибиотики, при транспортировке и хранении (в основном для рыбы);

– добавка растворов к различным пищевым продуктам (молоку, сыру, овощным консервам, сокам, пиву);

– опрыскивание свежих овощей.

Чаще применяется акронизация. Продукты погружают в раствор, содержащий 10–50 мг/л антибиотика, и выдерживают в нем от нескольких минут до двух часов. Этот способ часто применяется в комбинации с охлаждением. Сохраняемость мяса увеличивается в два раза.

Эффективно на микроорганизмы действует хлортетрациклин. Но при этом могут появиться резистентные разновидности стаффилококков и сальмонелл.

Применяемые в качестве консервантов антибиотики, как правило, частично разрушаются в процессе хранения или при кулинарной обработке продуктов.

По устойчивости к температурному воздействию антибиотики делятся на такие, как:

– термочувствительные (пенициллин, хлортетрациклин);

– термостойкие (стрептомицин, канамицин);

– умеренно стойкие (тетрациклин, эритромицин, окситетрациклин).

Термостойкость антибиотиков зависит от многих факторов: величины pH, температуры и длительности процесса, вида тепловой обработки, вида белков и концентрации антибиотиков.

Во многих странах по гигиеническим соображениям отказались от применения антибиотиков в качестве консервантов. В ряде стран разрешено применение низина для увеличения срока хранения плавленых сыров, печенья, майонезов, начинок, готовых блюд, консервированных и маринованных овощей, некоторых молочных продуктов.

4.6. Антиоксиданты и их синергисты

А н т и о к с и д а н т ы – это вещества, предотвращающие окислительные процессы в липидах путем блокирования цепной реакции в результате образования стабильных промежуточных продуктов.

С и н е р г и с т ы – это вещества, усиливающие действие антиоксидантов, но не обладающие антиокислительными свойствами. К синергистам относятся также вещества, которые инактивируют ионы тяжелых металлов, связывая их в комплексные соединения.

Однако в ряде случаев одно и то же вещество может выполнять различные функции, являясь и антиоксидантом, и синергистом.

Применение антиоксидантов в сочетании с синергистами позволяет увеличить продолжительность хранения жиров и жиросодержащих продуктов, максимально сохранить их пищевую ценность и качество.

Механизм действия антиоксидантов основан на прерывании реакции автоокисления липидов. Механизм окислительной порчи жиров подробно изложен в ряде учебников [5, 15, 19], поэтому в этом разделе рассмотрим некоторые особенности действия антиоксидантов и их синергистов. В соответствии с перекисной теорией Баха–Энглера и учением о цепных вырожденно-разветвленных реакциях в процессе окисления липидов образуются свободные радикалы путем отнятия атома водорода от углеводородной цепи свободной или связанной с глицерином жирной кислоты.

Свободный радикал жирной кислоты R присоединяет кислород под действием тепловой или световой энергии и образуется свободный пероксид-радикал.

$$R^{\bullet} + O_2 \qquad ROO^{\bullet} \qquad (1)$$

Этот радикал способен к реакции с донатором водорода, при этом образуется первый стабильный промежуточный продукт самоокисления – гидроперекись ROOH и вновь свободный радикал жирной кислоты.

$$ROO^{\bullet} + RH \qquad ROOH + R^{\bullet} \qquad (2)$$

Эта последовательность реакций зависит от образования радика-лов и протекает вначале медленно.

Однако, когда накапливается достаточно гидроперекисей, они распадаются в ходе бимолекулярной реакции на радикалы, освобождающие высокореакционные фрагменты и создающие таким образом самоускоряющуюся цепную реакцию автоокисления.

$$2ROOH \qquad ROO^{\bullet} + RO^{\bullet} + H_2O \qquad (3)$$

Антиокислители AH вступают в реакцию (2), причем возникающие радикалы $A^{\bullet}$ более стабильны, чем радикалы $R^{\bullet}$ и не ускоряют реакцию (1). Вследствие этого увеличивается период индукции.

$$AH + ROO^{\bullet} \qquad ROOH + A^{\bullet} \qquad (4)$$

Синергисты (SH_2) могут восстанавливать радикалы $A^{\bullet}$, но не в состоянии реагировать с $ROO^{\bullet}$ по реакции (4).

$$SH_2 + 2A^{\bullet} \qquad S + 2AH \qquad (5)$$

Антиокислители способны отщеплять водород и образовывать относительно стабильные радикалы. Синергисты также являются донаторами водорода (5), его акцепторами будут только радикалы $A^{\bullet}$, но не пероксид-радикалы.

В результате этих реакций замедляется образование продуктов распада перекисей и гидроперекисей (альдегидов, кетонов, эпоксидов, низших жирных кислот), а также продуктов полимеризации и конденсации различного строения, ухудшающих органолептические свойства, пищевую ценность и качество жира.

В пищевой промышленности применяются естественные и синтетические антиоксиданты.

К естественным антиоксидантам относятся: токоферолы (вита-мин Е, флавоны, рутин, кверцетин), эфиры галловой кислоты, гвояковая кислота, препараты из сои, овса, из различных семян и пряностей, госсипол хлопкового масла, сезомол кунжутного масла и другие.

К синтетическим антиоксидантам относятся: бутилоксианизол, бутилокситолуол, орто- и пародифенолы, пропилгаллат, додецилгаллат и другие.

В качестве синергистов чаще всего применяются аскорбиновая кислота и ее производные.

Токоферолы. Жировые продукты содержат определенное количество природных антиоксидантов среди них наибольшее значение имеют токоферолы, которыми особенно богаты растительные масла. В маслах токоферолы представлены смесью нескольких изомеров (α, δ, γ - изомеры). α-токоферол проявляет большую витаминную активность и меньшую антиокислительную, δ-изомер – наоборот. В животных жирах токоферолы

встречаются лишь в небольшом количестве (5–30 мг/кг), недостаточном для консервирующего действия. Эффективность их достигается при добавлении в животные жиры или их жировые эмульсии антиоксидантов в количестве более 30 мг/кг. Сильные антиоксидантные свойства проявляются в сочетании с аскорбиновой и лимонной кислотами.

Масла из зародышей пшеницы и маиса содержат много токоферолов и могут использоваться в качестве антиоксидантов.

С токсикологической точки зрения нет отрицательных данных по использованию токоферолов в качестве антиоксидантов.

Аскорбиновая кислота и ее производные. К ним относятся L- и D-формы аскорбиновой кислоты, их пальмитаты, стеараты и миристаты, а также D-изоаскорбиновая кислота, эриторбовая кислота и ее натриевые соли. Они чаще применяются как синергисты.

Аскорбинпальмитаты широко применяются для растительных масел, маргаринов, сливочного масла и майонезов. L-аскорбиновая кислота добавляется в сухое молоко. Большое значение имеет добавление аскорбиновой кислоты в пищевые продукты растительного происхождения, приобретающие темную окраску вследствие ферментативных процессов. Добавление аскорбиновой кислоты в количестве 1–2 г/кг продукта позволяет сохранить цвет и запах многих консервированных фруктов.

Применение аскорбиновой кислоты сокращает использование нитритов при производстве мясных продуктов. Она предотвращает образование нитрозаминов.

В большинстве стран разрешается применять аскорбиновую кислоту и ее соли.

Препараты из сои. В сое содержатся токоферолы, поэтому препараты на основе сои можно использовать в качестве антиоксидантов. Соя содержит лецитин, поэтому применяется как эмульгатор. Экстракты из соевой муки хорошо сохраняют каротиноиды.

Препараты из овса. Беззародышевые зерна овса тормозят окисление жиров и жиросодержащих выпечных изделий, а также применяются для стабилизации аскорбиновой кислоты. Механизм действия изучается.

Производные флавона. К ним относятся кверцетин, кверцитрин и рутин. Антиокислительное действие их сильнее, чем галлатов. В качестве синергистов кверцетина применяется лимонная и аскорбиновая кислоты. Эти соединения не токсичны и ограничений на их применение нет.

Гваяковая смола. Это нерастворимая в воде аморфная масса, состоящая из α- и δ-гваяковых кислот. Добывается из тропических деревьев се-

мейства гваяковых. Применяется для животных жиров в концентрациях 1–2 г/кг.

Эфиры галловой кислоты (галлаты). К наиболее распространенным эфирам галловой кислоты относятся пропилгаллат, октилгаллат, додецилгаллат и лаурилгаллат. В воде они не растворимы, в жирах хорошо растворяются лишь октил- и додецилгаллат.

Галлаты – очень эффективные антиоксиданты, они применяются для сохранения жиров, масел и эмульсий в количестве 50–200 мг/кг. Их действие усиливается добавлением синергистов – лецитина или лимон- ной кислоты. Галлаты добавляют в сухое молоко, картофельные чипсы, сельдь жирную, а также для стабилизации витамина А.

Пропилгаллат используют при производстве бульонных куриных и мясных кубиков.

Однако галлаты способны образовывать с ионами тяжелых металлов, особенно с ионами железа (Fe^{3+}), интенсивно окрашенные соединения, что может ухудшить окраску жиров. Допустимое содержание галлатов в продуктах 0,2%.

К антиоксидантам естественного происхождения относятся экстракты из семян редиса, рапса, томатов, различных пряностей (анис, кардамон, кориандр, укроп, горчица, имбирь, красный перец, шалфей, розмарин), а также препараты из шелухи какао.

Из синтетических антиоксидантов широко в мире применяются бутилоксианизол (БОА) и бутилокситолуол (БОТ). Они имеют идентичный механизм антиокислительного действия и эффективно подавляют автоокисление липидов в концентрациях 20–200 мг/кг продукта.

Этими веществами также можно пропитывать упаковочный материал для жиров и изделий, содержащих значительное количество жира.

В РФ допущены: аскорбиновая кислота (ПДК не лимитируется) – для задержки окисления маргарина; БОА и БОТ (ионол) – для животных топленых жиров и шпика соленого (ПДК – 200 мг/кг); додецилгаллат – для жиров пищевых концентратов (ПДК – 100 мг/кг). БОТ применяется для пропитки упаковочных материалов, используемых для кексов, шоколадных изделий, крупяных и других продуктов из расчета 0,5 г на один килограмм упаковочного материала.

Активность этих окислителей повышается в присутствии других фенольных антиокислителей или синергистов. Они не вызывают изменения органолептических свойств пищевых продуктов.

4.7. Ферментные препараты

Для производства многих видов пищевых продуктов требуется длительное время.

Определенное место в совершенствовании технологических процессов, ускорении производства различных продуктов питания отводится ферментным препаратам. Ферменты, добавляемые к продуктам питания, позволяют ускорить процессы созревания мяса и рыбы, выход сока из плодов и овощей, брожение крахмала, теста и т.д. Это дает возможность снизить себестоимость продукции, ускорить сроки ее изготовления, улучшить качество пищевых продуктов. Ферментные препараты в настоящее время широко применяются при производстве пива, спирта, консервов, в хлебопекарной, рыбо- и мясоперерабатывающей промышленности. Чаще всего ферментные препараты применяются при производстве плодовых и овощных соков, для увеличения выхода сока, его осветления [28].

Все ферментные препараты (ФП) тщательно изучаются в гигиеническом отношении, так как среди продуцентов ФП грибного или бактериального происхождения могут быть токсикогенные штаммы микроорганизмов.

ФП, используемые при обработке пищевых продуктов с целью токсикологической оценки, подразделяются на 5 классов:

1. Ферменты, полученные из тканей животных, обычно используемых в пищу. Они рассматриваются как пищевые продукты и считаются допустимыми при условии, что для них могут быть разработаны удовлетворительные химические и микробиологические спецификации;

2. Ферменты, полученные из частей растений, используемых в пи- щу. Они также рассматриваются как пищевые продукты и считаются допустимыми при условии, если для них могут быть разработаны удовлетворительные химические и микробиологические спецификации;

3. Ферменты, полученные из микроорганизмов, традиционно используемых в приготовлении пищи. Эти препараты также рассматриваются как продукты питания и считаются допустимыми при условии, что они снабжены микробиологическими и химическими спецификациями;

4. Ферменты, полученные из непатогенных микроорганизмов, являющихся контаминантами пищи. Эти препараты не считаются продуктами питания. Для них необходимо разработать спецификации, проводя краткосрочные токсикологические исследования. Оценка этих ферментов в каждом случае производится индивидуально, после чего устанавливается величина допустимого суточного потребления.

5. Ферменты, получаемые из малоизвестных микроорганизмов. Эти препараты требуют химических и микробиологических спецификаций и более подробного токсикологического изучения.

Оценка безопасности ферментов не зависит от того, добавляются ли ферменты непосредственно в пищу или используются в иммобилизованной форме. Особенно важна токсикологическая оценка ферментов, относящихся к 4-му и 5-му классам.

При этом необходимо учитывать следующее:

– ферментные препараты добавляют непосредственно в пищевой продукт и не удаляют из него;

– ферментные препараты добавляют в пищевой продукт, но удаляют из конечного продукта в соответствии с технологией;

– иммобилизованные ферментные препараты находятся в контакте с продуктами питания только в процессе обработки.

Наименование препаратов, согласно принятой в России и СНГ номенклатуре, указывает на вид ферментной активности (протеолитическая и др.), продуцент и метод культивирования (поверхностный – П, глубинный – Г), а также степень концентрирования ферментов по сравнению с исходной культурой продуцента. Так, например, из названия "Протосубтилин Г10х" следует, что фермент протеолитический, получен из B.Subtilis глубинным методом и концентрирован десятикратно.

Ферментные препараты широко применяются при производстве соков. Так, для увеличения выхода сока используются ферментные комплексы, содержащие: протеолитические, пектолитические, гемицеллюлазные и целлюлазные составляющие; в некоторых случаях содержатся амилазные, если в сырье содержится крахмал.

В настоящее время принята следующая номенклатура пектолитических ферментов.

Пектинэстераза (ПЭ) гидролизует эфирные связи метилового спирта, и последний выделяется в свободном состоянии.

Эндополиметилгалактуроназа (эндо-ПМГ) разрывает цепь пектина произвольно по длине, причем соседние галактуроназные остатки должны быть метилированными.

Экзополиметилгалактуроназа (экзо-ПМГ) разрывает крайние α-1$\rightarrow$ 4-связи, т. е. отщепляет только крайние галактозные кольца, что способствует образованию свободного сахара (глюкозы).

Эндополигалактуроназа (эндо-ПГ) фрагментирует полигалактуроновую (пектовую) кислоту и слабо этерифицированную полигалактуроновую кислоту, называемую еще пектиновой кислотой.

Экзополигалактуроназа (экзо-ПГ) осахаривает крайние галактоз- ные кольца, если они неэтерифицированы.

Трансэлиминазы разрывают негидролитическим путем пектиновые вещества с образованием двойной связи в галактуроновом остатке между четвертым и пятым атомами углерода.

По субстратной специфичности трансэлиминазы делятся на эндопектинтрансэлиминазу (эндо-ПТЭ), экзопектинтрансэлиминазу (экзо-ПТЭ), эндополигалактуроназотрансэлиминазу (эндо-ПГТЭ) и экзополигалактуроназотрансэлиминазу (экзо-ПГТЭ), аналогично делятся полигалактуроназа и полиметилгалактуроназа.

Ферментативный препарат (комплекс) подбирается в зависимости от химического состава плодов и цвета.

Для слабоокрашенных (яблоки, груши, белый виноград, айва и т.п.) комплекс ферментов должен содержать пектинэстеразу, эндополи- галактуроназу, эндополиметилгалактуроназу. Желательно содержание протеиназы, экзополигалактуроназы, гемицеллюлазы и целлюлазы. Нежелательно наличие пектинтрансэлиминазы, аскорбатоксидазы, антоцианоксидазы. Недопустимо наличие пероксидазы, фенолоксидазы, каталазы.

Для сильноокрашенных красных плодов (вишня, малина, клубника, смородина и др.) ферментный препарат должен содержать: пектинэстеразу, эндополигалактуроназу и пектинтрансэлиминазу. Желательно содержание аналогичных ферментов, нужных для светлых плодов. Нежелательно наличие пероксидазы, полифенолоксидазы и каталазы. Недопустимо присутствие антоцианоксидазы и аскорбиназы.

Чем объяснить, что одни ферменты нужны, другие не нужны? При получении осветленного сока из светлых плодов образуется мезга, которую необходимо обработать. Под действием эндополигалактуроназы (эндо-ПГ), экзо-ПМГ и пектинэстеразы резко снижается вязкость полученного сока. Протеиназа, экзо-ПГ, целлюлаза и гемицеллюлаза повышают проницаемость клеточных стенок, способствуя увеличению выхода сока. Наличие пектинтрансэлиминазы нежелательно, потому что она катализирует разложение нерастворимого пектина и активизирует мацерацию плодовой ткани; это ухудшает дренажные свойства плодовой мезги. Окислительные ферменты ухудшают цвет.

При производстве соков с мякотью (нектаров), наоборот, желательно наличие мацерирующих ферментов, но нежелательно присутствие эндополигалактуроназы, которая понижает вязкость жидкой фазы и ускоряет расслоение нектара. При производстве этих соков определяющую роль играют пектинтрансэлиминаза, гемицеллюлаза и целлюлаза. Пектинтрансэлимина-

за способствует превращению протопектина в пектин, а целлюлаза и гемицеллюлаза улучшают консистенцию сока. Полигалактуроназа и особенно эндополигалактуроназа нежелательны, потому что уменьшают вязкость и гомогенность.

Максимальная сокоотдача и хорошее осветление, а также наиболее низкая вязкость отжатого после прессования сока получаются под действием эндо-ПГ и эндо-ПМГ, т.е. двух ферментов. Чем выше степень этерификации пектина, тем больше вязкость сока и тем слабее будет эффективность эндо-ПГ, а выше эффективность эндо-ПМГ.

Обычно трансэлиминазы имеют оптимум действия в нейтральном pH, поэтому в нормальных условиях мало эффективны, но все-таки способствуют мацерации тканей плодов и овощей.

Дубильные вещества отрицательно влияют на пектолитические ферменты, но и сами изменяются под действием ферментов. Ингибирующий эффект на них оказывает лимонная кислота, а полигалактуроназа чувствительна к фенольным соединениям и особенно к окисленным лейкоантоцианам и катехинам.

Выпускаемые в настоящее время пектолитические препараты обычно являются полиферментами и их ферментный состав зависит от продуцента (микроорганизма) и условий получения. Поэтому для каждого препарата необходимо предварительно установить оптимальные условия его использования для данного сырья. Кроме того, следует иметь в виду, что сырье тоже содержит пектолитические ферменты.

Расщепление пектиновых веществ происходит под действием двух групп пектолитических ферментов – гидролитических (эндо-ПГ, экзо-ПГ, эндо-ПМГ) и ферментов липазного типа, разрывающих α-1$\rightarrow$4-связи и образующих ненасыщенные мономерные остатки галактуроновой кислоты (эндо-ПТЭ, экзо-ПТЭ, эндо-ПГТЭ и экзо-ПГТЭ).

У яблок, груш и айвы под влиянием пектинэстеразы и полигалак- туроназы разрушается растворимый пектин, вязкость клеточного сока понижается, выход сока увеличивается.

Если ферментный препарат содержит пектинтрансамилазу и другие мацерирующие ферменты, то часть нерастворимых пектиновых веществ переходит в растворимые формы. Это приводит к повышению вязкости клеточного сока и соответствующему понижению выхода сока.

Для нежных плодов – земляники, малины, смородины под влиянием пектолитических ферментов быстро нарастает проницаемость клеточных мембран, нарушается целостность самих клеток, вязкость сока падает, а выход увеличивается на 20%.

Для черешни, вишни и винограда, у которых окрашена лишь кожица, обработка ферментами должна обеспечить мацерацию не только мякоти, но и кожицы, для того чтобы могли экстрагироваться и антоцианы, содержащиеся в них. Это достигается примерно за три часа. Выход сока повышается на 5–7%.

Для некоторых косточковых плодов (созревших слив, абрикосов, персиков и др.), обработка ферментами обязательна в целях понижения вязкости сока. При этом выход сока повышается на 12–20%, достигая 50–55%.

Для предотвращения ухудшения цвета под действием окислительных ферментов, рекомендуется бланшировать сливы, черные сорта винограда и другие плоды. Термическая обработка яблок, айвы, белых сортов винограда исключена. Вместо нее используется обработка химическими препаратами, которые, однако, не должны мешать гидролитическим процессам. Применяют SO_2, сорбиновую кислоту, бензоат натрия, аскорбиновую кислоту и др.

В противном случае в течение трех – четырех часов обработки ферментами окислительные ферменты сильно ухудшают качество полученного сока.

К сокам и компотам перед герметизацией банок прибавляют глюкозидазу и каталазу с целью понижения окислительных реакций.

Глюкозидаза окисляет глюкозу до глюконовой кислоты, и выделяется пероксид водорода, который разлагается каталазой.

Протеолитические ферментные препараты понижают содержание белков в осветленных соках и этим предотвращают их помутнение на белковой основе.

При производстве соков из цитрусовых плодов добавляют фермент нарингиназу с целью разрушения нарингина (7-рамнозидо- β-глюкозидо-4,5,7-тригидроксифлавонон), придающего соку горький вкус. Пектолитические препараты также гидролизуют нарингин с образованием прунина и нарингинина, которые не имеют горького вкуса. Но этот процесс протекает намного медленнее.

Ферментные препараты нашли широкое применение не только при производстве соков, но и в других отраслях пищевой промышленности.

Так, ферментные препараты из грибов Aspergillus terricola, штамм 3374 и As.oryzae, штамм КС ускоряют созревание соленой сель- ди, а также разрешены в качестве размягчителей полуфабрикатов из грубых сортов мяса.

Фицин – растительный фермент, получаемый из сока инжира, применяют для обработки мяса перед приготовлением вторых блюд. Под влия-

нием ферментного препарата мясо приобретает нежную, мягкую консистенцию и приятный вкус, что объясняется гидролитическим изменением белка.

ФП липооризин ГЗХ, выделяемый Rhizopus cryzae, может использоваться для структурированных рыбных продуктов.

Иммобилизованные ферменты. Ферменты могут использоваться "однократно" и "многократно". При классических методах ферментативной обработки сырья ферменты остаются в продукте или инактивируются при однократном использовании.

Созданы новые формы ферментных препаратов, используемых многократно. Их называют иммобилизованными связанными, фиксированными, матрицированными, но чаще употребляется термин "иммобилизованные". Для иммобилизирования ферментов используют разнообразные носители неорганического и органического происхождения.

Органические носители – полимеры природного и синтетического характера. К полимерам природного происхождения относятся полисахариды и белковые носители в качестве остатков целлюлозы, декстрина, крахмала (амилозы и амилопектина), агарозы.

В качестве синтетических полимерных носителей используются полиметиленовые, полиамидные и полиэфирные соединения.

Наиболее перспективными неорганическими носителями являются микропористые силикагели, пористые стекла, аэросилогели и др.

К носителям предъявляются определенные требования: они не должны растворяться в среде, которая будет обрабатываться ферментом, вызывать конформационные изменения в молекулах белков ферментов и других белков, содержащихся в обрабатываемом продукте, и должны отличаться по электрическому заряду от заряда фермента, обладать высокой химической, биологической и механической устойчивостью, иметь высокую гидрофильность, легко поддаваться гранулированию и активизации. Носители могут выпускаться в форме зерна, волокон, колец, трубочек и т.д.

Все способы связывания ферментов с носителями делятся на две группы: без образования ковалентных связей между белком и матрицей (физические методы иммобилизации) и с образованием ковалентных связей (химические методы иммобилизации). В настоящее время химические методы являются основными. Полученные посредством этого метода препараты являются стабильными, ферменты "не отмываются" от носителя, понижая отрицательное действие матрицы на сам фермент. Существенным недостатком является частичная инактивация фермента, который иммобилизован.

Современное направление – иммобилизация целых микробных клеток и их использование для определения соответствующих ферментных реакций.

Иммобилизованные ферменты отличаются по свойствам от нативных ферментов, так как несколько изменяется пространственная структура ферментной белковой молекулы, поэтому иммобилизация понижает активность ферментов. Однако иммобилизация приводит к расширению границ температуры и pH, более эффективному действию ферментов, что является преимуществом. Кроме того, активизация ферментативных реакций сохраняется и снижается отрицательное влияние ингибиторов.

5. ПРИРОДНЫЕ ТОКСИКАНТЫ И ЗАГРЯЗНИТЕЛИ

В пищевых продуктах наряду с полезными веществами часто содержатся микрокомпоненты, которые в определенном количестве могут оказать отрицательное действие на организм человека. Это природные токсиканты и загрязнители – токсичные вещества, поступающие в пищу из окружающей среды, при нарушении различных технологических процессов производства, хранения пищевого сырья и продуктов питания.

5.1. Природные токсиканты

Природные токсиканты – это вещества, содержащиеся в микроколичестве в нативном пищевом сырье и продуктах или образующиеся в процессе ферментации, маринования и других видов консервирования некоторых скоропортящихся продуктов.

К природным токсикантам относятся биогенные амины, некоторые алкалоиды, цианогенные гликозиды и кумарины.

Наиболее распространенные и опасные биогенные амины – это серотонин, тирамин, гистамин, менее – путресцин, кадаверин, спермидин. Эти соединения, особенно гистамин, обладают сосудорасширяющим действием, и поэтому содержание их в пищевых продуктах в значительном количестве может оказать отрицательное влияние на здоровье человека.

Больше, чем в других продуктах, серотонин содержится в томатах, сливе и шоколаде; тирамин и гистамин – в ферментированных продуктах (сыре), маринованных рыбных продуктах, в рыбных консервах, вяленой рыбе. Причем количество путресцина, кадаверина и спермидина увеличивается при хранении различных рыбных консервов.

К алкалоидам относятся кофеин, теобромин, теофилин, содержащиеся в зернах кофе, листьях чая, напитках кока-кола, пепси-кола. Эти вещества обладают возбуждающим действием на нервную систему человека и при избыточном употреблении могут оказать отрицательное влияние на здоровье человека.

При хранении на свету в картофеле и овощах образуются стероидные алкалоиды (соланин и чаконин), способные вызвать отравление организма при концентрации около 500 мг/кг продукта.

Цианогенные глюкозиды, из которых наиболее распространен амигдалин, содержатся в косточках миндаля, персиков, сливы, абрикосов. При ферментативном или кислотном гидролизе амигдалина выделяется синильная кислота, вызывающая поражение нервной системы. При варке варенья, джема, компотов из косточковых плодов не происходит образования синильной кислоты, при приготовлении различных настоек и наливок с использованием косточковых плодов возможно образование этой кислоты, особенно при нарушении технологии данного процесса.

Кумарины относятся к мономерным фенольным соединениям, обнаружены в листовых овощах, и в настоящее время они мало изучены.

5.2. Загрязнители

Под загрязнителями или токсикантами окружающей среды понимают такие вредные вещества, которые распространяются в окружающей нас среде далеко за пределы своего первоначального местонахождения и в связи с этим оказывают вредное воздействие на животных, растения, а в ряде случаев и на человека [29, 30].

В последние десятилетия во многих странах проблема охраны здоровья населения в связи с возможностью поступления в организм с пищей химических загрязнителей из окружающей среды становится все более острой.

К загрязнителям, поступающим из окружающей среды, относятся ядовитые отходы промышленности, транспорта и домашнего хозяйства, попадающие через воздух, воду и почву в продукты питания. Чаще всего это продукты сгорания, токсичные элементы и другие химические вещества.

Наиболее значительную группу загрязнителей представляют собой сельскохозяйственные ядохимикаты, пестициды и удобрения.

К загрязнителям относятся компоненты упаковочных материалов. Они представлены в виде загрязнений от металлической тары, от пропитанной бумаги и дерева, а также в виде вспомогательных синтетических веществ, добавляемых в пластмассы и полимерные материалы для придания им желаемых свойств.

К загрязнителям пищевых продуктов относятся также бактериальные токсины и микотоксины – продукты жизнедеятельности плесеней, многие из которых идентифицированы и отнесены к чужеродным веществам.

Для пищевых продуктов, а следовательно, и для человека наибольшую опасность представляют пестициды, соли тяжелых металлов (токсичные элементы), микотоксины, нитраты, нитриты и нитрозамины, радиоактивные загрязнения.

5.2.1. Пестициды

Пестициды – это химические вещества, применяющиеся для уничтожения микроорганизмов (фунгициды), сорняков (гербициды) и насекомых (инсектициды), вредоносных или нежелательных с точки зрения экономики или здравоохранения [31].

Практически все продукты растениеводства в процессе роста или хранения подвергаются действию химических веществ (пестициды, минеральные удобрения, продукты загрязнения атмосферы).

Современное промышленное животноводство также использует разнообразные химические вещества (пестициды, стимуляторы роста, кормовые добавки, гормональные препараты, консерванты и другие).

Применение пестицидов во всем мире увеличивается, так как они сохраняют урожай, снижают потери от микроорганизмов и сельскохозяйственных вредителей, уничтожают сорняки. В то же время возникает ряд проблем и негативных моментов, связанных с отравлением людей, животных, растений, загрязнением окружающий среды, особенно водного и воздушного бассейнов земли, нарушением равновесия в экологической системе между отдельными видами и различными представителями растительного и животного мира. Пестициды могут попадать в организм человека с пищей, из почвы, воды и воздуха. Велико влияние пестицидов на экологическую систему, многие пестициды способны разрушать природные ферменты, необходимые для жизни растений, животных и полезных насекомых.

Эффективное применение различных химических веществ и особенно пестицидов в сельском хозяйстве, исключающее попадание их в определенном количестве в окружающую среду и продукты питания, – одна из главных проблем химизации сельского хозяйства, а также органов здравоохранения.

Большинство современных пестицидов относится к малотоксичным и малостойким соединениям. К моменту зрелости и сбора урожая в продуктах растениеводства либо вовсе не обнаруживаются пестициды, либо их количество настолько мало, что не может оказать через пищу вредного влияния

на организм человека. Только при грубом нарушении правил пользования пестицидами (увеличении доз, кратности и сроков обработки) в пищевых продуктах могут остаться пестициды в количестве, превышающем ПДК. Однако и при правильном использовании пестициды могут оказать отрицательное влияние на качество продуктов. Это в первую очередь относится к "системным пес-тицидам" внутрирастительного действия, которые проникают внутрь растений, попадают в их организм и ткани.

В настоящее время выпускается и применяется в сельском хозяй- стве большое количество пестицидов различной химической структуры. Все пестициды, используемые в растениеводстве и животноводст-ве, делятся на следующие группы:

1. Хлорорганические химические вещества; применяются как инсектициды (гексахлорциклогексан – ГХЦГ, кельтан, каптан, полихлоркамфен, сульфон) для обработки картофеля, овощных, ягодных и зерновых культур.

2. Фосфорорганические химические вещества, применяемые как инсектициды (карбофос, хлорофос, тетраметилтиурамид сульфид, метатион, дуребан и другие).

3. Производные карбаминовой, тиокарбаминовой и дитиокарбаминовой кислот; применяются как фунгициды (бенлат, поликарбацин, цинеб), гербициды (бетанол, ронит), инсектициды (севин, карбат, карбендазин).

4. Хлорпроизводные фенолоксикислот; используются как гербициды (кротилин, дипал, карнокс, бутирал, бексон, метаксон) для обработки зерновых культур и картофеля.

5. Производные сими-триазина; применяются как гербициды (приматол, метазин, мезоранил, мезурон, зенкор, прометрин, сульфазин) для обработки овощей, картофеля, ягодных, бобовых и цитрусовых культур.

6. Нитро- и хлорпроизводные фенола; используются как инсекти-циды (динофен, динобуто, крезанит и другие), гербициды (каратан, аратан, динокап, мороцид и другие); как инсектицид, фунгицид и гер-бицид применяется нитрафен для яблонь, груш, ягодных культур, винограда.

7. Производные мочевины; применяются как гербициды (аре-зин, вензар, диурон, линурон, монурон и другие) и фунгициды (карпен, церкобан, метилтиофан и другие) для картофеля, овощей, яблонь, груш и пшеницы.

8. Медьсодержащие соединения; используются как фунгициды (сульфат меди, оксихлорид меди, бордосская жидкость и другие) для многих плодовых, ягодных и овощных культур.

Более опасны для окружающей среды и человека хлорорганические соединения, менее – фосфорорганические, так как они быстрее разлагаются

и их остатки в продуктах обнаруживаются в 4–5 раз реже, чем хлорорганические.

Широкое применение во многих странах мира получили карбаматы. Они используются в сельском хозяйстве в качестве инсектицидов, фунгицидов, гербицидов, нематоцидов, регуляторов роста растений, а также для борьбы с переносчиками инфекций [31].

Карбаматы – это большая группа синтетических пестицидов, N-замещенные эфиры карбаминовой кислоты, имеющие общую структурную формулу

$$R' - NH - \underset{\underset{O}{\|}}{C} - OR'',$$

где R' – алкильные радикалы; R" – арильные радикалы.

Простые эфиры и N-замещенные производные карбаминовой кислоты – это нестойкие соединения, особенно в щелочной среде, распадающиеся с образованием спирта, фенола, аммония, амина и CO_2.

Соли и эфиры замещенной карбаминовой кислоты более стойки, чем сама карбаминовая кислота.

Производное карбаматного эфира – это твердое кристаллическое вещество с низким давлением пара и плохой растворимостью в воде, но хорошей – в органических растворителях. Некоторые карба-маты могут сублимировать с поверхности слоя почвы в атмосферный воздух, загрязняя его. Карбаматы быстро разлагаются в воде и легко смываются дождевыми водами с растений после их обработки, загрязняя воду рек и озер.

В почве карбаматы разлагаются по-разному в зависимости от влажности и типа почв, pH, наличия микроорганизмов, способности абсорбции, вида карбамата (например, карбендазин очень медленно разлагается).

Механизм токсического действия карбаматов основан на подавлении активности ацетилхолинэстеразы (АХЭ) и других эстераз; АХЭ способствует гидролизу ацетилхолина до холина и уксусной кислоты.

Установлено, что под влиянием химических веществ возможно изменение качества продуктов, которое может иметь как положительную, так и отрицательную направленность. Качество продуктов в результате применения химических веществ может повышаться за счет улучшения минерального состава, уничтожения микроорганизмов, накопления ценных веществ. Однако под влиянием пестицидов, способных проникать в растения, происходят физиолого-биохимические изменения, приводящие к изменению и

ухудшению качества продуктов. Так, ухудшаются органолептические показатели за счет остаточного количества пестицидов (появляются посторонний запах и вкус); изменяется химический состав и биологическая ценность (уменьшается количество витаминов, β-каротина, углеводов, аминокислот); образуются новые химические соединения, являющиеся метаболитами пестицидов. Некоторые промежуточные продукты распада пестицидов представляют собой стойкие соединения, которые могут сохраняться после сбора урожая.

Сохранение остатков пестицидов в овощах и плодах представляет особую опасность, так как они часто используются в пищу в сыром виде и, следовательно, термического разложения пестицидов не происходит. Овощи в большей мере накапливают пестициды, чем плоды. Морковь, томаты и огурцы обладают высокой способностью накапливать пестициды, из которых чаще всего встречается севин.

Многие пестициды хорошо растворяются в жирах и могут накапливаться в продуктах животноводства, в частности, молоке, яйцах, сметане, масле и т.п.

В последние годы в связи с запрещением хлорорганических пестицидов, улучшением санитарного контроля, использованием малостойких пестицидов их содержание в пищевых продуктах выше предельно-допустимых концентраций (ПДК) практически не обнаруживается.

В настоящее время в нормативной документации на качество пищевых продуктов и в сертификатах соответствия указывается ПДК для пестицидов.

5.2.2. Токсичные элементы

Токсичные элементы. К основным токсичным элементам относятся: ртуть, свинец, кадмий, олово, медь, цинк, мышьяк, хром [32].

Ртуть – токсичный элемент кумулятивного действия принадлежит к числу рассеяных в природе микроэлементов, легко образует большое число органических и неорганических соединений, подавляющее большинство которых ядовито. Наиболее ядовиты органические соединения ртути.

Ртуть в металлической или связанной форме вместе с отходами химических предприятий попадает в сточные воды или в воздух, а затем в воду. Этот элемент попадает в воду также при вымывании почв дождевой водой. Всего в мире ежегодно производится около 9000 т ртути, из них примерно 5000 т впоследствии попадает в реки, озера, океаны.

В большинстве пищевых продуктов содержится очень мало ртути (менее 0,01 мг/кг – следы). Больше ее обнаружено в орехах, какао-бобах и в

шоколаде (до 0,1 мг/кг). Ртуть накапливается в почках живот- ных и в рыбах-хищниках, особенно в тунце (до 0,7 мг/кг). Из всего количества ртути, которое поступает в организм человека с пищей, примерно половина приходится на продукты животного происхождения и одна треть – на растительную пищу.

Наиболее опасны в наземных и водных пищевых цепях и для организма человека метилртуть и другие алкильные соединения. Именно они применяются в качестве фунгицидов (например, для обработки зерновых культур), при производстве бумажной массы, служат катализаторами при синтезе пластмасс и в большом количестве с отходами производства попадают в окружающую среду.

Метилртуть представляет собой высокотоксичное жирорастворимое и устойчивое к воздействию внешних факторов соединение. Значительное количество этого вещества накапливается в воде при преобразовании ртути под действием микроорганизмов, обитающих в водных бассейнах.

Частое употребление в пищу рыбы даже при относительно низкой концентрации в ней метилртути приводит к отложению ртути в волосах (до 50 мг/кг). Если накапливается в волосах около 300 мг/кг, то это опасно для жизни.

Метилртуть оказывает вредное влияние на координацию движения, поражает головной мозг, ухудшает зрение.

По данным комитета ФАО-ВОЗ, в пищевых продуктах метилртути допускается 0,05 мг/кг, для рыбы – до 0,5 мг/кг, в питьевой воде – до 0,001 мг/л.

Недельное поступление ртути – не более 0,3; метилртути 0,2 мг для человека.

Свинец относится к наиболее изученным ядам высокой токсичности. В большинстве продуктов животного и растительного происхождения его содержится мало (не более 0,5–1,0 мг/кг). Чаще всего этот элемент обнаруживается в хищных рыбах, ракообразных и моллюсках.

В основном повышенное содержание свинца наблюдается в консервах, помещенных в жестяную тару. Большое загрязнение окружающей среды, пищевых продуктов и человека связано со сгоранием этилированного бензина. Тетраэтилсвинец, добавляемый в бензин для повышения октанового числа в количестве 0,1%, летуч и более токсичен, чем сам свинец.

В настоящее время практически все пищевые продукты, вода и другие объекты окружающей среды загрязнены свинцом, и тенденция к загрязнению со временем возрастает. Больше всего свинец накапливают листовые овощи, причем 95% свинца поглощается из воздуха и 5% – из почвы.

По данным ФАО-ВОЗ, среднее количество свинца, попадающего в организм с нормальными пищевыми продуктами, составляет 230–250 мкг в день; из воздуха – 90 мкг в день.

Свинец, подобно другим солям тяжелых металлов, включается в различные клеточные ферменты, в результате чего эти ферменты не могут выполнять предназначенные им в растительной, животной клетках или в организме человека функции. Токсичное действие свинца связывают с тем, что ионы свинца образуют с сульфгидрильными группами ферментов устойчивые меркаптиды. Свинец влияет на биосинтез нуклеиновых кислот, протеинов гемоглобина и различных гормонов.

Свинцовое отравление сопровождается поражением головного мозга, расстройством нервной системы и ухудшением зрения.

ПДК свинца для пищевых продуктов составляет от 0,1 до 1,0 мг/кг, ПСП для человека 0,05 мг на один килограмм массы тела.

Кадмий один из самых опасных токсикантов (токсичнее свинца). В природной среде он встречается в очень малом количестве.

Но в последние 30–40 лет кадмий нашел широкое техническое применение: например, при нанесении гальванических покрытий (кадмирование неблагородных металлов), для получения красителей, в качестве стабилизатора для пластмасс (например, поливинилхлорид), в электрических батареях. При этом много кадмия с промышленными отходами попадает в воздух и воду. Так, в Балтийское море поступает примерно 200 т кадмия, в том числе 45% – из воздуха. А во всем мире в окружающую среду выбрасывается примерно 5000 т кадмия.

Больше всего кадмия накапливается в растительных продуктах. Он легко переходит из почвы в растения, 70% кадмия поглощается из почвы, 30% – из воздуха. Кадмий накапливается в грибах, почках животных, в какао-порошке. Кадмий опасен в любой форме – доза 30–40 мг может быть смертельной. Он плохо выводится из организма и вызывает хронические заболевания, поражает почки, нервную систему, приводит к костным заболеваниям, нарушает функции легких. Предполагается, что он обладает канцерогенным действием.

ПДК кадмия для пищевых продуктов составляет от 0,01 до 0,1 мг/кг.

Мышьяк. Источником загрязнения окружающей среды и, как следствие, продуктов питания и человека могут быть дымовые выбросы в виде мышьяковистого ангидрида медеплавильных заводов, электростанций, работающих на буром угле, при переработке некоторых руд. В ряде стран для ускорения роста цыплят, свиней и кроликов используют корм с добавлени-

ем солей мышьяковистой кислоты. Установлено, что при правильном вскармливании в мышечной ткани мышьяк не обнаруживается, но в печени может накапливаться. Человек принимает с пищей 1,5–2,0 мг мышьяка. В продуктах питания содержится мышьяка до 0,3 мг/кг, больше всего его обнаружено в дрожжах (до 17 мг/кг) и в морских моллюсках (до 120 мг/кг). Комитет ФАО-ВОЗ установил суточное поступление мышьяка 0,05 мг на один килограмм массы тела человека.

Хром. Металлический хром безвреден, так как не растворим. Сое- динения трехвалентного хрома не токсичны, а шестивалентного – сильно ядовиты. Хромированные изделия устойчивы к коррозии и не могут быть источником загрязнения. Наиболее опасны краски, содержащие хром, катализаторы и другие хромсодержащие соединения.

Поглощение хрома человеком очень мало. Организм содержит около 0,02–0,04 мг хрома на один килограмм массы тела. Кумуляция хрома в организме человека не обнаружена, выделение его происходит через почки.

Олово считается естественным компонентом пищевых продуктов низкой токсичности. Физиологическое значение не изучено. Органические соединения олова токсичны, применяются как фунгициды в сельском хозяйстве. Главным источником загрязнения пищевых продуктов являются луженые консервные банки из белой жести. Содержание олова в консервах составляет 20–175 мг/кг при соблюдении сроков хранения, в противном случае количество его в продуктах увеличивается в десятки раз.

Содержание в натуральных продуктах олова мало, до 4 мг/кг. До настоящего времени накопления олова в тканях и органах человека не наблюдалось. Безопасная ежедневная доза для человека неизвестна.

ПДК по олову устанавливается только в консервах: для взрослых – до 200 мг/кг и для детей – до 100 мг/кг.

Медь. Медь принадлежит к микроэлементам, необходимым для жизнедеятельности человека. Как недостаток, так и избыток меди вызывает нарушение обменных процессов в организме. Основными источниками загрязнения пищевых продуктов являются изделия из меди, применяемые в пищевой промышленности (котлы, трубопроводы, аппаратура и другие), а также медьсодержащие пестициды. Медь катализирует окисление жиров и аскорбиновой кислоты, ее присутствие может отрицательно повлиять на пищевую ценность и вкус продуктов питания. Естественное содержание меди в продуктах составляет 0,4–5,0 мг/кг, допустимые концентрации ее в продуктах 0,5–50 мг/кг в зависимости от вида. Общее количество меди в организме человека составляет примерно 100–150 мг, а ПСП – 0,5 мг на один килограмм массы тела.

Цинк. Цинк принадлежит к малотоксичным элементам. Источником загрязнения пищевых продуктов является оцинкованная посуда, ее неправильное использование, особенно для кислых продуктов.

В продуктах питания основная часть цинка представлена металлом естественного происхождения и содержится его примерно до 100 мг/кг. Высоким содержанием цинка отличается желатин (до 2000 мг/кг), зерновые культуры и особенно пшеница, некоторые фрукты и яичный желток до 45 мг/кг). Предельно-допустимая концентрация цинка в продуктах колеблется от 5 мг/л (напитки) до 100 мг/кг (фрукты, овощи). Для человека ПСП цинка комитетом ФАО-ВОЗ не установлено.

5.2.3. Радиоактивные загрязнения

Радиация – это один из наиболее распространенных источников загрязнения пищевых продуктов. В настоящее время увеличилась доза радиации в окружающей среде (авария на Чернобыльской атомной станции 1986 г.), а следовательно, и в пищевых продуктах.

Ниже приведена схема (рис. 5), характеризующая источники попадания радиоактивных элементов через окружающую среду в пищевые продукты и в организм человека [29].

Ядерные испытания, проводимые в различных странах, являются одной из причин радиоактивного загрязнения окружающей среды и пищевых продуктов.

Естественная радиоактивность изменяется и, скорее, подвергается постоянному снижению в результате превращения радиоактивных элементов в нерадиоактивные в соответствии с периодом полураспада.

Радиоактивные осадки (локальные или всемирные) опасны с точ-ки зрения содержания радиоактивных изотопов с длительным периодом полураспада, как, например, стронций-90 (89 лет) и цезий-137 (30 лет). Другие изотопы, например, йод-131 (8 дней) и стронций-89 (55 дней) менее опасны. Однако они могут создавать состояние опасности, вызванной локальным осаждением в районе взрыва.

Одним из важных показателей радиоактивности окружающей среды в случае локального осадка и при аварийном положении является изотоп йод-131. Он легко усваивается, хорошо растворяется в воде и в жидкостях организма. Содержание изотопа йод-131 в молоке характеризует зараженность окружающей среды.

Содержание стронция-90 и цезия-137 играет ту же роль при посто- янном контроле радиоактивного загрязнения.

Расщепление атомных ядер радиоактивных элементов сопровождается излучением α, β и γ -лучей. β-лучи – это высокоскоростные электроны; α-лучи – коротковолновые рентгеновские лучи. Энергия квантов радиоактивных излучений очень высока, в связи с чем они химически и биологически очень активны. При этом α-лучи менее активны, чем β- и γ-лучи. Характерной особенностью радиоактивных излучений является их способность вызывать ионизацию атомов и молекул, сопровождающуюся разрушением молекулярных структур.

Эффект действия ионизирующих излучений (радиации) на организм зависит от поглощенной дозы облучения. Очень малые дозы активируют некоторые жизненные процессы микроорганизмов, воздействуя на их ферментные системы; с повышением дозы облучения обмен веществ значительно нарушается, наблюдаются различные паталогические изменения в клетках (лучевая болезнь), которые могут привести к их отмиранию. При дозе ниже смертельной может восстановиться нормальная жизнедеятельность облученных клеток.

Губительное действие радиоактивных излучений обусловлено многими факторами. Они вызывают радиолиз воды в клетках и субстрате. При этом образуются свободные радикалы, атомарный водород, перекиси. Эти вещества, обладая высокой химической активностью, вступают во взаимодействие с другими веществами – возникает большое количество реакций, не свойственных нормально функционирующему организму. В результате наступают необратимые нарушения обмена веществ, разрушаются ферменты, изменяются внутриклеточные структуры.

Космическое излучение и естественная радиация

Ядерные взрывы

Ядерная энергия, радиоактивные изотопы

Атмосфера

Почва

Аэрозоли, осадки

Водоемы,

Рис. 5. Схема радиоактивного загрязнения пищевых продуктов и его воздействия на человека

Годовая радиоактивная нагрузка в пище человека не должна превышать 700 нанокюри. Органы здравоохранения учитывают особенно-сти радиоактивных изотопов: период полураспада, вид излучения, метаболизм (скорость поглощения и удаления, способность накопления в организме), защитные и обеззараживающие вещества.

Среди защитных мероприятий определенную роль играют адсорбция и связывание изотопов в почве с целью оборвать цепь попадания их в пищевые продукты.

В пищевых продуктах поиски ведутся по связыванию изотопов в нерастворимые комплексные соединения (сульфаты, оксалаты) или их разбавлению с помощью наполнителя, так, для стронция – это кальций (например, муку обогощают соединениями кальция). Обеззараживание возможно производить механическим путем – посредством удаления наружного слоя (помол зерна) – и химическим – посредством использования растворимости в воде или с помощью ионообменников (молоко, вода).

5.2.4. Микотоксины

Микотоксины – это ядовитые продукты обмена веществ плесеней, развивающихся на пищевых продуктах. Из плесеней, поражающих пищевые

продукты, примерно 75% способны выделять токсичные вещества, отравляющие при определенных концентрациях организм человека и животного.

Микотоксины делятся на высоко-, средне- и малотоксичные. К высокотоксичным относятся: афлатоксины, охратоксины, патулин, спородесмин, лютеосцерин, фузариогенин, рубратоксин, мальторицин, нидулотоксин и другие; к среднетоксичным: глиотоксин, цитринин, аспергиловая кислота и ее производные, пенициллиновая кислота, α-нитропропионовая кислота, роридин, иридиоскирин, ругулозин и другие; к малотоксичным: гризеофурен, койевая кислота, щавелевая кислота, фузариновая кислота, фумагилин, трихотеция и триходермин, микофеноловая кислота, виридин, хетамин, фузидиновая кислота, геодин, кротоцин и другие. Широко распространенными и наиболее опасными являются афлатоксины, охратоксины, патулин и лютеосцирин [33].

Афлатоксины. Источником афлатоксинов являются плесневые грибы Aspergillus flavus и Aspergillus parasiticus. Эти грибы широко распространены в окружающей среде, особенно их много обитает в почве. Они являются основными возбудителями инфекционных заболеваний многих овощных, плодовых и зерновых культур.

Афлатоксины, как и все другие микотоксины, попадают в пищевые продукты из следующих источников:

– из видимо загнившего сырья;

– из сырья без видимой плесени;

– из растительных продуктов, в которых присутствие плесени не доказано;

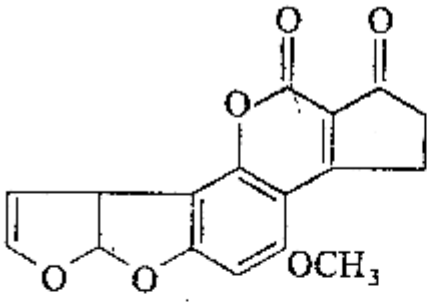
– из продуктов животного происхождения, в которых наличие афлатоксинов обусловлено характером корма;

– из продуктов ферментации.

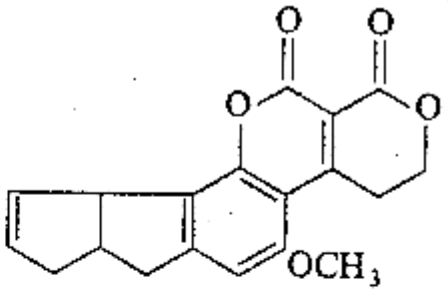
В явном виде заплесневелое сырье не применяется в пищу. Однако его скармливают животным, а затем афлатоксины через мясопродукты попадают в пищу. Такой продукт выбрасывается целиком, иногда удаляют очаги поражения; но метаболиты чаще всего проникают в продукт глубже, чем мицелий плесневого гриба, поэтому удаление очага плесени не гарантирует отсутствия токсинов. Способность к проникновению зависит в большой степени от пищевого продукта, во влажных и водянистых средах она больше, чем в сухих или бедных влагой. Особой осторожности с точки зрения гигиены требуют те продукты, которые производятся из заплесневелого сырья, так как в таких случаях потребитель не обнаруживает налета плесени, а микотоксины весьма устойчивы к применяемым при переработке температурам, кислотам или восстановителям.

К сырью без видимой плесени относятся плоды, на которых между семядолями может появиться плесень. Например, в скорлупе орехов, косточковых плодах, ядрах персиковых и абрикосовых косточек, миндале, каштанах может находиться незамеченная плесень, чаще A.parasiticus.

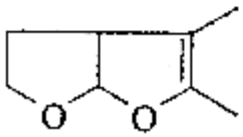
По цвету флуоресценции в УФ-свете афлатоксины обозначаются B_1 и B_2 (сине-голубая флуоресценция), G_1 и G_2 (зеленая флуоресценция), M_1 и M_2 (сине-фиолетовая флуоресценция).



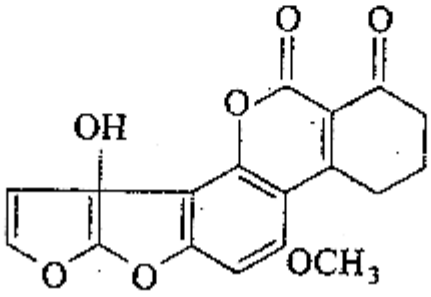
B_1



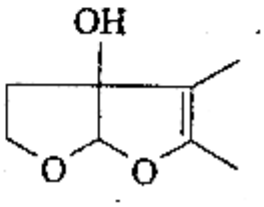
G_1



B_2 - и G_2 -тип



M_1



M_2

Наиболее токсичен афлатоксин B_1. Афлатоксины оказывают как острое, так и хроническое воздействие на большинство видов животных, а также на организм человека. В первую очередь поражается печень. Поэтому в настоящее время в нормативных документах на качество многих пищевых продуктов указывается предельно-допустимая концентрация афлатоксинов, определяемых методом газожидкостной хроматографии.

Охратоксины выделяются в основном грибом Aspergillus ochraceus. Выделены три химически родственных токсических метаболита – охратоксины A, B и C. Охратоксин A является производным кумарина, продуцируется не только As.ocyraceus, но и другими грибами, например,

Penicillium veridicatum, P.variabile, P.commune, P.cyclopium. Охратоксин А отличается высокой острой токсичностью в малых дозах, устойчив к температуре. Охратоксины могут поступать в организм человека не только с пищей, но и проникать через кожу и в дыхательные пути.

Охратоксины, и особенно охратоксин А, обнаруживаются в заплесневелых пшенице, ячмене, овсе, сырых кофейных зернах.

Патулин – ядовитый продукт обмена ряда плесневых грибов рода Penicillium, встречающихся на фруктах, фруктовых изделиях и на другой плодоовощной продукции. Основными продуцентами патулина является гриб Penicillium expancum – возбудитель "коричневой гнили" в яблоках, грушах, айве, абрикосах, персиках и томатах; P.urticae – гриб, развивающийся на многих плодовых культурах и вызывающий гниение; Byssochlamis nivea – термоустойчивый гриб, выделенный из фруктовых соков.

Патулин обладает мутагенным и канцерогенным действием и поэтому в нормативной документации на многие пищевые продукты указывается ПДК.

Лютеосцерин выделяется грибом Penicillium islandicum, поражающим рис и рисопродукты. Этот гриб является обычным представителем почвенной микрофлоры во всем мире. Он образует желтый пигмент, названный лютеосцерином. Химически он относится к группе оксиантрахинонов. Лютеосцерин – высокотоксичное соединение, вызывающее серьезные поражения печени и почек.

5.2.5. Канцерогенные вещества

Полициклические ароматические углеводороды относятся к самой большой группе известных канцерогенов, из которых наиболее распространены: бензапирен, фенантрен, 20-метилхолантрен, флу- рантрен, 9,10-диметилбензантрацен. Эти соединения являются со- ставной частью сажи и смога, образующихся в результате пиролиза органических соединений [29].

Источником загрязнения окружающей среды, особенно воды, и пищевых продуктов могут быть отработанные газы двигателей внутреннего сгорания, сажа, смолы, промышленные сточные воды. Кроме того, полуциклические ароматические углеводороды образуются при термической обработке пищевых продуктов (обжаривании, копчении, выпечке).

Бензапирен – один из наиболее распространенных углеводородов – попадает в организм человека с такими пищевыми продуктами, в которых существование канцерогенов до настоящего времени не предполагалось. Он обнаружен в хлебе, овощах, фруктах, маргарине, растительных маслах, об-

жаренном кофе, копченостях и в мясных продуктах, поджаренных на древесном угле, зерне, высушенном с использованием бурого угля.

Образование канцерогенных углеводородов можно снизить путем правильно проведенной термической обработки продуктов питания. Однако даже при традиционном методе копчения с дымом в колбасу, мясо и рыбу попадает в среднем 0,5–10 мкг бензапирена на один килограмм продукта. В подгоревшей корке хлеба содержание бензапирена повышается до 0,5 мкг/кг, в подгоревшем бисквите – до 0,75 мкг/кг.

Овощи и фрукты, выращенные в непосредственной близости от предприятий, вырабатывающих смолу и сажу, очень сильно загряз-нены. Но при мытье до 20% углеводородов удаляется с поверхности плодов и овощей, некоторая часть этих соединений обнаруживается внутри плодов.

Другими источниками экзогенного загрязнения продуктов питания могут быть упаковочные материалы, например пакеты, покрытые парафином.

Содержание бензапирена в пищевых продуктах колеблется в широких пределах: от 0,73 мкг/кг (мука) до 90 мкг/кг (овощи, выращенные вблизи промышленных предприятий).

Нитрозамины – это вещества, характеризующиеся наличием нитрозо-группы, соединенной с атомом азота. Это сильнейшие химические канцерогены, и образуются они в результате взаимодействия нитритов с вторичными и третичными аминами.

$$\begin{matrix} R_1 \\ R_2 \end{matrix} NH + HONO \longrightarrow \begin{matrix} R_1 \\ R_2 \end{matrix} N{-}NO + H_2O$$

Причиной нежелательного повышения содержания нитратов и нитритов в плодах и овощах может быть применение избыточных доз азотных удобрений, некоторых гербицидов, например 2,4-дихлорфе-ноксиуксусной кислоты, а также недостаток молибдена в почвах. Это создает благоприятные условия для образования нитрозаминов.

Нитраты и нитриты во многих странах добавляют в мясо, колбасу, рыбу и сыры в качестве консерванта и для сохранения естественной окраски мясопродуктов. В организме человека нитраты восстанавливаются до нитритов с участием ферментов нитрат- и нитритредуктазы, выделяемых микрофлорой желудка. Образовавшиеся нитриты могут взаимодействовать с вторичными и третичными аминами, попадающими в организм человека с пищевыми продуктами, например, с овощами, фруктовыми соками, а также с лекарственными препаратами и из окружающей среды. При этом образу-

ются канцерогенные нитрозамины, синтез которых можно замедлить путем добавления аскорбиновой, изо-аскорбиновой кислот или их натриевых солей.

Для предотвращения образования нитрозаминов регламентируется ПДК для нитратов и нитритов во многих пищевых продуктах.

Следовательно, пища современного человека представляет собой не только комплекс многих тысяч веществ, каждое из которых обладает определенной биологической активностью, не только источник энергии, пластических веществ и ряда других эссенциальных факторов. Пища в то же время может быть источником контаминантов (пестицидов, солей тяжелых металлов, радионуклидов, микотоксинов и многих других ксенобиотиков), отрицательно влияющих на здоровье человека.

Таким образом, современные представления о химическом составе пищевых продуктов, биохимических и физико-химических процессах, протекающих в продовольственном сырье и продуктах при их переработке и хранении, об основах теории адекватного питания и биохимии пищеварения помогут студентам-технологам сформировать научный подход к проблеме, связанной с технологией производства высококачественных экологически безопасных продуктов, с заданными химическим составом, биологической и энергетической ценностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Скурихин И. М., Нечаев А. П.** Все о пище с точки зрения химика. – М.: Высш.шк., 1991. – 288 с.

2. **Позняковский В. М.** Гигиенические основы питания. – Новосибирск: Изд-во Новосибирского ун-та, 1998. – 432 с.

3. **Родина Т. Г., Вукс Г. А.** Дегустационный анализ продуктов. – М.: Колос, 1994. – 192 с.

4. **Окрепилов В. В.** Всеобщее управление качеством. Кн.1. Учебник. – СПб.: Изд-во СПбУЭФ, 1996. – 454 с.

5. **Шаробайко В. И.** Биохимия холодильного консервирования пищевых продуктов. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1986. – 224 с.

6. **Покровский А. А.** Роль биохимии в развитии науки о пита- нии. – М.: Пищ. пром-сть, 1974. – 128 с.

7. **Окрепилов В. В.** Всеобщее управление качеством. Термины и определения. Кн.2. Учебник. – СПб.: Изд-во СПбУЭФ, 1996. – 170 с.

8. **Окрепилов В. В**. Всеобщее управление качеством. Законодательные и нормативные документы. Кн.3. – СПб.: Изд-во СПбУЭФ, 1996. – 211 с.

9. **Окрепилов В. В.** Всеобщее управление качеством. Защита прав потребителей. Кн.4. – СПб.: Изд-во СПбУЭФ, 1996. – 211 с.

10. **Павлоцкая Л. Ф. и др**. Физиология питания: Учеб. для вузов.–М.: Высш. шк., 1989. – 368 с.

11. Химический состав пищевых продуктов: Справ. Кн.1 и 2. /Под ред. И. М. Скурихина, 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1987. – 360 с.

12. Новые гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов. – СПб.: ТестПринт, 1997. – 304 с.

13. **Лифляндский В. Г., Закревский В. В., Андронова М. Н.** Лечебные свойства пищевых продуктов, Т.1. – СПб.: Азбука-Терра, 1997. – 336 с.

14. **Лифляндский В. Г., Закревский В. В., Андронова М. Н.** Лечебные свойства пищевых продуктов, Т.2. – СПб.: Азбука-Терра, 1997. – 228 с.

15. **Ленинджер А.** Биохимия. – М.: Мир, 1976. – 960 с.

16. Биохимические методы /Под ред. В. Л. Кретовича, К. Ф. Шо- льца. – М.: Наука, 1980. – 224 с.

17. **Ванханян В. Д., Лебедева В. А.** Руководство к практическим занятиям по гигиене питания. – М.: Медицина, 1987. – 254 с.

18. **Горчиков А. И., Липатова О. В**. Гигиена питания. – М.: Медицина, 1987. – 416 с.

19. **Кучеренко Н. Е. и др.** Биохимия. – Киев: Выща шк., 1988. – 432 с.

20. **Владимиров Ю. А., Арчаков А. И.** Перекисное окисление липидов в биологических мембранах. – М.: Наука, 1972. – 252 с.

21. **Петровский К. С., Белоусов Д. П., Беляева А. С., Смирнова Н. Н.** Витамины круглый год. – М.: Россельхозиздат, 1983. – 96 с.

22. **Колотилова А. И., Глоужанкова Е. П.** Витамины (химия, биохимия, их физиологическая роль). – Л.: Наука, 1976. – 245 с.

23. Химический состав пищевых продуктов. Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности блюд и кулинарных изделий. – М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1984. – 328 с.

24. **Запрометов М. Н.** Фенольные соединения растений и их биосинтез. – М.: ВИНИТИ, 1988. – 188 с.

25. Вода в пищевых продуктах /Под ред. Р. Б. Дакуорта. – М.: Пищ. пром-сть, 1980. – 376 с.

26. **Булдаков А**. Пищевые добавки: Справочник. – СПб.: "UT", 1996. – 240 с.

27. **Габович Р. Д., Припутина Л. С.** Гигиенические основы охраны продуктов питания от вредных химических веществ. – Киев: Здоровья, 1987. – 248 с.

28. **Грачева И. М**. Технология ферментных препаратов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 335 с.

29. **Эйхлер В.** Яды в нашей пище /Пер. с нем. – М.: Мир, 1993. –189 с.

30. **Буслович С. Ю., Дубенецкая М. М**. Химические вещества и качество продуктов. – Минск: Ураджай, 1986. – 200 с.

31. Карбаматные пестициды: общее введение. – Женева: ВОЗ, 1991. – 224 с.

32. **Рейли К.** Металлические загрязнения пищевых продуктов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 183 с.

33. **Клевакин В. М., Карцев В. В**. Санитарная микробиология пищевых продуктов. – Л.: Медицина, 1986. – 175 с.

34. Растительный белок /Под ред. Т. П. Микуловия – М.: Агропромиздат, 1991. – 684 с.

35. **Андронова М. Н.** Лечебные свойства пищевых продуктов. Т.1. – СПб.: Азбука, 1997. – 336 с.

36. **Дудкин М. С., Щелкунов Л. Ф.** Новые продукты питания. – М.: МАИК "Наука", 1998. – 304 с.

37. **Толстогузов В. В.** Новые формы белковой пищи: Технологические проблемы и перспективы производства. – М.: Агропромиздат, 1987. – 303 с.

38. **Николаева М. А.** Товароведение потребительских товаров. – М.: Норма, 1997. – 283 с.

39. Технология пищевых производств / Под ред. Л. П. Коваль-ской. – М.: Колос, 1997. – 752 с.

40. **Кислухина О. В., Кюдулас И.** Биотехнологические основы переработки растительного сырья. – Каунас: Технология, 1997. – 185 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ 5
ВВЕДЕНИЕ 7
1. ПИЩЕВАЯ ЦЕННОСТЬ И КАЧЕСТВО ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ.....10
1.1. Пищевая ценность..... 10
1.2. Качество пищевых продуктов 15
2. ОСНОВЫ ПИТАНИЯ И БИОХИМИЯ ПИЩЕВАРЕНИЯ 18
2.1. Основы питания 18
2.1.1. Основы рационального питания.....20
2.1.2. Концепция сбалансированного питания А. А. Покровского..... 26
2.1.3. Основы адекватного питания 28
2.2. Основы биохимии пищеварения 28
3. ИЗМЕНЕНИЕ ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТОВ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ПРИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ СЫРЬЯ.....32
3.1. Белки..... 32
3.2. Липиды..... 37
3.3. Углеводы..... 45
3.4. Витамины..... 51
3.5. Фенольные соединения 58
3.6. Минеральные вещества..... 65
3.6.1. Вода..... 65
3.6.2. Минеральные элементы..... 70
4. ПИЩЕВЫЕ ДОБАВКИ 73
4.1. Пищевые красители 75
4.2. Вещества, изменяющие консистенцию 83
4.2.1. Загустители и студнеобразователи 83
4.2.2. Эмульгаторы и стабилизаторы..... 88
4.3. Ароматические вещества 93
4.4. Подсластители..... 98
4.5. Химические консерванты 102
4.6. Антиоксиданты и их синергисты..... 111
4.7. Ферментные препараты..... 115
5. ПРИРОДНЫЕ ТОКСИКАНТЫ И ЗАГРЯЗНИТЕЛИ.....121
5.1. Природные токсиканты..... 121
5.2. Загрязнители..... 122
5.2.1. Пестициды 123
5.2.2. Токсичные элементы..... 126
5.2.3. Радиоактивные загрязнения 130
5.2.4. Микотоксины 132

5.2.5. Канцерогенные вещества..... 135
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....138

Валентина Степановна Колодязная

ПИЩЕВАЯ ХИМИЯ

Учебное пособие

ИБ № 62

ISBN 5-86981-050-7

Редактор Т. Г. Смирнова Корректор Н. И. Михайлова

ЛР № 020414 от 12.02.97
Подписано в печать 7.10.99. Формат 60x84 1/16. Бум. писчая
Печать офсетная. Усл. печ. л. 8,37. Печ. л. 9,0. Уч.-изд. л. 8,5.
Тираж 250 экз. Заказ № С 3

СПбГАХПТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9
ИПЦ СПбГАХПТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9