

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Самарская государственная сельскохозяйственная академия»

М. В. Чугунова

# **ПИЩЕВАЯ ХИМИЯ**

**Курс лекций**

Кинель 2015

УДК 664 : 577.1(075)

ББК 36-1 Я 7

Ч-83

*Рецензенты:*

д-р с.-х. наук, проф., зав. кафедрой «Технология производства  
и экспертиза продуктов из растительного сырья»

ФГБОУ ВПО Самарской ГСХА

*М. И. Дулов;*

д-р хим. наук, проф., зав. кафедрой «Общая и неорганическая химия»

ФГБОУ ВПО СГТУ

*И. К. Гаркушин*

**Чугунова, М. В.**

**Ч-83** Пищевая химия : курс лекций. – Кинель : РИЦ СГСХА,  
2015. – 96 с.

**ISBN 978-5-88575-375-3**

Курс лекций содержит сведения о химическом составе пищевых систем, его полноценности и безопасности; основных превращениях макро- и микронутриентов в технологическом потоке, фракционировании и модификации компонентов продуктов. Рассматриваются основы рационального питания.

Предназначен для студентов, обучающихся по направлению подготовки 110900 «Технология производства и переработка сельскохозяйственной продукции», специалистов, работающих в системе пищевых и перерабатывающих отраслей агропромышленного комплекса.

**УДК 664 : 577.1(075)**

**ББК 36-1 Я 7**

**ISBN 978-5-88575-375-3**

© Чугунова М. В., 2015

© ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА, 2015

## ВВЕДЕНИЕ

Среди основных проблем, стоящих перед человеческим обществом, важнейшей является обеспечение населения продуктами питания. Ингредиенты пищевых веществ, поступая в организм человека с пищей и преобразуясь в ходе метаболизма в результате сложных биохимических превращений в структурные элементы клеток, обеспечивают наш организм пластическим материалом и энергией, создают необходимую физиологическую и умственную работоспособность, определяют здоровье, активность и продолжительность жизни человека, его способность к воспроизводству.

Пищевая химия опирается на положения науки о питании и принципы рационального питания, изучает основные биохимические процессы при пищеварении, роль отдельных нутриентов в организме человека.

В основе производства пищевых продуктов лежат превращения основных компонентов пищи – воды, белковых веществ, липидов, углеводов, солей и витаминов. В связи с этим в курсе «Пищевая химия» значительное место отведено изучению и рассмотрению химической природы, пищевой ценности и изменению компонентов пищи в процессе хранения и переработки.

Цель данного издания – ознакомить студентов с теоретическими основами химии сырья и продуктов питания. Данное пособие предусматривает применение и закрепление ранее полученных знаний и формирование у студентов базовых знаний по дисциплине «Пищевая химия». Курс лекций также знакомит с теориями питания и принципами рационального питания, включает изучение биохимии пищеварения в организме человека.

Содержание данного издания соответствует рабочей программе по направлению подготовки 110900 «Технология производства и переработка сельскохозяйственной продукции».

В процессе изучения данного учебного издания, учащийся получит следующие профессиональные компетенции:

- готовность оценивать качество сельскохозяйственной продукции с учетом биохимических показателей и определять способ ее хранения и переработки;

- готовность оценивать качество и безопасность сельскохозяйственного сырья и продуктов его переработки в соответствии с требованиями государственных стандартов.

# **ЛЕКЦИЯ 1. Введение в химию пищевых продуктов и питание человека. Предмет и задачи курса.**

## **Основы рационального питания человека**

### ***1.1. Химия пищеварения. Предмет и задачи курса***

Среди основных проблем, стоящих перед обществом в наше время, является обеспечение населения земного шара продуктами питания, так как от состава и качества продуктов питания, зависит обеспеченность нашего организма пластическим материалом и энергией, работоспособность, здоровье, способность человека к воспроизводству. Одной из важнейших причин ухудшения показателей здоровья населения во всём мире на сегодняшний день является неудовлетворительное, неполноценное питание, что определяется рядом факторов:

- избыточным потреблением животных жиров;
- дефицитом полиненасыщенных жирных кислот;
- дефицитом полноценных (животных) белков;
- дефицитом витаминов (аскорбиновой кислоты, рибофлавина ( $B_2$ ), тиамина ( $B_1$ ), фолиевой кислоты, ретинола (A) и (в-каротина, токоферола и других);
- дефицитом минеральных веществ (кальция, железа);
- дефицитом микроэлементов (селена, цинка, йода, фтора);
- дефицитом пищевых волокон.

Таким образом, организация здорового питания населения – сложный и многофакторный процесс, зависящий от экологической обстановки, обеспеченности населения, достижений медицины, фундаментальных наук (физика, химия, микробиология), новых технологических возможностей, которые появились у производителей продуктов питания. Все это требует коренного совершенствования технологии получения традиционных продуктов, создания нового поколения пищевых продуктов. Эти направления в значительной степени охватываются областью науки – пищевая химия.

Пищевая химия – один из разделов химической науки, её основной предмет – это область питания человека. Пищевая химия занимается вопросами химического состава пищевых продуктов, преобразований нутриентов в технологическом потоке и в нашем

организме, разработкой новых методов анализа и системы управления качеством.

Продукты питания должны удовлетворять потребности человека в пищевых веществах и энергии, а также выполнять профилактические и лечебные функции. На решение этих задач направлена концепция государственной политики в области здорового питания населения нашей республики. Работа в данной области предусматривает использование специальной терминологии, установленной экспертами Международной организации по стандартизации – ISO (ИСО).

Совокупность процессов, связанных с потреблением и усвоением в организме веществ, входящих в состав пищи, называется пищеварением. Питание включает последовательные процессы поступления, переваривания, всасывания и усвоения в организме пищевых веществ, необходимых для покрытия энергозатрат, построения и возобновления клеток и тканей тела человека, а также необходимых для регулирования функций организма.

Пищевые продукты в организме человека выполняют три основные функции:

- снабжение материалом для построения тканей человека;
- обеспечение энергией, необходимой для поддержания жизнедеятельности и совершения работы;
- обеспечение веществами, играющими важную роль в регулировании обмена веществ в организме человека.

Продукты, употребляемые человеком в пищу в натуральном или переработанном виде, представляют собой сложные системы с единой внутренней структурой и общими физико-химическими свойствами. Пищевые продукты имеют разнообразную химическую природу и химический состав.

*Пищеварение* является начальным этапом ассимиляции пищевых веществ. В процессе пищеварения пищевые вещества сложного химического состава расщепляются на простые растворимые соединения, способные легко всасываться и усваиваться организмом человека.

Пищеварительный аппарат человека включает пищеварительный канал или желудочно-кишечный тракт. В состав желудочно-кишечного тракта входят:

- ротовая полость;
- пищевод, желудок;

- двенадцатиперстная кишка;
- тонкий кишечник, толстый кишечник;
- прямая кишка;
- основные железы – слюнные железы, печень, желчный пузырь, поджелудочная железа.

Превращение пищевых веществ в процессе пищеварения осуществляется в три этапа.

*Полостное пищеварение.* Процесс пищеварения происходит в пищевых полостях – ротовой, желудочной, кишечной. Эти полости удалены от секреторных клеток (слюнные железы, желудочные железы). Полостное пищеварение обеспечивает интенсивное начальное пищеварение.

*Мембранное пищеварение.* Осуществляется с помощью ферментов, сосредоточенных на микроворсинках, расположенных по стенкам тонкого кишечника. Мембранное пищеварение осуществляет гидролиз пищевых веществ.

*Всасывание.* Простые растворимые вещества, которые образуются в процессе пищеварения, всасываются через стенки тонкого и толстого кишечника в кровь и переносятся по организму человека.

Каждый компонент пищи имеет свою схему процесса переваривания и усвоения.

*Усвоение углеводов.* Из полисахаридов переваривается крахмал, содержащийся в растительной пище и гликоген, содержащийся в пище животного происхождения. Переваривание крахмала и гликогена проходит поэтапно:

КРАХМАЛ (ГЛИКОГЕН) → ДЕКСТРИНЫ → МАЛЬТОЗА → ГЛЮКОЗА → В КРОВЬ → В ПЕЧЕНЬ

Гидролиз крахмала и гликогена начинается в ротовой полости при действии ферментов амилаз, находящихся в слюне. Затем гидролиз продолжается в желудке и двенадцатиперстной кишке. Крахмал и гликоген постепенно расщепляются на декстрины, мальтозу, глюкозу. Гидролиз пищевых дисахаридов катализируют ферменты, находящиеся в наружном слое эпителия тонкого кишечника. Сахароза под действием фермента сахаразы (инвертазы) расщепляется до глюкозы и фруктозы, лактоза под действием фермента лактазы ( $\beta$ -галактозидазы) расщепляется до галактозы и глюкозы, мальтоза под действием фермента мальтазы расщепляется до двух молекул глюкозы. Моносахариды или простые гексозы

всасываются эпителиальными клетками кишечника в кровь и доставляются в печень.

*Усвоение белков.* Белки пищи расщепляются протеолитическими ферментами до аминокислот, процесс происходит в желудке, двенадцатиперстной кишке, тонком кишечнике поэтапно:

БЕЛКИ → ПОЛИПЕПТИДЫ → ПЕПТИДЫ → АМИНОКИСЛОТЫ → В КРОВЬ → В ПЕЧЕНЬ

В желудке переваривание белков проходит в кислой среде, в двенадцатиперстной кишке и кишечнике в слабощелочной среде. В процессе расщепления белков участвуют различные протеолитические ферменты: пепсин, трипсин, аминопептидаза, карбокси-пептидаза и другие.

*Усвоение липидов.* Процесс осуществляется в тонком кишечнике. Фермент липаза выделяется поджелудочной железой. При гидролизе липидов, под воздействием фермента липазы, образуются свободные жирные кислоты, глицерин, фосфорная кислота, холин. Эти компоненты эмульгируются желчными кислотами, затем всасываются в лимфу, а из нее поступают в кровь.

ЛИПИДЫ → ГЛИЦЕРИН + ФОСФОРНАЯ КИСЛОТА + ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ → ЛИМФА → КРОВЬ

## ***1.2. Теории питания***

Теория рационального питания базируется на трех основных принципах.

1) Баланс энергии. Энергия, ежедневно поступающая с пищей, должна соответствовать энергии, расходуемой человеком в процессе жизнедеятельности.

2) Удовлетворение потребностей организма в оптимальном количестве и соотношении пищевых веществ.

3) Режим питания. Соблюдение определенного времени и числа приемов пищи, рациональное распределение пищи при каждом приеме.

Баланс энергии. Энергия, которой обеспечивается организм при потреблении и усвоении питательных веществ, расходуется на осуществление трех главных функций, связанных с жизнедеятельностью организма человека. Сюда включены: основной обмен, переваривание пищи, мышечная деятельность.

Основной обмен – это минимальное количество энергии необходимое человеку для поддержания жизни в состоянии покоя (во время сна). Для мужчин эта энергия составляет 1600 ккал, для женщин – 1200 Ккал. Переваривание пищи связано со специфическим динамическим действием пищи в отсутствии мышечной активности. Основной обмен у человека за счет специфического динамического действия пищи увеличивается на 10-15%, что соответствует 140-160 ккал в сутки.

Мышечная деятельность определяется активностью образа жизни человека, характером работы человека. На мышечную деятельность расходуется 1000-2500 ккал.

На выполнение всех функций организма суммарно человек затрачивает 2200-2400 ккал для женщин и 2550-2800 ккал для мужчин. При выполнении больших физических нагрузок (занятия спортом, труд шахтеров, строителей и т.д.) энергетические затраты человека увеличиваются до 3500-4000 ккал. В случае положительного баланса энергии в течение длительного времени, избыток поступающей энергии аккумулируется в виде жира в жировой ткани, что приводит к избыточной массе тела.

Удовлетворение потребностей организма в оптимальном количестве и соотношении пищевых веществ. В состав полноценного пищевого рациона должны входить питательные вещества пяти классов: белки (в том числе незаменимые аминокислоты), липиды (в том числе незаменимые жирные кислоты), углеводы (в том числе пищевые волокна), витамины, минеральные вещества.

Суточная потребность организма человека в углеводах составляет 400-500 г, на долю сахарозы приходится 10-20% от общего количества углеводов. Углеводы являются основным источником энергии для человека. Пищевые волокна – клетчатка, пектин, гемицеллюлозы стабилизируют деятельность пищеварительного тракта. Клетчатка и гемицеллюлозы очищают кишечник, а пектин связывает и выводит из организма вредные вещества. Суточная потребность в пищевых волокнах составляет 25 г, в пектине – 5 г.

Суточная потребность организма человека в липидах составляет 102 г, в том числе растительные 72 г. Липиды являются основным источником энергии, участвуют в синтезе холестерина, других стероидов. Оптимальным является соотношение растительного и животного жира 7:3. При этом обеспечивается сбалансированное поступление различных жирных кислот: 30%



насыщенных, 60% мононенасыщенных, 10% полиненасыщенных жирных кислот. Суточная потребность в незаменимых жирных кислотах (линолевой кислоты, линоленовой кислоты) составляет 3-6 г.

Физиологически ценными являются фосфолипиды, которые необходимы для обновления клеток и внутриклеточных структур. Суточная потребность в фосфолипидах составляет 5 г.

Суточная потребность организма человека в белках составляет 85 г, в том числе белков животного происхождения 50 г. Белки, поступающие с пищей, выполняют функции строительного материала, для синтеза и обновления белков, обеспечивают гормональный обмен, являются источником энергии. Для нормального питания количество незаменимых аминокислот в пищевом рационе должно составлять 36-40%, что обеспечивается соотношением в продуктах питания белков растительных и животных 45:55%.

Витамины и витаминоподобные вещества участвуют в метаболизме веществ в организме человека, входят в состав коферментов и ферментов, влияют на процессы обмена веществ в организме человека. Потребность человека в витаминах должна удовлетворяться за счет потребления натуральных продуктов. Суточная потребность в витаминах приведена в таблице 1.

Минеральные вещества необходимы для нормального питания, они выполняют различные функции: входят в структурные компоненты костей, являются электролитами при поддержании водно-солевого состава крови и тканей, являются простетическими группами в составе различных ферментов, влияют на процессы обмена веществ в организме человека. Суточное содержание в пищевом рационе минеральных веществ, представлено в таблице 1. Оптимальное соотношение основных макроэлементов – кальция, фосфора, магния должно составлять 1:1,5:0,5 или в граммах 800:1200:400. Очень важно с пищей обеспечить поступление в организм необходимых пищевых веществ в оптимальном количестве и в нужное время. Потребность в различных пищевых веществах и энергии зависит от пола, возраста, характера трудовой деятельности человека, климатических условий и ряда других факторов.

Режим питания базируется на четырех правилах: регулярность питания; дробность питания; рациональный подбор продуктов; оптимальное распределение пищи в течение дня. Регулярность питания связана с соблюдением времени приема пищи. У человека

формируется рефлекс выделения пищеварительного сока, что обеспечивает нормальное переваривание и усвоение пищи.

Дробность питания должна составлять 3-4 приема в сутки. При трехразовом приеме завтрак должен составлять 30% пищевого рациона, обед – 45-50%, а ужин – 20-25%. Ужин не должен превышать трети дневного рациона. Рациональный подбор продуктов при каждом приеме пищи должен обеспечить оптимальные условия для усвоения пищи. Белки животного происхождения рекомендуется употреблять в первой половине дня, молочную и растительную пищу – во второй. Оптимальное распределение пищи в течение дня обеспечивает равномерную нагрузку на пищеварительную систему.

Таблица 1

#### Нормы потребления пищевых веществ и энергии

Пищевое вещество	Суточная потребность
Вода, г	1750-2200
Белки, г	85
в том числе животные	50
Незаменимые аминокислоты, г	30
Усвояемые углеводы, г	400-500
В том числе моно- и дисахариды	50-100
Липиды, г	102
в том числе растительные	72
Незаменимые жирные кислоты, г	3-6
Фосфолипиды, г	5
Растительные липиды, г	20-25
Пищевые волокна, г	25
в том числе пектин, г	5
Энергетическая ценность, ккал	3000

Таблица 2

#### Рекомендуемые размеры ежедневного потребления пищевых продуктов

Пищевые продукты	г/день
1	2
Хлеб и хлебобулочные изделия в пересчете на муку	279
Картофель	310
Овощи и бахчевые	381
Фрукты и ягоды	194
Сахар	112
Мясо и мясопродукты	232
Рыба и рыбопродукты	65

Окончание табл. 2

1	2
Молоко и молочные продукты в пересчете на молоко	1096
Молоко цельное	337
Молоко обезжиренное	35
Масло животное 21,7*	16,7
Творог 4,0*	24,9
Сметана и сливки 9,0*	17,8
Сыр, брынза 8,0*	16,7
Яйца, штук	0,8
Масло растительное, маргарин	33

Примечание: \* в скобках коэффициент пересчета продукта в молоко.

Нормы потребления важнейших пищевых веществ и энергии для взрослого человека приведены в таблице 1, 2.

### ***1.3. Определение энергетической и пищевой ценности продуктов питания***

На основании норм потребности человека в основных пищевых веществах и данных о химическом составе пищевых продуктов можно рассчитать пищевую ценность продукта, а также составить индивидуальный рацион питания.

Под *пищевой физиологической ценностью продукта питания* понимают сбалансированное содержание в пищевом продукте усвояемых незаменимых веществ: незаменимых аминокислот, витаминов, минеральных веществ, ненасыщенных жирных кислот. Понятие пищевой ценности включает также оптимальное соотношение в пищевых продуктах белков, жиров, углеводов, которое составляет 1:1,2:4 или 85:102:360 г. При расчете пищевой ценности продукта определяется процентное содержание в продукте пищевых веществ: минеральных веществ (кальция, магния и т.д.), витаминов (тиамина, аскорбиновой кислоты и т.д.), от оптимального суточного потребления этого вещества. По полученным результатам делается вывод о полноценности или неполноценности продукта питания по его составу.

Энергия, которая освобождается из пищевых веществ в процессе биологического окисления, используется для обеспечения физиологических функций организма, определяет *энергетическую ценность* пищевого продукта. Энергетическую ценность продуктов питания принято выражать в килокалориях, расчет ведут на

100 г продукта. При необходимости пересчета в системе СИ используют переводной коэффициент  $1 \text{ ккал} = 4,184 \text{ кДж}$ . Коэффициенты пересчета энергетической ценности важнейших составных частей сырья и пищевых продуктов составляют: белки – 4 ккал; углеводы – 4 ккал; сумма моно- и дисахаридов – 3,8 ккал; жиры – 9 ккал; органические кислоты – 3 ккал; спирт этиловый – 7 ккал.

Энергетическая ценность продукта рассчитывается по формуле

$$\begin{aligned} \mathcal{E} = & (X \text{ белок} \times 4) + (X \text{ углеводы} \times 4) + (X \text{ жиры} \times 9) + \\ & + (X \text{ орг.кислоты} \times 3) + (X \text{ спирт} \times 7). \end{aligned}$$

По уровню энергетической ценности (калорийности) пищевые продукты делятся на четыре группы:

- 1) особо высокоэнергетичные (шоколад, жиры) 400-900 ккал;
- 2) высокоэнергетичные (сахар, крупа) 250-400 ккал;
- 3) среднеэнергетичные (хлеб, мясо) 100-250 ккал;
- 4) низкоэнергетичные (молоко, рыба, овощи, фрукты) до 100 ккал.

На выполнение всех функций организма человек затрачивает ежедневно 2200-2400 ккал для женщин и 2550-2800 ккал для мужчин. При повышенных физических нагрузках затраты энергии возрастают до 3500-4000 ккал. Для расчета пищевой и энергетической ценности продуктов необходимо знать химический состав продуктов. Эти сведения можно найти в специальных справочниках.

### ***Контрольные вопросы***

1. Почему важно соблюдать режим питания?
2. Перечислите основные биохимические процессы, протекающие в ротовой полости, желудке, ДПК, тонком и толстом отделах кишечника.
3. Какую роль играют соляная кислота и желчь в пищеварении?
5. Как должны быть сбалансированы белки, жиры и углеводы в рационе человека?
6. Как обеспечивается баланс энергии, поступающей с пищей и расходуемой человеком?
7. Как и по какому принципу подразделяются основные вещества, входящие в состав пищевых продуктов?
8. Опишите основные этапы пищеварения.
9. Составьте краткую схему метаболизма основных питательных веществ в пищеварительном тракте человека.
10. Сформулируйте основные принципы рационального питания.
11. Охарактеризуйте понятия пищевой и энергетической ценности продукта питания.

## ЛЕКЦИЯ 2. Белковые вещества. Роль белков в питании. Проблема белкового дефицита

### 2.1. Классификация белков

Белковыми веществами (белками) называются высокомолекулярные органические соединения, молекулы которых состоят из остатков 20 различных  $\alpha$ -аминокислот. Белки играют огромную роль в деятельности живых организмов, в том числе и человека. Наиболее важными функциями белков являются:

- структурная функция (соединительные ткани, мышцы, волосы и т.д.);
- каталитическая функция (белки входят в состав ферментов);
- транспортная функция (перенос кислорода гемоглобином крови);
- защитная функция (антитела, фибриноген крови);
- сократительная функция (миозин мышечной ткани);
- гормональная (гормоны человека);
- резервная (ферритин селезенки). Резервная или питательная функция белков заключается в том, что белки используются организмом человека для синтеза белков и биологически активных соединений на основе белка, которые регулируют процессы обмена в организме человека.

Белки состоят из остатков  $\alpha$ -аминокислот, соединенных пептидной связью ( $-\text{CO} - \text{NH}-$ ), которая образуется за счет карбоксильной группы первой аминокислоты и  $\alpha$ -аминогруппы второй аминокислоты.

Существует несколько видов классификации белков.

*Классификация по строению пептидной цепочки:* различают спиралевидную форму в виде  $\alpha$ -спирали и складчатую структуру в виде  $\beta$ -спирали.

*Классификация по ориентации белковой молекулы в пространстве:*

1) *Первичная структура* представляет собой соединение аминокислот в простейшую линейную цепь за счет только пептидных связей.

2) *Вторичная структура* представляет собой пространственное расположение полипептидной цепи в виде  $\alpha$ -спирали или  $\beta$ -складчатой структуры. Структура удерживается за счет

возникновения водородных связей между соседними пептидными связями.

3) *Третичная структура* представляет собой специфическое укладывание  $\alpha$ -спирали в виде глобул. Структура удерживается за счет возникновения связей между боковыми радикалами аминокислот.

4) *Четвертичная структура* представляет собой соединение нескольких глобул, находящихся в состоянии третичной структуры, в одну укрупненную структуру, обладающую новыми свойствами, не характерными для отдельных глобул. Глобулы удерживаются за счет возникновения водородных связей.

Поддержание характерной пространственной третичной структуры белковой молекулы осуществляется за счет взаимодействия боковых радикалов аминокислот между собой с образованием связей: водородных, дисульфидных, электростатических, гидрофобных.

*Классификация по степени растворимости белка:*

1) *Водорастворимые* белки имеют небольшую молекулярную массу, их представляют альбумины яйца.

2) *Солерастворимые* белки растворяются в 10% растворе хлорида натрия, их представляют глобулины: белок молока казеин, белок крови глобулин.

3) *Щелочерастворимые* белки растворяются в 0,2% растворе гидроксида натрия, их представляют глютелины: белок клейковины пшеницы.

4) *Спирторастворимые* белки растворяются в 60-80% спирте, их представляют проламины: белки злаковых культур.

*Классификация по строению белка.*

Белки по строению белковой молекулы разделяются на простые или протеины и сложные или протеиды. В состав простых белков входят только аминокислоты, в состав сложных белков входят аминокислоты (апобелок) и вещества небелковой природы (простетическая группа), которая включает: фосфорную кислоту, углеводы, липиды, нуклеиновые кислоты и т.д.

Протеиды подразделяются на подгруппы в зависимости от состава небелковой части:

– липопротеиды состоят из белка и остатков липидов, они входят в состав клеточных мембран, в протоплазму клеток;

- гликопротеиды состоят из белка и высокомолекулярных углеводов, входят в состав яичного белка;
- хромопротеиды состоят из белка и красящих веществ – пигментов, имеющих в своем составе металлы (например, гемоглобин содержит железо);
- нуклеопротеиды состоят из белка и нуклеиновых кислот, входят в состав протоплазмы клеток и в ядро клетки;
- фосфопротеиды состоят из белка и фосфорной кислоты, входят в состав клетки.

## 2.2. Неферментативные превращения белков

Белки находят применение в производстве пищевых продуктов не только как питательные ингредиенты, они обладают специфическими свойствами – функциональными свойствами, которые обеспечивают стабильность структуры, влияют на технологию производства пищевого продукта.

Связи белков многообразны и достаточно сложные (рис. 1).

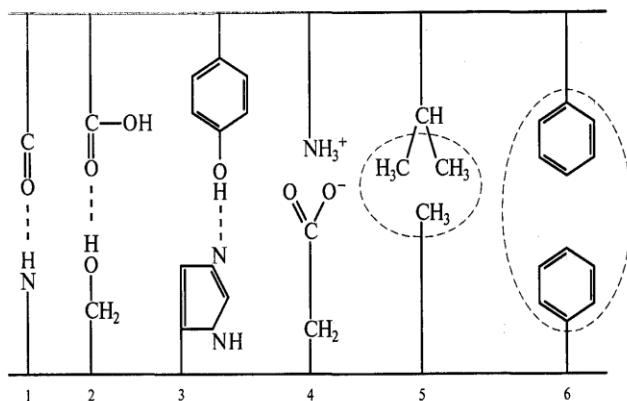


Рис. 1. Связи в молекуле белка:

- водородные: 1 – между пептидными группами; 2 – между карбоксильной группой (аспарагиновая и глутаминовая кислоты) и спиртовым гидроксилом (серин); 3 – между фенольным гидроксилом и имидазолом. Электростатическое взаимодействие: 4 – между основанием и кислотой (аминогруппой лизина и карбоксильной группой аспарагиновой и глутаминовой аминокислот); гидрофобные: 5 – при участии лейцина, изолейцина, валина, аланина; 6 – с участием фенилаланина

*Водосвязывающая способность или гидратация.* Белки способны связывать воду, то есть проявляют гидрофильные свойства. При этом белки набухают, увеличивается их масса и объем. Гидрофильность клейковинных белков – один из признаков, характеризующих качество зерна и муки. Цитоплазма клетки представляет стабилизированную суспензию из молекул белка. В процессе технологической переработки сырья происходит связывание воды, продукты увеличиваются в объеме – набухают.

*Денатурация белков* – это процесс изменения пространственной структуры белка под влиянием внешних факторов: нагревание, механическое воздействие, химическое воздействие, физическое воздействие и т. д. При денатурации распадаются четвертичная, третичная, вторичная структура белка, но сохраняются первичная структура и не изменяется химический состав белка. При денатурации меняются физические свойства белка: снижается растворимость и водосвязывающая способность, теряется биологическая активность белка. Одновременно увеличивается активность некоторых химических групп, облегчается ферментативный гидролиз белка.

При технологической переработке сырья (очистка, перемешивание, варка, обработка химическими реагентами, использование вакуума или повышенного давления) белки подвергаются денатурации, что повышает степень их усвоения.

*Пенообразование.* Белки способны образовывать высококонцентрированные системы жидкость – газ, твердое тело – газ в виде пены. Белки выполняют функцию пенообразователей в кондитерской промышленности (суфле, пастила), в хлебопечении, в производстве пива. Поверхность газовых пузырьков покрывает жидкая или твердая оболочка, состоящая из белков. При истончении этой оболочки газовые пузырьки лопаются, происходит коалесценция или слияние пузырьков, пена становится рыхлой, менее стойкой. Устойчивость структуры пены является важным фактором повышения качества пищевых продуктов, в том числе и пива.

*Меланоидинообразование (реакция Майяра).* При взаимодействии аминокрупп белков и аминокислот с карбонильными группами углеводов происходит реакция меланоидинообразования. Это окислительно-восстановительный процесс с образованием различных промежуточных продуктов, конечные продукты реакции – меланоидины имеют коричневый цвет, влияют на цвет и



вкус готовых продуктов. Реакция Майяра происходит при сушке солода, при кипячении супа с хмелем, при выпечке хлеба, при варке сахарных сиропов, при переработке овощей и фруктов. Скорость и глубина реакции меланоидинообразования зависит от состава продукта, уровня pH среды (более благоприятна слабощелочная среда), температура, влажность. Меланоидинообразование снижает активность витаминов и ферментов, что приводит к снижению пищевой ценности продуктов.

### **2.3. Ферментативный гидролиз белков**

Гидролиз белков осуществляют *протеолитические ферменты*. Большое разнообразие протеолитических ферментов связано со специфичностью их воздействия на белок. Место приложения или действия протеолитического фермента связано со структурой радикалов, находящихся рядом с пептидной связью. Пепсин расщепляет связь между фенилаланином и тирозином, глутаминовой кислотой и цистином (метионином, глицином), между валином и лейцином. Трипсин расщепляет связь между аргинином (лизинем) и другими аминокислотами. Химотрипсин – между ароматическими аминокислотами (триптофан, тирозин, фенилаланин) и метионином. Аминопептидазы действуют со стороны N-концевой аминокислоты, карбоксипептидазы со стороны C-концевой аминокислоты. Эндопептидазы разрушают белок внутри молекулы, экзопептидазы – действуют с конца молекулы. Для полного гидролиза белковой молекулы необходим набор большого количества различных протеолитических ферментов.

### **2.4. Пищевая ценность белков**

Значение белков определяется не только многообразием их функций, но и их незаменимостью другими пищевыми веществами. Если жиры и углеводы в той или иной степени взаимозаменяемы, то белки компенсировать чем-либо невозможно. Поэтому белки считаются наиболее ценными компонентами пищи. Опыт показал, что длительное безбелковое питание ведет к гибели организма.

В организме человека под влиянием ферментов протеиназ и пептидаз белки пищи в основном расщепляются до свободных аминокислот. Это происходит в кишечнике. Однако предваритель-

но организм проводит большую подготовительную работу. В ротовой полости измельченная пища обрабатывается ферментом амилазой, содержащейся в слюне. Амилаза расщепляет углеводы, в том числе углеводы растительной пищи, связанные с белками, что высвобождает белки для последующей обработки. В желудке, где выделяются соляная кислота и пепсин, под влиянием повышенной кислотности и фермента происходят частичная денатурация (изменение третичной структуры) белка и его расщепление на крупные фрагменты. В кишечнике частично гидролизированные белки расщепляются протеазами и пептидазами в основном до аминокислот, которые всасываются в кровь и далее разносятся по всему организму. Одни аминокислоты используются при этом для построения белков организма, другие преобразуются в соединения, участвующие в образовании некоторых важных органических веществ, например нуклеопротеидов, и т. д. Определенная часть аминокислот расщепляется до органических кетокислот, из которых в организме вновь синтезируются новые аминокислоты и затем белки.

Биологическая ценность белков определяется сбалансированностью аминокислотного состава по содержанию незаменимых аминокислот. В эту группу входят аминокислоты, которые не синтезируются в организме человека. К незаменимым аминокислотам (НАК) относят: валин, лейцин, изолейцин, фенилаланин, лизин, треонин, метионин, триптофан. Аминокислоты аргинин и гистидин относятся к частично заменимым, так как они медленно синтезируются организмом человека. Отсутствие в пище одной или нескольких незаменимых аминокислот приводит к нарушению деятельности центральной нервной системы, останавливают рост и развитие организма, к неполному усвоению других аминокислот. Биологическая ценность белков рассчитывается по аминокислотному скору (АКС). *Аминокислотный скор* выражается в процентах, представляющих отношение содержания незаменимой аминокислоты в исследуемом белке продукта к ее количеству в эталонном белке. Аминокислотный состав эталонного белка сбалансирован и идеально соответствует потребностям человека в каждой незаменимой аминокислоте. Аминокислота, скор которой имеет самое низкое значение, называется первой лимитирующей аминокислотой. Например, в белке пшеницы лимитирующей является аминокислота лизин, в кукурузе — метионин, в картофеле и

бобовых культурах лимитирующими являются метионин и цистин – это серосодержащие аминокислоты.

Животные и растительные белки отличаются по биологической ценности. Аминокислотный состав животных белков близок к аминокислотному составу белков человека, поэтому животные белки являются полноценными. Белки растительные содержат пониженное содержание лизина, триптофана, треонина, метионина, цистина.

Животные белки имеют более высокую степень усвояемости, чем растительные. Из животных белков в кишечнике всасывается 90% аминокислот, а из растительных 60-80%. В порядке убывания скорости усвоения белков продукты располагаются в последовательности: рыба > молочные продукты > мясо > хлеб > крупы.

При недостатке в пище углеводов и липидов требования к белку несколько изменяется. Наряду с биологической ролью белок начинает выполнять энергетическую функцию. При усвоении 1 г белка выделяется 4 ккал энергии. При избыточном потреблении белка возникает опасность синтеза липидов и ожирения организма.

Суточная потребность взрослого человека в белках составляет 5 г на 1 кг массы тела или 70-100 г в сутки. На долю белков животного происхождения должно приходиться 55% и растительного происхождения 45% от суточного рациона человека.

### ***Контрольные вопросы***

1. Приведите классификацию белков?
2. Какова роль незаменимых аминокислот в питании человека? Какова энергетическая и пищевая ценность белков?
3. Приведите неферментативные превращения белков при технологической переработке?

## ЛЕКЦИЯ 3. Углеводы. Классификация. Функции углеводов в организме человека

### 3.1. Классификация и строение углеводов

Углеводами называются полиоксисальдегиды и полиоксикетоны, а также соединения, которые превращаются в них после гидролиза.

Углеводы подразделяются на три группы:

- моносахариды;
- олигосахариды или дисахариды;
- полисахариды.

*Моносахариды* обычно содержат пять или шесть атомов углерода. Из пентоз распространены: *арабиноза, ксилоза, рибоза*. Из гексоз часто встречаются: *глюкоза, фруктоза, галактоза*.

Рибоза является важнейшей составной частью биологически активных молекул, ответственных за передачу наследственной информации, перенос химической энергии, необходимой для осуществления многих биохимических реакций живого организма, так как входит в состав рибонуклеиновой кислоты (РНК), дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК), аденозинтрифосфата (АТФ) и т.д. Арабиноза и ксилоза входят в состав полисахарида гемицеллюлозы. Глюкоза входит в состав фруктов (2-8%), в состав полисахаридов: крахмала, гликогена, целлюлозы, гемицеллюлозы, а также в состав дисахаридов: мальтозы, целлобиозы, сахарозы, лактозы. Фруктоза входит в состав фруктов (2-8%), является составной частью сахарозы. Галактоза является составной частью лактозы, производные галактозы входят в состав пектина.

*Олигосахариды* являются полисахаридами первого порядка, то есть состоят их 2-10 остатков моносахаридов, соединенных гликозидными связями. Из олигосахаридов более распространены дисахариды, важное практическое значение в бродильных производствах имеют декстрины, состоящие из трех, четырех и более остатков глюкозы. Среди дисахаридов различают восстанавливающие и невосстанавливающие дисахариды. К *восстанавливающим* относят дисахариды, имеющие свободный полуацетальный гидроксил, – это мальтоза, целлобиоза, лактоза. К *невосстанавливающим* относят дисахариды, у которых в образовании гликозидной

связи участвует два полуацетальных гидроксила, это дисахариды сахароза и трегалоза.

В состав мальтозы входит  $\alpha$ -D-глюкопираноза (связь 1,4) (рис. 2). Мальтоза образуется в качестве промежуточного продукта гидролиза крахмала или гликогена.

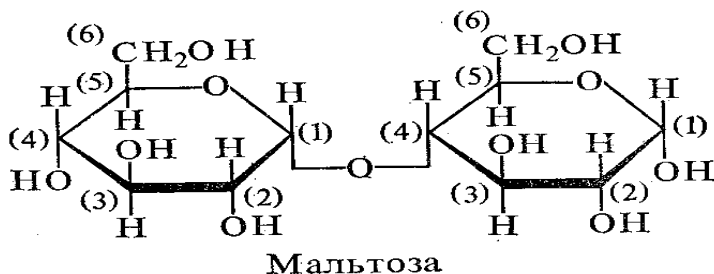


Рис. 2. Строение молекулы мальтозы

В состав целлобиозы входит  $\beta$ -D-глюкопираноза (связь 1,4) (рис. 3). Целлобиоза входит в состав полисахарида целлюлоза и образуется в качестве промежуточного продукта ее гидролиза.

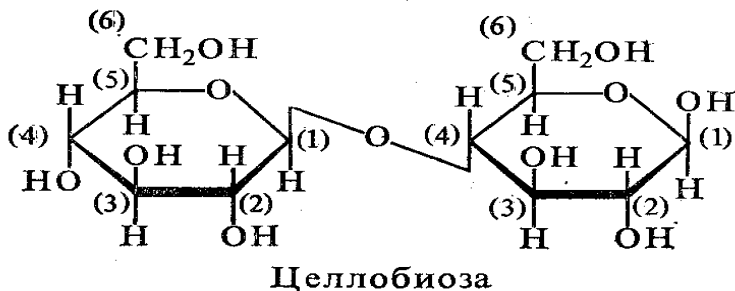
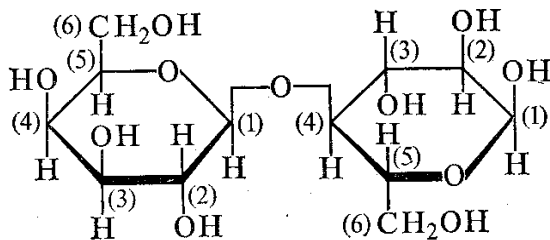


Рис. 3. Строение молекулы целлобиозы

В состав лактозы входит  $\beta$ -D-галактопираноза и  $\alpha$ -D-глюкопираноза (связь 1,4) (рис. 4). Лактоза содержится в молоке и молочных продуктах, часто называется молочным сахаром. На рисунке 4 формула глюкозы приведена в перевернутом виде.

В состав сахарозы входит  $\beta$ -D-фруктофураноза и  $\alpha$ -D-глюкопираноза (связь 1,2) (рис. 5). Сахароза входит в состав распространенного пищевого продукта – сахара. Гидролиз сахарозы осуществляет фермент инвертаза или  $\beta$ -фруктофуранозидаза, при

гидролизе сахарозы образуется фруктоза и глюкоза. Этот процесс называется инверсия сахарозы. Продукты гидролиза сахарозы улучшают вкус и аромат продуктов, предупреждают черствение хлеба.



Лактоза

Рис. 4. Строение молекула лактозы

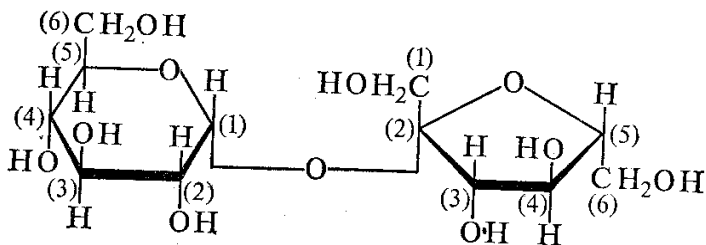


Рис. 5. Строение молекулы сахарозы

В состав трегалозы входит  $\alpha$ -D-глюкопираноза (связь 1,1). Трегалоза входит в состав углеводов грибов и редко встречается среди растений.

*Полисахариды второго порядка* состоят из большого количества остатков углеводов. По строению полисахариды могут состоять из моносахаридных единиц одного типа – это гомополисахариды, а также из мономерных звеньев двух и более типов – это гетерополисахариды. Полисахариды могут иметь линейное строение или разветвленное строение.

*Крахмал* состоит из остатков  $\alpha$ -D-глюкопиранозы (рис. 6). Связь 1,4 у линейной структуры крахмала, которая называется амилоза и связи 1,4 и 1,6 у разветвленной структуры крахмала, которая называется амилопектин. Крахмал является основной углеводной составляющей пищи человека. Это главный энергетический ресурс человека.

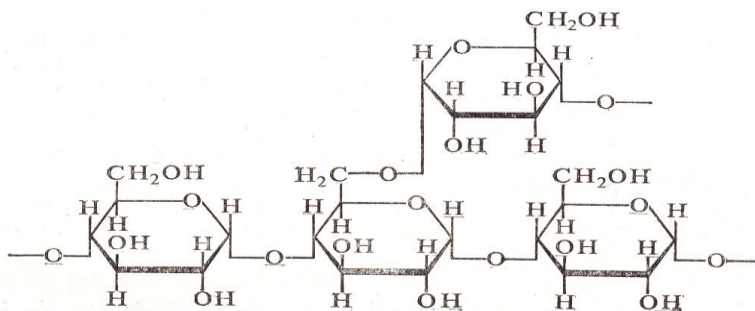


Рис. 6. Структура молекулы крахмала

*Гликоген* состоит из остатков  $\alpha$ -D-глюкопиранозы, (связь 1,4 и 1,6), разветвление у гликогена находится через каждые 3-4 звена глюкозы. Гликоген является запасным питательным веществом живой клетки. Гидролиз гликогена осуществляют амилолитические ферменты.

*Целлюлоза или клетчатка* состоит из остатков  $\beta$ -D-глюкопиранозы (связь 1,4). Целлюлоза является распространенным растительным полисахаридом, входит в состав древесины, скелета стеблей и листьев, оболочки зерновых культур, овощей и фруктов. Целлюлоза не расщепляется ферментами желудочно-кишечного тракта человека, поэтому в питании человека играет роль балластного вещества – пищевых волокон, способствующих очистке кишечника человека.

*Пектиновые вещества* состоят из остатков галактуроновой кислоты и метоксилированной галактуроновой кислоты, соединенных  $\alpha$ -(1,4)-гликозидными связями. Различают три разновидности пектиновых веществ:

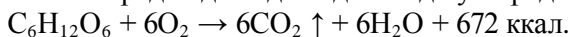
- протопектин или нерастворимый пектин, находится в связанном состоянии с гемицеллюлозой, целлюлозой или белком;
- растворимый пектин имеет высокую степень этерификации с остатками метилового спирта. Растворимый пектин способен в кислой среде и в присутствии сахара образовывать желе и гели;
- пектовые кислоты не имеют остатков метилового спирта, при этом пектовая кислота теряет способность образовывать желе и гели.

Пектин имеет молекулярную массу 20-30 тыс. единиц, не усваивается организмом человека, относится к балластным углеводам (пищевым волокнам).

Гемицеллюлозы являются гетерополисахаридами, так как в их состав входят β-D-глюкопираноза, (связь 1,4) (до 70%) и 1,3 (до 30%), β-D-ксилопираноза (связь 1,4) и β-L-арабофураноза (связь 1,2 и 1,3). Реже встречаются остатки галактозы и маннозы. Молекулярный вес гемицеллюлоз 60 тыс. ед. Гемицеллюлозы входят в состав клеточных оболочек растений, в том числе в оболочки стенок крахмальных зерен, затрудняя действие амилалитических ферментов на крахмал.

### 3.2. Превращения моно- и дисахаридов

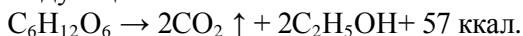
*Дыхание* – это экзотермический процесс ферментативного окисления моносахаридов до воды и диоксида углерода:



Дыхание является важнейшим источником энергии для человека. Для осуществления процесса дыхания необходимо большое количество кислорода.

При недостатке кислорода или его отсутствии происходит процесс брожения моносахаридов. Существует несколько видов брожения, в которых принимают участие различные микроорганизмы.

*Спиртовое брожение* осуществляется при участии ферментов дрожжей по следующей схеме:

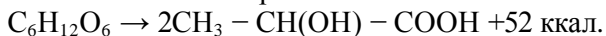


В результате реакции спиртового брожения, под действием комплекса ферментов дрожжей, образуется две молекулы этилового спирта и две молекулы диоксида углерода. Моносахариды сбраживаются дрожжами с различной скоростью. Наиболее легко сбраживается глюкоза и фруктоза, труднее манноза, практически не сбраживается галактоза – основной углевод молока. Пентозы дрожжами не сбраживаются. Наряду с моносахаридами (глюкозой и фруктозой), дрожжи могут сбраживать дисахариды (мальтозу и сахарозу), так как дрожжи обладают ферментами, способными разложить молекулы этих двух дисахаридов до глюкозы и фруктозы (α-гликозидаза и β-фруктофуранозидаза). Спиртовое брожение играет важную роль в процессе производства пива, спирта, вина, кваса, в хлебопечении. Наряду с главными продуктами брожения – этиловым спиртом и диоксидом углерода, при спиртовом брожении образуются побочные и вторичные продукты брожения:



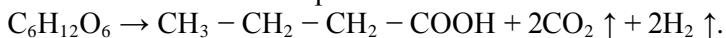
глицерин, уксусный альдегид, уксусная кислота, изоамиловый и другие высшие спирты. Эти продукты влияют на органолептические свойства продуктов, часто ухудшают их качество.

*Молочнокислое брожение* осуществляется при участии ферментов молочнокислых бактерий:



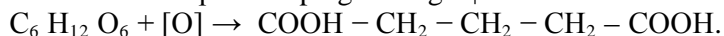
В результате реакции молочнокислого брожения под действием комплекса ферментов образуется две молекулы молочной кислоты. Молочнокислое брожение играет важную роль в процессе производства кисломолочных продуктов, кваса, квашении капусты.

*Маслянокислое брожение* осуществляется при участии ферментов маслянокислых бактерий:



В результате реакции маслянокислого брожения образуется молекула масляной кислоты две молекулы диоксида углерода и водород. Этот процесс происходит на дне болот при разложении растительных остатков, а также при возникновении инфекции маслянокислыми микроорганизмами в процессе производства продуктов питания.

*Лимоннокислое брожение* осуществляется при участии ферментов плесневого гриба *Aspergillus niger*:



В результате реакции лимоннокислого брожения образуется молекула лимонной кислоты. В основе этой реакции лежит процесс получения лимонной кислоты.

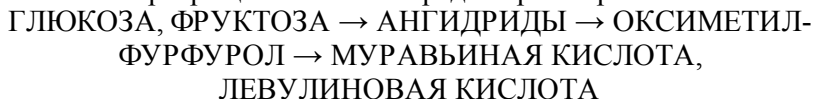
*Карамелизация.* Реакция карамелизации осуществляется при нагреве свыше  $100^\circ\text{C}$  растворов глюкозы, фруктозы, сахарозы. При этом происходят различные превращения углеводов. При нагревании сахарозы в слабокислой среде происходит частичный гидролиз (инверсия) с образованием глюкозы и фруктозы. От молекул глюкозы и фруктозы при нагревании может отщепляться три молекулы воды, происходит дегидратация с образованием оксиметилфурфуrolа, дальнейшее разрушение которого приводит к разрушению углеродного скелета и образованию муравьиной и леволиновой кислот. Оксиметилфурфуrol образуется при нагревании растворов углеводов низкой концентрации – 10-30%, это вещество имеет коричневый цвет и специфический запах пропеченной корочки хлеба.

На первом этапе реакции карамелизации от молекулы сахарозы отщепляется две молекулы воды. Образуется карамелан, состоящий из ангидроколец, содержащих в кольце двойные связи (дигидрофуран, циклогексанолон и другие соединения), которые имеют коричневый цвет. На втором этапе отщепляется три молекулы воды и образуется карамелен, имеющий темнокоричневый цвет. На третьем этапе происходит конденсация молекул сахарозы и образуется карамелин, имеющий темно-коричневый цвет, плохо растворимый в воде. Карамелизация сахарозы осуществляется при содержании сахарозы 70-80%.

Схема превращения дисахаридов при нагревании:



Схема превращения моносахаридов при нагревании:



*Меланоидинообразование или реакция Майяра.* Реакция взаимодействия восстанавливающих дисахаридов и моносахаридов с аминокислотами, пептидами, белками. В результате взаимодействия карбонильной (альдегидной или кетонной) группы углеводов и аминокислот белков и аминокислот происходят многостадийные превращения продуктов реакции с образованием глюкозо-амина, который подвергается перегруппировке по Амадори и Хейтсу, затем образуются меланоидиновые пигменты, имеющие темно-коричневый цвет, специфический вкус и запах. Реакция меланоидинообразования является основной причиной неферментативного потемнения пищевых продуктов. Такое потемнение происходит при выпечке хлеба, при сушке солода, при кипячении суслу с хмелем в производстве пива, при сушке фруктов. Скорость реакции зависит от состава взаимодействующих продуктов, pH среды, температуры, влажности. В результате реакции меланоидинообразования снижается содержание углеводов и аминокислот, в том числе и незаменимых, на 25%, что приводит к изменению качества готового продукта, снижению его пищевой и энергетической ценности. Имеются сведения, что продукты реакции меланоидинообразования обладают антиоксидантными свойствами, снижают усвоение белков.

Схема взаимодействия восстанавливающих дисахаридов и моносахаридов с аминокислотами в упрощенном виде:



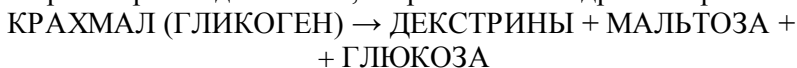
### 3.3. Ферментативный гидролиз полисахаридов

*Гидролиз крахмала* осуществляют амилолитические ферменты. Фермент  $\alpha$ -амилаза гидролизует крахмал действуя хаотично, разрывает 1,4-связь с образованием декстринов и небольшого количества мальтозы. Фермент  $\alpha$ -амилаза, действуя на крахмальное зерно, образует каналы, раскалывая полисахарид на части.

Фермент  $\beta$ -амилаза гидролизует крахмал действуя с конца цепочки, разрывает 1,4-связь и образует мальтозу, в местах разветвления амилопектина действие  $\beta$ -амилазы прекращается, в этом случае остается небольшое количество декстринов.

Фермент глюкоамилаза действует с конца цепочки, отщепляет одну молекулу глюкозы, разрывает 1,4-связь, в местах разветвления амилопектина действие глюкоамилазы прекращается и остается небольшое количество непрогидролизовавшихся декстринов.

Фермент олиго-1,6-гликозидаза расщепляет 1,6-связь с образованием декстринов. Фермент изомальтаза гидролизует дисахарид изомальтоза до глюкозы. Гидролиз крахмала является важнейшей реакцией, происходящей при технологической переработке сырья в производстве пива, спирта. Схема гидролиза крахмала:



*Гидролиз гликогена* осуществляют амилолитические ферменты.

*Гидролиз пектина* осуществляют пектолитические ферменты.

Растворимый пектин переходит из нерастворимого пектина в растворимое состояние при действии фермента протопектиназа или в присутствии разбавленных кислот. При этом пектин отщепляется от гемицеллюлозы или других связывающих компонентов. Растворимый пектин способен в кислой среде и в присутствии сахара образовывать желе и гели.

Пектовые кислоты образуются из растворимого пектина при действии фермента пектаза (пектинэстераза) или в присутствии разбавленных щелочей, при этом пектовая кислота теряет

способность образовывать желе и гели. В результате действия фермента пектаза от растворимого пектина отщепляется метиловый спирт. Ферментативный гидролиз пектина можно представить в виде схемы:

**НЕРАСТВОРИМЫЙ ПЕКТИН → РАСТВОРИМЫЙ ПЕКТИН → ПЕКТОВАЯ КИСЛОТА + МЕТИЛОВЫЙ СПИРТ**

*Гидролиз гемицеллюлоз* осуществляют цитолитические ферменты, которые включают эндо-β-глюканазу, арабинозидазу и ксиланазу. Гемицеллюлозы не способны растворяться в воде, значительно затрудняют гидролиз крахмала. При действии фермента эндо-β-глюканаза отщепляется остаток глюкозы, при действии фермента арабинозидаза отщепляется остаток арабинозы, а при действии фермента ксиланаза отщепляется остаток ксилозы. При частичном гидролизе гемицеллюлозы образуются гуммивещества или амилены, которые имеют меньшую молекулярную массу, растворяются в воде, образуя вязкие растворы. От степени гидролиза гемицеллюлоз зависит скорость гидролиза крахмала при осахаривании солода в производстве пива, длительность фильтрации затора.

### **3.4. Пищевая ценность углеводов**

Одна из важнейших функций низкомолекулярных углеводов – это придание сладкого вкуса продуктам питания. В таблице 3 приведена характеристика относительной сладости различных углеводов и сахарозаменителей по сравнению с сахарозой, сладость которой принята за 1 единицу.

Таблица 3

Относительная сладость (ОС) углеводов и сахарозаменителей

Углеводы	ОС	Углеводы или сахарозаменители	ОС
Сахароза	1	α-D-лактоза	0,16
β-D-фруктоза	1,8	β-D-лактоза	0,32
α-D-глюкоза	0,74	Ксилоза	0,40
β-D-глюкоза	0,82	Сорбит	0,63
α-D-галактоза	0,32	Ксилит	0,90
β-D-галактоза	0,21	Цикломаты	30
α-D-манноза	0,32	Аспартам	180
β-D- манноза	Горькая	Сахарин	500

Углеводы являются основным источником энергии для человека, при усвоении 1 г моно- или дисахарида выделяется 4 ккал энергии. Суточная потребность человека в углеводах составляет

400-500 г, в том числе моно- и дисахаридов 50-100 г. Балластных углеводов (пищевых волокон) – целлюлозы и пектиновых веществ в сутки необходимо употреблять 10-15 г, они способствуют очищению кишечника и нормализуют его деятельность. Избыток углеводов в питании приводит к ожирению, так как углеводы используются для построения жирных кислот, а также приводит к нарушению деятельности нервной системы, к аллергическим реакциям.

### ***Контрольные вопросы***

1. Приведите классификацию углеводов.
2. Охарактеризуйте восстанавливающие и невосстанавливающие дисахариды.
3. Охарактеризуйте превращения сахарозы при технологической переработке сырья.
4. Приведите строение и гидролиз крахмала.
5. Приведите строение и гидролиз некрахмальных полисахаридов.
6. Какова пищевая и энергетическая ценность углеводов.

## ЛЕКЦИЯ 4. Липиды (жиры и масла). Структура и состав липидов. Биологическая эффективность липидов

### 4.1. Классификация липидов

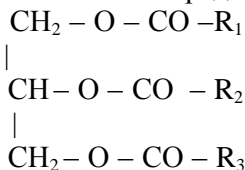
Липиды являются производными жирных кислот, спиртов, построенных с помощью сложноэфирной связи. В липидах также встречается простая эфирная связь, фосфоэфирная связь, гликозидная связь. Липидами называют сложную смесь органических соединений с близкими физико-химическими свойствами.

Липиды нерастворимы в воде (гидрофобны), но хорошо растворимы в органических растворителях (бензине, хлороформе). Различают липиды растительного и животного происхождения. Больше всего липидов в орехах (до 60%). У животных липиды концентрируются в подкожных, мозговой, нервных тканях. В рыбе содержится 10-20%, в мясе свинины – до 33%, в мясе говядины – 10% липидов.

По строению липиды разделяют на две группы: *простые липиды и сложные липиды*.

К *простым липидам* относят сложные (жир и масло) или простые (воск) эфиры высших жирных кислот и спиртов.

Строение жиров и масел можно представить общей формулой



где  $\text{R}_1, \text{R}_2, \text{R}_3$  – радикалы жирных кислот.

*Сложные липиды* имеют в своем составе соединения, содержащие атомы азота, серы, фосфора. В эту группу относят фосфолипиды. Они представлены фосфотидной кислотой, которая содержит только фосфорную кислоту, занимающую место одного из остатков жирных кислот, и фосфолипидами, в состав которых входят три азотистых основания. Азотистые основания присоединяются к остатку фосфорной кислоты у фосфотидной кислоты. Фосфотидилэтаноламин содержит азотистое основание этаноламин  $\text{HO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{NH}_2$ . Фосфотидилхолин содержит азотистое основание холин  $[\text{HO} - \text{CH}_2 - (\text{CH}_3)_3 \text{N}] + (\text{OH})$ , это вещество

называют лецитин. Фосфотидилсерин содержит аминокислоту серин  $\text{HO} - \text{CH}(\text{NH}_2) - \text{COOH}$ .

Сложные липиды содержат остатки углеводов – гликолипиды, остатки белков – липопротеиды, спирт сфингозин (вместо глицерина) содержат сфинголипиды.

Гликолипиды выполняют структурные функции, входят в состав клеточных мембран, в состав клейковины зерна. Чаще всего в составе гликолипидов встречаются моносахариды D-галактоза, D-глюкоза.

Липопротеиды входят в состав клеточных мембран, в протоплазму клеток, влияют на обмен веществ.

Сфинголипиды участвуют в деятельности центральной нервной системы. При нарушении обмена и функционирования сфинголипидов развиваются нарушения в деятельности центральной нервной системы.

Наиболее распространены простые липиды – ацилглицериды. В состав ацилглицеридов входят спирт глицерин и высокомолекулярные жирные кислоты. Наиболее распространены среди жирных кислот насыщенные кислоты (не содержащие кратных связей) пальмитиновая ( $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$ ) и стеариновая ( $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$ ) кислоты и ненасыщенные кислоты (содержащие кратные связи): олеиновая с одной двойной связью ( $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$ ), линолевая с двумя кратными связями ( $\text{C}_{17}\text{H}_{31}\text{COOH}$ ), линоленовая с тремя кратными связями ( $\text{C}_{17}\text{H}_{29}\text{COOH}$ ). Среди простых липидов, главным образом, встречаются триацилглицериды (содержат три одинаковых или различных остатка жирных кислот). Однако простые липиды могут быть представлены в виде диацилглицеридов и моноацилглицеридов.

В составе жиров преимущественно находятся насыщенные жирные кислоты. Жиры имеют твердую консистенцию и повышенную температуру плавления. Содержатся преимущественно в липидах животного происхождения. Масла содержат в основном ненасыщенные жирные кислоты, имеют жидкую консистенцию и низкую температуру плавления. Содержатся в липидах растительного происхождения.

Восками называют сложные эфиры, в состав которых входит один высокомолекулярный одноатомный спирт с 18-30 атомами углерода, и одна высокомолекулярная жирная кислота с 18-30 атомами углерода. Воска встречаются в растительном мире. Воск

покрывает очень тонким слоем листья, плоды, предохраняя их от переувлажнения, высыхания, воздействия микроорганизмов. Содержание воска невелико и составляет 0,01-0,2%.

Среди сложных липидов распространены фосфолипиды. В составе фосфолипидов имеются заместители двух типов: гидрофильные и гидрофобные. Гидрофобными выступают радикалы жирных кислот, а гидрофильными – остатки фосфорной кислоты и азотистые основания. Фосфолипиды участвуют в построении мембран клетки, регулируют поступление в клетку питательных веществ.

При извлечении липидов из масличного сырья в масло переходят различные жирорастворимые соединения: фосфолипиды, пигменты, жирорастворимые витамины, стеролы и стерины. Извлекаемая смесь называется «сырой жир». При очистке (рафинировании) растительных масел практически все компоненты, сопутствующие маслам, удаляются, что значительно снижает пищевую ценность масла.

Из жирорастворимых пигментов следует отметить группу каротиноидов – предшественников витамина А. По химической природе это углеводороды – вещества красно-оранжевого цвета. Хлорофилл – зеленый краситель растений.

Стероиды – это циклические соединения, имеющие структуру пергидроциклопентанофенантрена. Из стероидов большое влияние на человека оказывает холестерин. Он участвует в обмене гормонов, желчных кислот.

## ***4.2. Превращения липидов***

Превращения липидов можно разделить на реакции, протекающие с участием сложноэфирных групп, и с участием радикалов углеводов.

*Гидролиз липидов.* Различают три варианта гидролиза липидов:

- кислотный гидролиз проходит в присутствии растворов кислот;
- щелочной гидролиз проходит в присутствии растворов щелочей;
- ферментативный гидролиз проходит под действием фермента липаза.



В результате гидролиза липидов осуществляется разрушение сложноэфирной группировки. Из триацилглицеридов образуются вначале диацилглицериды, затем моноацилглицериды, а далее многоатомный спирт глицерин и свободные жирные кислоты.

Гидролитический распад липидов пищевых продуктов является одной из причин ухудшения их качеств, приводящих, в конечном счете, к порче продуктов. Процессы гидролиза липидов ускоряются при повышенной влажности, повышенной температуре хранения, активности фермента липазы.

*Переэтерификация липидов.* Эта реакция приводит к обмену остатками жирных кислот у липидов. Различают внутримолекулярную переэтерификацию, когда ацильный радикал мигрирует внутри молекулы липида, и межмолекулярную переэтерификацию, когда ацильный радикал мигрирует между различными молекулами липидов. Эта реакция приводит к изменению физико-химических свойств жировых смесей.

Переэтерификация высокоплавких животных жиров с жидкими растительными маслами позволяет получить пластичные жиры, которые являются основой для получения маргарина. Возможно также получение аналога молочного жира, кондитерского жира.

*Гидрирование липидов.* При гидрировании липидов происходит разрыв кратных связей у остатков жирных кислот с присоединением водорода. При этом можно направленно изменять жирнокислотный состав исходного липида. В первую очередь расщепляются кратные связи линоленовой кислоты, затем линолевой, затем олеиновой. В конечном итоге образуется стеариновая кислота. В результате реакции гидрирования получается продукт с заранее заданными свойствами, его называют саломас. Саломасы применяют в производстве маргарина. Реакция гидрирования протекает по схеме: линоленовая кислота → линолевая кислота → олеиновая кислота → стеариновая кислота.

*Окисление липидов.* Липиды подвергаются окислению кислородом воздуха. Первыми продуктами окисления являются гидропероксиды, которые внедряются в радикал карбоновой кислоты. Быстрее всего воздействие оказывается на углерод, ближайший к кратной связи, а у насыщенных жирных кислот атакуется кислородом середина цепочки жирных кислот. Образовавшиеся гидропероксиды неустойчивы, в результате их превращения разрывается цепочка атомов углерода, образуются вторичные продукты

окисления: эпоксисоединения, спирты, альдегиды, реже кетоны, карбоновые кислоты с углеродной цепочкой короче, чем у жирной кислоты.

Процесс окисления липида можно представить в виде схемы:  
ЖИРНАЯ КИСЛОТА → ГИДРОПЕРОКСИД → ЭПОКСИСО-  
ЕДИНЕНИЯ → СПИРТЫ → АЛЬДЕГИДЫ (КЕТОНЫ) →  
КАРБОНОВАЯ КИСЛОТА

Окисление липидов кислородом воздуха является автокаталитическим процессом. Окисление идет по цепному пути, продукты окисления способны реагировать друг с другом и образовывать полимеры. Направление и глубина окисления зависят от состава жирных кислот. С увеличением степени непредельности жирных кислот возрастает скорость их окисления.

Окисление насыщенных жирных кислот происходит значительно медленнее, чем ненасыщенных.

На скорость окисления липидов оказывает влияние присутствие влаги, свет, металлов переменной валентности (Pb, Cu, Co, Mn, Fe), антиокислителей. К антиокислителям относят вещества, присутствие которых приводит к обрыву цепей окисления. Вместо активных радикалов, которые бы инициировали процесс окисления, образуются стабильные радикалы, которые не участвуют в этом процессе. Из природных антиокислителей часто применяют текоферол (витамин E), из синтетических – соединения фенольной природы: ионол, бутилгидрокситолуол (БОТ), бутилгидроксанизол (БОА), пропилгаллаты. При внесении антиоксидантов в количестве 0,01% стойкость жиров к окислению увеличивается в 10-15 раз. Дисциплина «Пищевые и биологически активные добавки» наиболее подробно рассматривает различные антиокислители.

Окисление липидов может проходить при действии биологических катализаторов – ферментов. В процессе ферментативного окисления липидов совместно участвуют ферменты липаза и липоксигеназа. На первом этапе окисления липаза осуществляет гидролиз триацилглицеридов. Этот этап еще называют ферментативное прогоркание. Затем липоксигеназа катализирует образование гидропероксидов ненасыщенных жирных кислот (чаще это линолевая и линоленовая кислоты). Свободные жирные кислоты окисляются быстрее, чем их остатки, входящие в состав молекулы липида. При распаде гидропероксида образуются вещества,

аналогичные продуктам окисления кислородом – образуются вторичные продукты окисления: эпоксисоединения, спирты, альдегиды, реже кетоны, карбоновые кислоты с углеродной цепочкой короче, чем у жирной кислоты.

В процессе окисления липидов образуются различные вещества, которые имеют неприятный вкус и запах (появляется «осаливание», «прогорклость», «запах олифы»), изменяется цвет продукта. В результате снижается пищевая и физиологическая ценность, а продукты могут оказаться непригодными в пищу (пищевая порча жиров). Наименее стойки при хранении сливочное масло, маргарин, кулинарный жир.

### **4.3. Пищевая ценность липидов**

Пищевые жиры и масла являются обязательным компонентом пищи, источником энергетического и пластического материала для человека, поставщиком необходимых веществ, таких как: ненасыщенные жирные кислоты, фосфолипиды, жирорастворимые витамины, стерины. Рекомендуемое содержание жиров в рационе человека по калорийности составляет 30-33% или 90-107 г в сутки. Средней считается норма в 102 г в сутки. В питании имеет значение не только количество, но и химический состав жиров. Линолевая и линоленовые кислоты не синтезируются в организме человека, арахидоновая кислота синтезируется из линолевой кислоты при участии витамина В<sub>6</sub>. Поэтому они получили название *незаменимых или эссенциальных жирных кислот*. В последние годы часто употребляется термин «полиненасыщенные жирные кислоты семейства омега-3», в эту группу входят  $\alpha$ -линоленовая, эйкозапентаеновая, докозагексаеновая кислоты, содержащие несколько кратных связей и «полиненасыщенные жирные кислоты семейства омега-6», в эту группу входит арахидоновая кислота.

Ненасыщенные жирные кислоты участвуют в расщеплении липопротеидов, холестерина, предотвращают образование тромбов, снижают воспалительные процессы.

Липиды оказывают влияние на обмен веществ в клетках, входят в состав клеточных мембран, влияют на кровяное давление, выводят из организма холестерин, при этом повышается эластичность стенок кровеносных сосудов. Повышенной биологической активностью обладают арахидоновая и линолевые кислоты. Среди

продуктов питания наиболее богаты полиненасыщенными жирными кислотами растительные масла. Арахидоновая кислота содержится в яйцах, субпродуктах. Сбалансированный состав ежедневного рациона человека должен содержать 10-20% полиненасыщенных жирных кислот, 50-60% мононенасыщенных жирных кислот, 30% насыщенных жирных кислот. Это обеспечивается при использовании в рационе одной трети растительных и двух третей животных жиров.

Фосфолипиды участвуют в построении клеточных мембран, транспорте жиров в организме, способствуют лучшему усвоению жиров, препятствуют ожирению печени. Суточная потребность в фосфолипидах составляет 5-10 г.

При усвоении 1 грамма липида выделяется 9 ккал энергии. При избыточном потреблении жиров возникает опасность ожирения организма.

Растительные жиры являются источником поступления жирорастворимых витаминов Е и  $\beta$ -каротина, животные жиры – источник жирорастворимых витаминов А, D.

### ***Контрольные вопросы***

1. Назовите общие признаки липидов. Как их классифицируют?
2. Дайте характеристику ацилглицеринам.
3. Что такое фосфолипиды, как они построены?
4. Каково химическое строение стерина и восков?
5. Почему жиры являются незаменимыми факторами питания?
6. Напишите уравнение реакции гидролиза триглицеридов.
7. Каково влияние процессов окисления на степень порчи жиров, механизм окисления?
8. Что такое гидрогенизация и переэтерификация жиров?
9. Какие физические свойства жиров вы знаете?

## **ЛЕКЦИЯ 5. Минеральные вещества.** **Макро- и микроэлементы. Токсичные элементы**

### **5.1. Классификация минеральных веществ**

Минеральные вещества играют важную роль в обменных процессах организма человека. Минеральные вещества входят в состав опорных тканей (кальций, фосфор, магний, фтор); принимают участие в кроветворении (железо, кобальт, фосфор, медь, марганец, никель); влияют на водный обмен, определяют осмотическое давление плазмы крови, являются составными частями ряда гормонов, витаминов, ферментов. Общее содержание минеральных веществ составляет 3-5% массы тела человека. Содержание минеральных веществ в сырье и продуктах питания невелико от 0,1 до 1,9%.

В зависимости от содержания в организме и потребности человека в минеральных веществах их разделяют на *макроэлементы* и *микроэлементы*.

К макроэлементам относят кальций, фосфор, магний, натрий, калий, хлор, серу. Они содержатся в количествах, составляющих сотни миллиграммов на 100 г пищевого продукта.

Микроэлементы называют жизненно необходимыми, если при их отсутствии или недостатке нарушается нормальная жизнедеятельность организма человека. Микроэлементы содержатся в количествах, составляющих десятые, сотые, тысячные доли миллиграмма на 100 г пищевого продукта.

Микроэлементы условно делят на две группы:

- абсолютно или жизненно необходимые – кобальт, железо, медь, цинк, марганец, йод, фтор, бром;
- вероятно необходимые – алюминий, стронций, молибден, селен, никель, ванадий.

Распределение микроэлементов в организме человека зависит от химических свойств и очень разнообразно. Многие микроэлементы действуют на человека опосредовано, то есть через влияние на интенсивность и характер обмена веществ, часто это связано с влиянием на активность различных ферментов в организме человека. Так, некоторые микроэлементы (марганец, цинк, йод) влияют на рост, их недостаточное поступление в организм с пищей тормозит нормальное физическое развитие ребенка. Другие микроэ-

менты (молибден, медь марганец) принимают участие в активности репродуктивной функции, а их недостаток в организме отрицательно влияет на человека.

К наиболее дефицитным минеральным веществам в питании человека относятся кальций (для детей и пожилых людей), железо, йод, к избыточным – натрий (из-за высокого уровня потребления соли), фосфор.

Недостаток или избыток в питании каких-либо минеральных веществ, вызывает нарушение обмена белков, липидов, углеводов, витаминов, что приводит к развитию ряда хронических заболеваний. В таблице 4 приведены симптомы отклонений в организме человека при дефиците минеральных веществ.

Таблица 4

Симптомы отклонений в организме человека при дефиците минеральных веществ

Минеральное вещество	Нарушения в деятельности органов человека
Кальций	Замедление роста скелета
Магний	Мышечные судороги
Железо	Анемия, нарушение иммунной системы
Цинк	Повреждение кожи, замедление роста, полового созревания
Медь	Слабость артерий, нарушение деятельности печени, вторичная анемия
Марганец	Бесплодие, ухудшение роста скелета
Молибден	Замедление клеточного роста, склонность к кариесу
Кобальт	Злокачественная анемия
Никель	Депрессия, дерматиты
Хром	Симптомы диабета, атеросклероз
Кремний	Нарушение роста скелета
Фтор	Кариес зубов
Йод	Нарушение работы щитовидной железы, замедление обмена веществ
Селен	Слабость сердечной мышцы

При правильном питании и потреблении человеком достаточного количества разнообразных минеральных веществ, все чаще наблюдается нарушение обмена минеральных веществ. Причинами нарушения обмена минеральных веществ могут быть следующие факторы:

– несбалансированное питание, то есть недостаточное или избыточное количество белков, липидов, углеводов, витаминов;

- применение методов кулинарной обработки пищевых продуктов, приводящих к потере минеральных веществ, например: при удалении отваров овощей и фруктов, размораживании мяса, рыбы в горячей воде. При такой обработке теряются растворимые соли, содержащие ценные минеральные вещества;
- отсутствие коррекции рациона питания, учитывающей увеличение потребностей отдельной группы населения в тех или иных минеральных веществах;
- нарушение процесса усвоения минеральных веществ.

## 5.2. Макроэлементы

*Кальций.* Содержится в организме человека в большем количестве, чем другие минеральные вещества, в среднем он составляет 1,5-2,0% массы тела. Основная масса его (99%) находится в костях, зубах.

Кальций является наиболее трудноусваиваемым элементом, адсорбируется только 10-30% содержащегося в пище кальция. Усвоению кальция способствует высокое содержание в пище белков и лактозы. Нарушается усвоение кальция при повышенном содержании липидов, солей калия, магния, щавелевой кислоты. Существенное влияние на всасываемость кальция оказывает соотношение его с фосфором и магнием в пищевых продуктах. Оптимальное соотношение  $Ca : P = 1 : 1,5$ ;  $Ca : Mg = 1 : 0,5$ . При избытке фосфора в организме образуется кальциевая соль трехосновного фосфора, которая почти не усваивается организмом человека. Следствием несоответствия количества кальция и фосфора в рационе человека является разжижение костной ткани, кариес зубов.

Главным источником кальция в пище является молоко – 120 мг% и молочные продукты – до 1000 мг%, зернопродукты – 30 мг%, однако кальций, содержащийся в злаковых культурах, трудно усваивается.

*Фосфор.* Содержится в организме человека то 0,8 до 1,1% массы, это составляет 600-700 г. Усваивается фосфор значительно легче, чем кальций, чаще всего усваивается около 70% фосфора. Для образования костей используется 80-90% фосфора, остальное количество участвует в различных обменных процессах организма человека: фосфорилирование глюкозы, глицерина, создание буферности в организме. Фосфорная кислота входит в состав многих

комплексных соединений, отличающихся высокой биологической активностью, например: нуклеопротеиды, фосфопротеиды, фосфолипиды.

Главным источником фосфора являются молоко – 90 мг% и молочные продукты – до 500 мг%, мясо – 180 мг%, рыба – 250 мг%, зернопродукты – 200 мг%.

*Магний.* Содержится в организме человека в количестве 25 г. Из этого количества 70% находится в связанном состоянии с кальцием и фосфором, образуя основу костной ткани. Около 50% магния усваивается организмом из пищи. Факторы, нарушающие адсорбцию кальция, также нарушают всасывание магния (избыточное содержание в пище липидов, солей фосфора, кальция). Ионизированный магний участвует в процессах углеводного, белкового, фосфорного обменов. Магний входит в состав ряда ферментов, участвующих в гликолитическом расщеплении глюкозы, регулирует уровень фосфора в крови. Магний участвует в нормализации возбудимости нервной системы, стимулирует деятельность кишечника. Снижает риск развития атеросклероза. Содержание магния в сыворотке крови влияет на уровень холестерина.

Магний широко распространен в растительных продуктах. Главным источником магния в пище являются: зернопродукты – 80 мг%, бобовые культуры – 100 мг%. Овощи и фрукты, мясо, яйца, рыба, молочные продукты сравнительно бедны магнием – 10-30 мг%.

*Натрий.* В организме человека содержится 115 г натрия. Около трети этого количества находится в костной ткани в виде неорганических соединений. Остальные 66% натрия содержатся во внеклеточных жидкостях организма в виде ионов. Натрий влияет на буферность крови, играет важную роль в поддержании осмотического давления внеклеточной жидкости, участвует в поддержании pH крови. Содержание натрия в крови составляет 310-340 мг%. Натрий улучшает работу мышц, быстро усваивается из пищи (около 95%).

Естественное содержание натрия в пищевых продуктах незначительно и в организм поступает в основном за счет поваренной соли. С солью человек ежедневно потребляет 4000 мг натрия. В молоке содержится 50 мг% натрия, в мясе и рыбе – 70 мг%.

*Калий.* Калий тесно связан с физиологией водного обмена организма человека. В организме калия содержится 250 мг%, он



находится преимущественно внутри клеток, способствует нервно-мышечной деятельности, улучшает работу мышц. Калий легко усваивается организмом из пищи.

Постоянным источником калия в пище человека является картофель – 570 мг%. Очень богаты калием также сухофрукты – 1000 мг%, бобовые культуры – 800 мг%, значительно меньше калия в овощах и фруктах, крупах – 200-300 мг%.

*Хлор.* Хлор составляет около 3% всех минеральных веществ организма человека. Хлориды хорошо усваиваются организмом человека. Анионы хлора вместе с ионами калия и натрия играют важную роль в поддержании осмотического давления внеклеточной жидкости, участвует в поддержании pH крови. Важную роль играет хлор в пищеварении, в виде соляной кислоты он обеспечивает необходимую кислую среду в желудке для активации пищеварительных ферментов, например пепсина.

Содержание хлора в пищевых продуктах незначительно. Основная потребность в хлоре удовлетворяется за счет поваренной соли. В овощах, молоке, мясе содержится 50-150 мг%.

*Сера.* Находится в организме в виде неорганических сульфатов и органических соединений – серосодержащие аминокислоты, сульфолипиды и др. Сера является важным структурным компонентом некоторых витаминов: тиамина, биотина, липолиевой кислоты, входит в состав гормонов, ферментов. Сера активно участвует в белковом обмене, в тканевом дыхании и энергетическом обмене, способствует выведению из организма токсических веществ. Совместно с витаминами С и Е оказывает антиоксидантное действие, совместно с цинком и кремнием определяет состояние волос и кожи.

Основными источниками серы являются продукты животного происхождения. Сыр содержит серы 260 мг%, яйцо – 200 мг%, мясо и рыба – 220 мг%, бобовые культуры – 220 мг%, в зернопродуктах содержится всего 70 мг%.

### **5.3. Микроэлементы**

*Железо.* В организме содержится 3-4 г железа, около 73% из них входит в состав гемоглобина. Железо входит в состав окислительных ферментов и обеспечивает перенос кислорода, тканевое дыхание. С пищей усваивается 10-30% железа, так как в продуктах

железо находится в трехвалентной форме, а для усвоения необходим переход железа в двухвалентное. Присутствию витамина С, солей кальция способствует переходу трехвалентного железа в двухвалентное. Недостаточность железа в организме проявляется анемией. Основным источником железа в организме являются: субпродукты и мясо – 3-5 мг%, зернопродукты – 4 мг%, бобовые культуры – 9 мг%.

*Медь.* Находится в организме человека в количестве 150 мг. Совместно с железом медь участвует в процессах кроветворения и тканевого дыхания, входит в состав окислительно-восстановительных ферментов, участвует в синтезе гемоглобина, эритроцитов, ускоряет усвоение железа, стимулирует действие гормонов.

Медь содержится в растительных и животных продуктах в незначительном количестве. В говяжьей печени содержится 2 мг% меди, в рыбе – 0,6 мг%.

*Йод.* В организме взрослого человека находится около 25 мг йода, из которых половина сосредоточена в щитовидной железе. Основное физиологическое значение йода заключается в участии образования гормона щитовидной железы – тироксина. В процессе технологической переработки теряется 20-60% йода.

Основным источником йода являются продукты моря: морская капуста, рыба – 50 мкг%, рыбий жир – 770 мкг%. В мясе содержится йода всего 10 мкг%, в овощах – 10 мкг%.

Обогащение продуктов питания йодом необходимо для профилактики заболеваний гипертонической и зубной болезней, атеросклероза.

*Марганец.* Содержится в организме главным образом в печени и почках, общее количество марганца составляет 10 мг. Организм трудно усваивает марганец, он плохо всасывается в кишечнике. Усвояемость марганца составляет 37–63%. Основное биологическое значение марганца заключается в его активном участии в окислительно-восстановительных реакциях, он активизирует некоторые ферменты, участвует в образовании костной и соединительной ткани. Марганец стимулирует процессы роста, усиливает действие инсулина, вместе с железом и медью играет существенную роль в кроветворении.

Основные источники марганца – это растительные продукты: зернопродукты и бобовые культуры – 400-1000 мкг%, зеленные

культуры, свекла – 200 мкг%, продукты животного происхождения бедны марганцем, в мясе содержится 50 мкг%.

*Кобальт.* Является составной частью витамина В<sub>12</sub>. Он стимулирует процессы кроветворения, активизируя образование гемоглобина и эритроцитов, оказывает влияние на обмен веществ. Кобальт в организме усваивается в форме витамина В<sub>12</sub>.

Источником кобальта в пищевых продуктах являются продукты, богатые витамином В<sub>12</sub>: печень, бобовые культуры, ягоды, свекла.

*Цинк.* Содержится в организме человека в количестве 2 г. Основное биологическое значение его заключается в участии в процессах дыхания, в поддержке кислотно-щелочного равновесия, повышает интенсивность распада липидов в организме, входит в состав инсулина и влияет на углеводный обмен, способствует росту организма.

Продукты растительного происхождения содержат 1-10 мг% цинка, наиболее богаты им зерновые культуры – 4 мг%, бобовые культуры – 3 мг%, мясо – 3 мг%, печень – 5 мг%, яичный желток – 9 мг%.

*Фтор.* Играет важную роль в формировании зубной эмали, в образовании костей, нормализует фосфорно-кальциевый обмен. В среднем из пищи усваивается 35% фтора, а из воды – 64%. Поступление фтора в организм определяется преимущественно содержанием его в питьевой воде. Оптимальной считается концентрация фтора в воде – 0,5-1,2 мг/дм<sup>3</sup>.

Содержание фтора в продуктах составляет 0,02-0,05 мг%, больше фтора в морепродуктах, в рыбе – 500 мкг%.

Для профилактики кариеса зубов используют зубные пасты с добавлением фтора, в виде неорганических соединений, в концентрациях около 1 г/кг.

*Никель.* Участвует в процессах кроветворения, влияет на функцию поджелудочной железы, усиливает образование инсулина. Синтетические соединения никеля токсичны для человека. Никель содержится в морепродуктах – 5-10 мкг%, в субпродуктах, в овощах и фруктах содержится 5-10 мкг%, в зерновых культурах – 30-80 мкг%. Суточная потребность в никеле составляет от 200 до 900 мкг.

*Хром.* Участвует в основном в обмене углеводов, а также липидов и аминокислот. Хром считают глюкозо-толерантным

фактором (Glucose Tolerance Factor), он облегчает усвоение глюкозы. Хром имеет важное значение, в профилактике легких форм диабета, атеросклероза. Человек усваивает трехвалентный хром через желудочно-кишечный тракт и дыхательные пути. Шестивалентная форма хрома токсична для человека.

Пищевым источником хрома является печень – 10-80 мкг%, хром содержится в пивных дрожжах.

*Селен.* Участвует в деятельности сердечно-сосудистой системы, регулирует деятельность клеточных мембран, участвует в синтезе гормонов щитовидной железы, то есть способствует усвоению йода.

Селен повышает антиокислительную активность витамина Е. При недостатке селена особенно страдает сердечно-сосудистая система, это проявляется прогрессирующим атеросклерозом и слабостью сердечной мышцы.

Пищевым источником селена являются зернопродукты – 200 мкг%. Селен обнаружен в зеленом китайском чае.

*Молибден.* Общее количество молибдена в организме взрослого человека составляет порядка 7 мг. Содержание молибдена в крови составляет около 0,5 мкг на 100 мл.

Более высокие концентрации этого элемента были обнаружены у людей, проживающих в регионах, где почва наиболее богата соединениями этого металла.

Так, в некоторых районах Армении отмечены частые случаи заболевания подагрой у жителей, которые питаются в основном местными продуктами, в которых были обнаружены чрезвычайно высокие уровни молибдена. Содержание его в рационе питания жителей этого района составляло 10-15 мг. В других районах, где случаи подагры встречались реже, люди с пищей получали всего 1-2 мг молибдена в день.

Молибден является составной частью ряда ферментов, таких как ксантиноксидаза, альдегидоксидаза, сульфатоксидаза. Известно, что молибден тормозит развитие кариеса.

Предполагаемая дневная потребность в молибдене составляет 2 мкг на 1 кг массы тела. В России суточное потребление молибдена составляет 0,27 мг.

Таблица 5

## Суточная потребность человека в минеральных веществах

Минеральные вещества	Единицы измерения	Суточная потребность
Кальций	Мг	800
Фосфор	Мг	1200
Магний	Мг	400
Натрий	Мг	2000
Калий	Мг	3000
Хлор	Мг	1000
Сера	Мг	1000
Железо	Мг	14
Медь	Мг	2
Йод	Мкг	100
Марганец	Мг	5
Кобальт	Мкг	100
Цинк	Мг	20
Фтор	Мг	1
Молибден	Мкг	200
Хром	Мкг	150
Селен	Мкг	70
Никель	Мкг	900

Наиболее богаты молибденом различные виды овощей (например бобовые) и внутренние органы животных. Суточная потребность человека в важнейших микро и макроэлементах представлена в таблице 5.

#### ***5.4. Изменения минерального состава пищевых продуктов при технологической обработке***

При переработке пищевого сырья, как правило, происходит снижение содержания минеральных веществ (кроме добавления пищевой соли). В растительных продуктах они теряются с отходами. Так, содержание ряда макро- и особенно микроэлементов при получении крупы и муки после обработки зерна снижается, так как в удаляемых оболочках и зародышах этих компонентов находится больше, чем в целом зерне.

Мясные, рыбные продукты и птица в основном теряют такие макроэлементы, как кальций и фосфор, при отделении мякоти от костей.

При тепловой кулинарной обработке (варке, жарении, тушении) мясо теряет от 5 до 50% минеральных веществ. Однако если обработку вести в присутствии костей, содержащих много кальция, то возможно увеличение содержания кальция в кулинарно обработанных мясных продуктах на 20%.

В технологическом процессе за счет недостаточно качественного оборудования может переходить в конечный продукт некоторое количество микроэлементов. Так, при изготовлении хлеба при тестоприготовлении в результате контакта теста с оборудованием содержание железа может увеличиваться на 30%. Этот процесс нежелательный, поскольку вместе с железом в продукт могут переходить и токсичные элементы, содержащиеся в виде примесей в металле. При хранении консервов в жестяных сборных (то есть спаянных) банках с некачественно выполненным припоем или при нарушении защитного лакового слоя в продукт могут переходить такие высокотоксичные элементы как свинец, кадмий, а также олово.

Следует учесть, что металлы, такие как железо и медь, даже в небольших концентрациях могут вызвать нежелательное окисление продуктов. Их каталитические окислительные способности особенно ярко проявляются в отношении жиров и жировых продуктов. Так, например, концентрация железа и меди соответственно выше 1,5 и 0,4 мг/кг при длительном хранении сливочного масла и маргаринов вызывает прогоркание продуктов. При хранении напитков в присутствии железа и меди соответственно выше 5 и 1 мг/л при определенных условиях часто может наблюдаться помутнение напитков.

### ***Контрольные вопросы***

1. Какие вещества относятся к макроэлементам?
2. Какие вещества относятся к микроэлементам?
3. Каковы пути поступления минеральных веществ в организм человека?
4. Охарактеризуйте методы определения железа?
5. Какую роль играют в организме человека минеральные вещества?
6. Какова суточная потребность человека в минеральных веществах?

## ЛЕКЦИЯ 6. Витамины. Физиологическое значение и потребность. Содержание в сырье и готовых продуктах

### 6.1. Классификация витаминов

*Витамины* – биорегуляторы биохимических и физиологических процессов, протекающих в живых организмах. Витамины являются низкомолекулярными органическими соединениями различной химической природы. Для нормальной жизнедеятельности человеку витамины необходимы в небольших количествах. Нормы суточного потребления витаминов приведены в таблице 6.

Таблица 6

Суточная потребность человека в витаминах

Витамин	Суточная потребность	Функция витамина
1	2	3
Витамин С Аскорбиновая кислота	70 мг	Антицинготный фактор. Участвует в окислительно-восстановительных реакциях, повышает иммунитет человека
Витамин В <sub>1</sub> Тиамин	1,7 мг	Необходим для нормальной деятельности центральной нервной системы. Участвует в регулировании углеводного обмена
Витамин В <sub>2</sub> Рибофлавин	2 мг	Участвует в окислительно-восстановительных реакциях
Витамин В <sub>3</sub> Пантатеновая кислота	6 мг	Участвует в реакциях биохимического ацилирования, обмена липидов, жирных кислот, углеводов
Витамин В <sub>5</sub> Ниацин, РР	19 мг	Участвует в окислительно-восстановительных реакциях
Витамин В <sub>6</sub> Пиридоксин	2,2 мг	Участвует в синтезе и метаболизме аминокислот, белков, ненасыщенных жирных кислот
Витамин В <sub>9</sub> Фолиевая кислота, Фолацин	200 мкг	Кроветворный фактор, участвует в синтезе аминокислот, нуклеиновых кислот, холина, пуриновых и пиримидиновых оснований
Витамин В <sub>12</sub> Цианкобаламин	3 мкг	Фактор кроветворения, участвует в превращениях аминокислот
Витамин Н Биотин	250 мкг	Участвует в реакциях карбоксилирования-декарбоксилирования, обмена аминокислот, липидов, углеводов, нулеиновых кислот
Витамин А Ретинол	2 мг	Участвует в деятельности мембран клеток, влияет на рост костей, зрение человека
Витамин Д Эргостерол	2,5 мкг	Регулирует содержание кальция и фосфора в крови, участвует в формировании костей

1	2	3
Витамин <i>Е</i> Токоферол	10 мг	Предотвращает окисление липидов. Активный антиокислитель
Витамин <i>К</i> Филлохинон	3 мг	Регулирует процесс свертывания крови

Так как витамины не синтезируются организмом, они должны поступать в необходимом количестве с пищей в качестве ее обязательного компонента. Отсутствие или недостаток витаминов в организме человека вызывает болезни недостаточности – авитаминозы. При избыточном приеме витаминов, значительно превышающем физиологические нормы, могут развиваться гипервитаминозы. Это характерно для жирорастворимых витаминов, доля которых в суточном рационе человека невысока.

В качестве единицы измерения витаминов пользуются размерностью  $\text{мг}\% = 0,001 \text{ г}$  (миллиграммы витаминов в 100 г продукта),  $\text{мкг}\% = 0,001 \text{ мг } \%$  (микрограммов витаминов в 100 г продукта).

Ряд витаминов представлен не одним, а несколькими соединениями, обладающими сходной биологической активностью, например: пиридоксин витамин  $B_6$  включает пиридоксин, пиридоксаль, пиридоксамин.

Различают собственно *витамины и витаминоподобные вещества*. К витаминоподобным веществам относятся: биофлавоноиды (витамин *P*), пангамовая кислота (витамин  $B_{15}$ ), парааминобензойная кислота (витамин  $H_1$ ), ортовая кислота (витамин  $B_{13}$ ), холин (витамин  $B_4$ ), инозит (витамин  $H_3$ ), метилметионинсульфоний (витамин *U*), липолева кислота, карнитин (витамин *B*). Витаминоподобные соединения также участвуют в биохимических процессах организма человека.

По растворимости витамины разделены на две группы:

- *водорастворимые*, такие как  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_5$ ,  $B_6$ ,  $B_{12}$ , *C*;
- *жирорастворимые*, такие как *A*, *E*, *D*, *K*.

## 6.2. Водорастворимые витамины

*Витамин С или аскорбиновая кислота.* В химическом отношении представляет собой  $\gamma$ -лактон-2,3 дегидро-4-гулоновой кислоты.



Антицинготный фактор. Участвует в окислительно-восстановительных реакциях, повышает иммунитет человека. Все необходимое количество витамина С человек получает с пищей. Основные источники витамина С это овощи, фрукты, ягоды: капуста содержит 50 мг%, картофель – 20 мг%, черная смородина – 300 мг%, шиповник до 1000 мг%. Витамин С крайне нестойк, легко разрушается кислородом воздуха, на свету, в присутствии ионов тяжелых металлов. Более устойчив витамин в кислой среде, чем в щелочной, поэтому его содержание в овощах и плодах при хранении быстро снижается. Исключение составляет свежая капуста. При тепловой обработке разрушается 25-60% витамина С.

*Витамин B<sub>1</sub> (тиамин)* необходим для нормальной деятельности центральной нервной системы. Участвует в регулировании углеводного обмена. Действующей в организме формой витамина B<sub>1</sub> является его производное в виде тиаминдифосфата или фермента кокарбоксилаза. Основные источники витамина B<sub>1</sub> – зернопродукты, такие как крупы, мука грубого помола и т. д., где содержание витамина составляет 0,5 мг%, в горохе содержится до 0,8 мг%, в мясе – 0,5 мг%. Витамин B<sub>1</sub> стоек к действию света, кислорода, в кислой среде, к повышенным температурам. Легко разрушается в щелочной среде, расщепляется также ферментом тианаза. При технологической переработке разрушается 15-20% витамина B<sub>1</sub>.

*Витамин B<sub>2</sub> (рибофлавин)*. Участвует в окислительно-восстановительных реакциях, так как входит в состав окислительно-восстановительных ферментов. При недостатке витамина возникает заболевание кожи (себорея, псориаз), воспаление слизистой оболочки рта, появляются трещины в углах рта, развиваются заболевания кровеносной системы и желудочно-кишечного тракта. Витамин B<sub>2</sub> присутствует в молочных продуктах: в молоке – 0,15 мг%, в сыре – 0,4 мг%, в печени – 2,2%, в зернопродуктах – 0,1 %, в овощах и фруктах – 0,04 мг%. Небольшое количество витамина B<sub>2</sub> в организме человека синтезирует кишечная микрофлора. Витамин B<sub>2</sub> устойчив к повышенным температурам, но разрушается на свету и в щелочной среде. Небольшое снижение витамина B<sub>2</sub> приводит к существенным потерям витамина С. При технологической переработке частично разрушается.

*Витамин B<sub>3</sub> (пантотеновая кислота)*. Участвует в реакциях биохимического ацилирования, обмена липидов, жирных кислот,

углеводов. Недостаток витамина приводит к дерматитам, выпадению волос. Небольшое количество витамина  $B_3$  синтезирует кишечная микрофлора. Витамин  $B_3$  присутствует в субпродуктах 2,5-9 мг%, в зернопродуктах и бобовых культурах – 2 мг%, в яйце – 2 мг%, в дрожжах – 4-5%. При технологической переработке теряется до 30% витамина, преимущественно при бланшировании и варке.

*Витамин  $B_5$  (витимин РР, никотиновая кислота, ниацин).* Этот витамин встречается в виде никотиновой кислоты и в виде никотиамида. Оба вещества обладают выраженной витаминной активностью. Участвует в окислительно-восстановительных реакциях, так как ниацин входит в состав ферментов дегидрогеназ. Недостаток витамина РР вызывает утомляемость, бессонницу, снижение иммунитета, нарушение функций нервной и сердечно-сосудистой системы. Аминокислота триптофан является одним из источников ниацина, так как из 60 мг триптофана синтезируется 1 мг ниацина. Основным источником ниацина – субпродукты (до 12 мг%), мясо и рыба содержат около 4 мг% витамина. Молоко, зернопродукты, овощи и фрукты бедны витамином РР. Витамин РР устойчив к действию света, кислорода воздуха, в щелочной среде. При технологической переработке до 25% витамина экстрагируется в воду.

*Витамин  $B_6$  (пиридоксин, пиридоксамин, адермин).* Участвует в биосинтезе и метаболизме аминокислот, белков, ненасыщенных жирных кислот. Витамин  $B_6$  необходим для нормальной деятельности нервной системы, кровеносной системы, печени. При недостатке витамина развиваются дерматиты. Витамин присутствует в мясе – 0,4 мг%, в фасоли – 0,9 мг% а картофеле – 0,3 мг%. Витамин  $B_6$  устойчив к повышенным температурам, кислотам, щелочам, но разрушается на свету. При переработке теряется до 20% витамина  $B_6$ . Частично витамин синтезируется кишечной микрофлорой.

*Витамин  $B_9$  (фолиевая кислота, фолацин).* Кроветворный фактор, участвует в деятельности сердечно-сосудистой системы, в биосинтезе аминокислот, нуклеиновых кислот, холина, пуриновых и пиримидиновых оснований. При недостатке витамина нарушается деятельность системы кроветворения, пищеварительной системы, снижается иммунитет организма. Фолиевая кислота присутствует в зеленых культурах – 110 мкг%, в печени – 240 мкг%, в

дрожжах – 550 мкг%, меньше в зернопродуктах и молочных продуктах – 10-20 мкг%. Фолиевая кислота неустойчива при термической обработке. При переработке молока и овощей теряется 75-90% витамина, однако при переработке мясопродуктов витамин более устойчив.

*Витамин  $B_{12}$  (цианкобаламин).* Витамин участвует в процессах кровообращения, превращения аминокислот, совместно с фолиевой кислотой, участвует в биосинтезе нуклеиновых кислот. При недостатке витамина  $B_{12}$  наступает слабость, развивается анемия, нарушается деятельность нервной системы. Витамин  $B_{12}$  содержится в продуктах животного происхождения: в печени – 160 мкг%, в мясе – 6 мкг%, в молоке – 0,6 мкг%. Витамин разрушается при длительном действии света, при окислении, более устойчив при нейтральных pH. При технологической переработке теряется 10-20% витамина  $B_{12}$ .

*Витамин H (биотин).* Витамин участвует в биосинтезе липидов, аминокислот, углеводов, нуклеиновых кислот, входит в состав ферментов, катализирующих реакции карбоксилирования-декарбоксилирования. При недостатке витамина наблюдаются нервные расстройства, возникает депигментация кожи, дерматит. Основные источники биотина: печень и почки – 80-140 мкг%, яйца – 28 мкг%, молоко и мясо – 3 мкг%, бобовые культуры – 20 мкг%, пшеничный хлеб – 4,8 мкг%. Витамин неустойчив при окислении в кислой и щелочной среде. При технологической переработке витамин почти не разрушается.

### **6.3. Жирорастворимые витамины**

*Витамин A (ретинол).* Витамин является непредельным одноатомным спиртом, участвует в биохимических процессах, связанных с деятельностью мембран клеток, влияет на рост костей, зрение человека. При недостатке витамина замедляется рост костей, наблюдается поражение слизистой оболочки дыхательных путей, пищеварительной системы, страдает зрение. Витамин A обнаружен в продуктах животного происхождения в рыбьем жире – 14 мкг%, в печени трески – 4 мкг%, в молоке – 0,025 мкг%.

В растительных продуктах содержится провитамин A-β-каротин, имеющий красно-оранжевый цвет. Из одной молекулы β-каротина в организме человека образуется две молекулы витами-

на *A*. Больше всего  $\beta$ -каротин находится в моркови – 10 мг%, в томатах – 1 мг%, он присутствует в овощах и фруктах, имеющих красно-оранжевую окраску.

Витамин *A* быстро разрушается при действии света, воздуха, в присутствии тяжелых металлов. При быстром окислении липидов происходит и окисление витамина *A*, растворенного в липидах. При переработке сырья теряется до 30% витамина *A*, но при сушке теряется до 90%. В соках и напитках витамин хорошо сохраняется при хранении.

*Витамин E (токоферол)*. Токоферолы регулируют свободно-радикальные реакции в клетках, предотвращают окисление ненасыщенных жирных кислот в липидах клеточных мембран, влияют на синтез ферментов, обладают выраженным антиокислительным действием и используются в качестве антиоксиданта. При недостатке витамина наблюдается поражение миокарда, сердечнососудистой и нервной системы, функции размножения. Витамин *E* распространен в растительном сырье: в масле соевом – 115 мкг%, подсолнечном – 42 мкг%, в зернопродуктах – 5 мкг%. Витамин *E* устойчив при нагревании, медленно разрушается под действием ультрафиолетовых лучей, кислорода воздуха, в присутствии тяжелых металлов. При переработке сырья теряется 10-20% витамина.

*Витамин D (эргостерол, кальциферол, эргокальциферол)*. Витамин регулирует содержание кальция и фосфора в крови, участвует в формировании костных тканей. Витамин *D* способен синтезироваться в коже человека под влиянием ультрафиолетовых лучей. При недостатке витамина у детей развивается рахит, у взрослых наблюдается остеопороз – разжижение, истончение костей, что приводит к кариесу зубов, переломам костей. Витамин *D* содержится в продуктах животного происхождения: в рыбьем жире – 125 мкг%, в печени трески – 100 мкг%, в говяжьей печени – 2,5 мкг%, в желтке яйца – 2,2 мкг%. Витамин устойчив при хранении и технологической переработке. При сушке теряется максимальное количество – до 30% витамина *D*.

*Витамин K (филлохинон  $K_1$  и метакхинон  $K_2$ )*. Витамин *K* необходим для нормализации свертывания крови, участвует в образовании компонентов крови. При недостатке развивается язвенная болезнь. Основные источники витамина: зеленные культуры, такие как укроп, петрушка, капуста (в растительном сырье встречается филлохинон), мясо, печень (в сырье животного происхождения

встречается метакхинон). Частично витамин К синтезируется микрофлорой кишечника.

#### **6.4. Витаминоподобные соединения**

Витаминоподобные вещества являются веществами с повышенной биологической активностью. Они выполняют в организме человека разнообразные функции. Парааминобензойная кислота является фактором роста для микроорганизмов пищеварительного тракта, синтезирующих фолиевую кислоту. Холин, инозит являются незаменимыми пластическими веществами. Липоевая кислота, ортовая кислота, карнитин относятся к биологически активным веществам, синтезируемым организмом. Биофлавоноиды, метилметионинсульфоний, пангамовая кислота являются фармакологически активными веществами пищи.

*Холин В<sub>4</sub>*. Входит в состав фосфолипида фосфатидилхолин. Участвует в реакциях карбоксилирования-декарбоксилирования, обмена аминокислот, липидов, углеводов, нуклеиновых кислот. Холин регулирует деятельность нервной системы, участвует в синтезе метионина, адреналина. При недостатке витамина наблюдается поражение печени, кровоизлияния во внутренних органах. Холин содержится в нерафинированном растительном масле.

*Биофлавоноиды*. Представлены группой флавоноидов с выраженной биологической активностью: катехин, рутин, гесперидин. Биофлавоноиды способствуют укреплению стенок кровеносной системы, помогают регулировать кровеносное давление, способствуют деятельности сердечно-сосудистой системы. Активность биофлавоноидов повышается в присутствии витамина С. Катехины содержатся в листьях чая, бобов какао, в винограде, гесперидин содержится в цедре цитрусовых фруктов.

На некоторые витаминоподобные вещества установлены ориентировочные суточные нормативы: для пантотеновой кислоты – 10-15 мг, для биофлавоноидов – 30-50 мг, для инозита – 500-1000 мг, для липоевой кислоты – 500-2000 мг, для холина 150-2000 мг.

*Катехины* – группа соединений, выделяемых из листов чая, бобов какао, винограда. Их представителями являются эпикатехин и рутин. Рутин – гликозид, состоящий из кварцетина, глюкозы и

рамнозы. Часто используется совместно с витамином С, который предохраняет его от окисления.

### ***6.5. Витаминизация продуктов питания***

Недостаточное поступление витаминов с пищей приводит к их дефициту в организме и развитию болезни витаминной недостаточности. Различают две степени витаминной недостаточности: авитаминоз и гиповитаминоз. При авитаминозе наблюдается большой дефицит витамина и развивается заболевание, связанное с витаминной недостаточностью (цинга, рахит, дерматозы). При гиповитаминозе наблюдается умеренный дефицит в витамине, проявления дефицита витамина стерты, неспецифичны (потеря аппетита, быстрая утомляемость, раздражительность, кровоточивость десен). Наряду с дефицитом одного из витаминов, все чаще наблюдается полигиповитаминоз и полиавитаминоз, при которых организм испытывает недостаток сразу в нескольких витаминах. Чаще всего гиповитаминозы и авитаминозы возникают при недостаточном поступлении витаминов с пищей, кроме того дефицит витаминов может возникнуть вследствие нарушения их усвоения в организме, в основном по причине развития какого-либо заболевания человека. В некоторых случаях формируется повышенная потребность человека в витаминах: при высоких физических нагрузках, при стрессе, при воздействии вредных внешних факторов.

При обследовании населения выявлен дефицит витаминов у большей части населения, особенно дефицит обостряется в зимний и весенний период. Наиболее эффективный способ витаминной профилактики – обогащение витаминами продуктов питания, пользующихся массовым спросом, часто наряду с витаминизацией осуществляют минерализацию продуктов, внося одновременно с витаминами дефицитные минеральные вещества. При витаминизации продуктов питания повышается их качество, сокращаются расходы на медицинское лечение, расширяется круг лиц, постоянно потребляющих дефицитные витамины, восполняются потери витаминов, происходящие при технологической переработке сырья.

Основные продукты питания, обогащенные витаминами:

- мука и хлебобулочные изделия (витамины группы В);
- продукты детского питания (все витамины);

- напитки и соки (все витамины кроме *A, D*);
- молочные продукты (витамины *A, D, E, C*);
- маргарин, майонез (витамины *A, D, E*).

### ***Контрольные вопросы***

1. Какие витамины относятся к водорастворимым, жирорастворимым?
2. Какие витамины содержатся в растительном сырье?
3. Какие изменения происходят с витаминами при переработке сырья?
4. Приведите пути витаминизации продуктов питания?
5. Какую роль играют витамины в организме человека?
6. Какие факторы воздействия наиболее отрицательно влияют на сохранность витамина *C*?
7. Какие вещества относятся к витаминоподобным?

## **ЛЕКЦИЯ 7. Органические кислоты как регулятор кислотности пищевых систем**

### ***7.1. Химическая природа и физико-химические свойства важнейших пищевых кислот***

Пищевые кислоты представляют собой разнообразную по своим свойствам группу веществ органической и неорганической природы.

Состав и особенности химического строения пищевых кислот различны и зависят от специфики пищевого объекта, а также природы кислотообразования. В большинстве растительных объектов обнаружены нелетучие моно- и трикарбоновые кислоты, предельные и непредельные, в том числе гидрокси- и оксокислоты.

Продукты питания содержат различные органические кислоты, которые объединяют в группу пищевых кислот. Пищевые кислоты накапливаются в растительном сырье в результате биохимических превращений на стадии развития растения, также кислоты могут накапливаться вследствие биохимических изменений в ходе технологического процесса приготовления продуктов питания (спиртовое брожение, молочнокислое брожение).

Пищевые кислоты могут быть внесены в пищевую систему в ходе технологического процесса для регулирования pH, придания определенного вкуса (напитки), для формирования определенной консистенции (молочные продукты, кондитерские изделия). Вносимые пищевые кислоты в процессе производства продуктов относятся к группе пищевых добавок. Их использование не лимитируется в гигиеническом отношении, а регламентируется технологическими инструкциями на конкретные пищевые продукты. Повышенной токсичностью обладает фумаровая кислота, для которой установлен уровень ДСД допустимой суточной дозы – 6 мг/кг массы тела человека.

*Адипиновая кислота* получается в промышленности, главным образом, двухстадийным окислением циклогексана. Обладает всеми химическими свойствами, характерными для карбоновых кислот, в частности, образует соли, большинство из которых растворимо в воде. Легко этерифицируется в моно- и диэфиры. Соли и эфиры адипиновой кислоты получили название адипинаты.



Является пищевой добавкой (Е355), обеспечивающей кислый вкус продуктов, в частности, безалкогольных напитков.

*Уксусная кислота* используется в виде эссенций 70–80% концентрации и в виде столового уксуса 9% концентрации. Применяются также соли уксусной кислоты – ацетаты. Основная область применения уксусной кислоты – приготовление овощных консервов.

*Молочная кислота* используется в виде 40% раствора и концентрата 70% раствора. Соли молочной кислоты называются лактатами. Молочная кислота применяется в производстве пива (подкисление затора), безалкогольных напитков, кондитерских изделий, кисломолочных продуктов.

*Лимонная кислота* используется в виде кристаллов белого цвета, полученных биохимическим синтезом из плесневого гриба *Aspergillus niger*. Соли лимонной кислоты называются цитратами. Лимонная кислота имеет мягкий вкус, меньше раздражает слизистую оболочку желудочно-кишечного тракта. В высоких концентрациях лимонная кислота содержится в citrusовых плодах. Применяется в производстве напитков, соков, кондитерских изделий, рыбных консервов.

*Яблочная кислота* используется в виде кристаллов белого или желтоватого цвета. Соли яблочной кислоты называются малатами. Яблочная кислота имеет мягкий вкус, не раздражает слизистую оболочку желудочно-кишечного тракта. В высоких концентрациях яблочная кислота содержится во фруктах. Применяется в производстве напитков, кондитерских изделий.

*Винная кислота* используется в виде кристаллов белого или желтоватого цвета. Получают при переработке отходов виноделия. Соли винной кислоты называются тартратами. Винная кислота имеет мягкий вкус, меньше раздражает слизистую оболочку желудочно-кишечного тракта. Содержится в винограде. Применяется в производстве напитков, кондитерских изделий.

Реже в производстве продуктов питания используются кислоты: *адипиновая, янтарная, фумаровая*.

*Фосфорная кислота* является представителем минеральных кислот, однако она широко представлена в пищевом сырье и продуктах питания, особенно распространены соли фосфорной кислоты – фосфаты. Фосфорная кислота входит в состав сложных органических соединений: фосфолипидов, нуклеиновых кислот, АТФ

(аденозинтрифосфат). В высоких концентрациях фосфаты содержатся в молочных, мясных продуктах, в орехах. Применяется в производстве напитков, кондитерских изделий.

Пищевые продукты содержат различные аминокислоты: аланин, валин, серин, лизин, метионин и др., входящие в состав белков. Продукты питания содержат различные липиды, в состав которых входят жирные кислоты: пальмитиновая, стеариновая, олеиновая, линолевая, линоленовая и другие.

*Ароматическая кислота* – бензойная кислота является природным консервантом, она содержится в некоторых ягодах.

В продуктах переработки плодов, например в мезге, могут быть выявлены летучие кислоты – муравьиная и уксусная.

## ***7.2. Влияние органических кислот на качество пищевых продуктов***

Пищевые кислоты в составе продовольственного сырья и продуктов выполняют различные функции, связанные с качеством пищевых объектов. В составе комплекса вкусоароматических веществ они участвуют в формировании вкуса и аромата, принадлежащих к числу основных показателей качества пищевого продукта. Именно вкус, наряду с запахом и внешним видом, по сей день оказывает более существенное влияние на выбор потребителем того или иного продукта по сравнению с такими показателями, как состав и пищевая ценность. Изменения вкуса и аромата часто оказываются признаками начинающейся порчи пищевого продукта или наличия в его составе посторонних веществ.

Главное вкусовое ощущение, вызываемое присутствием кислот в составе продукта, – кислый вкус, который в общем случае пропорционален концентрации ионов  $H^+$  (с учетом различий в активности веществ, вызывающих одинаковое вкусовое восприятие). Например, пороговая концентрация (минимальная концентрация вкусового вещества, воспринимаемая органами чувств), позволяющая ощутить кислый вкус, составляет для лимонной кислоты 0,017%, для уксусной – 0,03%.

В случае органических кислот на восприятие кислого вкуса оказывает влияние и анион молекулы. В зависимости от природы последнего могут возникать комбинированные вкусовые ощущения, например, лимонная кислота имеет кисло-сладкий вкус, а

пикриновая — кисло-горький. Изменение вкусовых ощущений происходит и в присутствии солей органических кислот. Так, соли аммония придают продукту соленый вкус.

Естественно, что наличие в составе продукта нескольких органических кислот в сочетании с вкусовыми органическими веществами других классов обуславливают формирование оригинальных вкусовых ощущений, часто присущих исключительно одному, конкретному виду пищевых продуктов.

В состав ароматообразующего комплекса кисломолочных продуктов входят молочная, лимонная, уксусная, пропионовая и муравьиная кислоты.

Качество пищевого продукта представляет собой интегральную величину, включающую, помимо органолептических свойств (вкуса, цвета, аромата), показатели, характеризующие его коллоидную, химическую и микробиологическую стабильность.

Формирование качества продукта осуществляется на всех этапах технологического процесса его получения. При этом многие технологические показатели, обеспечивающие создание высококачественного продукта, зависят от активной кислотности (pH) пищевой системы.

В общем случае величина pH оказывает влияние на следующие технологические параметры:

- образование компонентов вкуса и аромата, характерных для конкретного вида продукта;
- коллоидную стабильность полидисперсной пищевой системы (например, коллоидное состояние белков молока или комплекса белково-дубильных соединений в пиве);
- термическую стабильность пищевой системы (например, термоустойчивость белковых веществ молочных продуктов, зависящую от состояния равновесия между ионизированным и коллоидно-распределенным фосфатом кальция);
- биологическую стойкость (например, пива и соков);
- активность ферментов;
- условия роста полезной микрофлоры и ее влияние на процессы созревания (например, пива или сыров).

### ***Контрольные вопросы***

1. Дайте общую характеристику кислот, входящих в состав пищевых продуктов.
2. Приведите примеры веществ, используемых в пищевой промышленности для регулирования рН пищевых систем.
3. В каких технологических функциях проявляется действие органических кислот в пищевых системах?
4. Каковы особенности органических кислот, применяемых в пищевых целях?
5. Приведите примеры биохимических изменений кислотности пищевой системы.
6. Дайте краткую характеристику методов, позволяющих определять кислоты в составе продуктов.
7. На какие технологические параметры оказывает влияние величина рН?

## ЛЕКЦИЯ 8. Ферменты. Роль ферментов в превращениях основных компонентов пищевого сырья

### 8.1. Классификация ферментов

*Ферменты* – биологические катализаторы белковой природы. Они значительно повышают скорость химических реакций, которые при отсутствии ферментов протекают очень медленно. При этом ферменты не расходуются и не претерпевают необратимых изменений.

*Единицы активности ферментов.* Любой ферментный препарат прежде всего должен быть охарактеризован по его ферментативной активности. Комиссия по ферментам Международного Биохимического Союза рекомендует использовать следующие понятия и выражения единиц активности ферментов.

*Стандартная единица фермента* – это такое количество фермента, которое катализирует превращение одного микромоля данного субстрата за одну минуту при заданных условиях. Стандартная единица фермента обозначается буквой Е (от русского слова «единица») или буквой U (от английского слова «unit»).

Удельная активность – это число единиц (Е или U), отнесенное к одному миллиграмму белка в ферментном препарате. Количество белка в препарате фермента может быть определено любым известным методом определения белка (метод Кьельдаля, метод Лоури и др.).

*Молекулярная активность* – число молекул данного субстрата или эквивалентов затронутых групп, превращаемых за одну минуту одной молекулой фермента при оптимальной концентрации субстрата. Это понятие соответствует числу оборотов, введенных Варбургом. Число оборотов по Варбургу – это число молей превращенного субстрата, приходящееся на моль фермента за минуту. Для определения молекулярной активности фермента нужно знать его молекулярную массу.

Катал – каталитическая активность, способная осуществлять реакцию со скоростью равной 1 моль в секунду в заданной системе измерения активности. Каталитическая активность в 1 катал (кат) при практическом применении оказывается слишком большой величиной, поэтому в большинстве случаев каталитические активности выражают в микрокаталах (мккат), нанокаталах (нкат)

или пикокаталах (пкат). Стандартная единица фермента находится с каталом в следующем соотношении:  $1 \text{ E (U)} = 16,67 \text{ нкат}$ .

В основе классификации лежат три положения:

А) ферменты делятся на 6 классов по типу акатализируемой реакции;

Б) каждый фермент получает систематическое название, включающее название субстрата, на который он действует, тип катализируемой реакции и окончание «аза». В некоторых случаях сохранены тривиальные названия ферментов;

В) каждому ферменту присвоен четырехзначный шифр (код). Первое число указывает на класс фермента, второе на подкласс, третье на подкласс, четвертое на порядковый номер фермента в подклассе.

Например, алкогольдегидрогеназа (Н.Ф.1.1.1.1): первая цифра 1 – означает класс оксидоредуктаз, вторая цифра 1 – подкласс дегидрогеназ (действует на СН-ОН – группу), третья цифра 1 – подкласс анаэробные дегидрогеназы (акцептором служит НАД или НАДФ), четвертая цифра 1 – порядковый номер алкогольдегидрогеназы.

Например,  $\alpha$ -амилаза (Н.Ф.3.2.1.1): первая цифра 3 – класс гидролаз, вторая цифра 2 – подкласс карбогидраз, третья цифра 1 – подкласс полиаз, четвертая цифра 1 – порядковый номер фермента  $\alpha$ -амилаза.

Классификация по типу катализируемой реакции.

Все ферменты делятся на шесть классов по типу катализируемой реакции:

*1 класс* – оксидоредуктазы – ферменты, катализирующие окислительно-восстановительные реакции (присоединение кислорода, отнятие и перенос водорода, перенос электронов);

*2 класс* – трансферазы – ферменты, катализирующие перенос атомных группировок от одного соединения к другому (остатков моносахаридов, аминокислот, фосфорной кислоты, метильных группировок и т.д.);

*3 класс* – гидролазы – ферменты, катализирующие реакции гидролиза сложных органических соединений на более простые. Реакции гидролиза проходят с участием воды;

*4 класс* – лиазы – ферменты, катализирующие реакции негидролитического отщепления каких-либо групп от субстрата с образованием кратной связи или присоединяющие группировки по месту

разрыва кратных связей (отщепление воды, углекислого газа, аммиака);

*5 класс* – изомеразы – ферменты, катализирующие реакции изомеризации или образование изомерных форм молекул органических веществ в результате переноса химических группировок внутри молекулы (переход глюкозы во фруктозу);

*6 класс* – лигазы или синтетазы – ферменты, катализирующие реакции синтеза, сопряженные с разрывом одних связей и образованием других (C-C, C-S, C-N, C-O связей).

При переработке пищевого сырья чаще всего приходится иметь дело с ферментами 1 класса – оксидоредуктазами, такими как каталаза, полифенолоксидаза; с ферментами 3 класса – гидролазами, такими как амилазы – ферменты гидролизующие крахмал, протеиназы – ферменты, гидролизующие белок, липазы – ферменты гидролизующие липиды.

В пищевой промышленности широко применяются ферментные препараты, полученные биохимическим путем при выращивании специфических микроорганизмов, способных вырабатывать определенные ферменты. Различают бактериальные ферментные препараты, полученные путем глубинного культивирования бактерий, и поверхностные, полученные путем поверхностного культивирования плесневых грибов.

Название ферментного препарата включает название основного активного фермента и название микроорганизма-продуцента, с окончанием «-ин». Например: Протосубтилин Г10Х – основной фермент – имеет протеазу, продуцентом является бактериальная палочка *Bacillus subtilis*. Г – глубинное культивирование или выращивание, 10Х – степень очистки ферментного препарата, чем больше число, тем выше степень очистки (бывает очистка 2Х, 3Х, 10Х, 15Х, 20Х).

Применение ферментных препаратов в пищевой промышленности позволяет интенсифицировать технологические процессы, улучшать качество готовой продукции, увеличивать ее выход, экономить ценное пищевое сырье.

## **8.2. Свойства ферментов**

Ферменты являются биологическими катализаторами белковой природы. Ферменты способны значительно (в десятки тысяч

раз) повышать скорость различных реакций, в том числе и биохимических, которые непрерывно протекают в живых организмах, которые наблюдаются в ходе технологических процессов переработки сырья. Ферменты обладают специфичностью действия, то есть действуют на определенный субстрат, тип связи. Ферменты характеризуются также высокой лабильностью, то есть, подвержены влиянию внешних факторов, таких как температура, концентрация субстрата, pH среды, присутствие активаторов или ингибиторов. Во многом лабильность ферментов связана с их белковой природой, сложной пространственной конфигурацией.

Ферменты повышают скорость реакций за счет значительного снижения энергетического уровня проведения реакции. Ферментативная реакция проходит в две стадии. На первой стадии происходит образование фермент-субстратного комплекса, образованию которого соответствует значительно низкая энергия активации. На второй стадии комплекс распадается на продукты реакции и свободный фермент, который может взаимодействовать с новой молекулой субстрата.

Ферменты, как уже отмечалось, имеют белковую природу и обладают третичной и четвертичной структурой. Многие ферменты являются двухкомпонентными, то есть имеют белковую часть в виде апофермента и небелковую – в виде кофермента. В качестве кофермента могут выступать витамины, ароматические и алифатические углеводороды, гетероциклические соединения, нуклеотиды и нуклеозиды. Ферменты имеют некоторые специфические свойства, наиболее важные из них: высокая каталитическая активность (повышают скорость реакций в миллионы раз); специфичность действия (фермент катализирует превращение одного субстрата, реже группу родственных субстратов); лабильность (изменение активности под действием различных факторов: pH, температура, присутствие активаторов и ингибиторов, что связано с белковой природой и сложной пространственной конфигурацией фермента).

### ***8.3. Применение ферментов в пищевых технологиях***

В процессах хранения сырья, его переработки в продукты питания и при хранении готовых продуктов происходят многочисленные изменения, связанные с действием различных ферментов.



Чаще всего эти изменения связаны с действием окислительных ферментов класса оксидоредуктаз и гидролитических ферментов класса гидролаз.

В пищевой промышленности находят все более широкое применение ферментные препараты, полученные биохимическим синтезом с использованием различных бактерий и плесневых грибов. Применение ферментных препаратов позволяет интенсифицировать технологические процессы, улучшать качество готовой продукции, увеличивать ее выход, экономить исходное сырье.

Чем больше число, тем выше степень очистки. В последние годы большое внимание уделяется степени очистке, при этом удаляются балластные вещества, повышается активность ферментов, а, следовательно, снижается норма внесения высокоочищенных ферментных препаратов.

В производстве пива широко применяются ферменты в процессе приготовления пивного сусла, для борьбы с помутнениями пива и т.д. Говоря о протеолитических ферментах, воздействующих на белковый комплекс муки, необходимо еще раз отметить эндогенные протеазы зерна пшеницы, среди которых наибольшее значение имеют нейтральные протеиназы, превосходящие по своей активности кислые протеазы в несколько раз и способные в условиях теста эффективно расщеплять белки клейковины.

Говоря о протеолитических ферментах, воздействующих на белковый комплекс муки, необходимо еще раз отметить эндогенные протеазы зерна пшеницы, среди которых наибольшее значение имеют нейтральные протеиназы, превосходящие по своей активности кислые протеазы в несколько раз и способные в условиях теста эффективно расщеплять белки клейковины.

Комплексные ферментные препараты, содержащие протеазы и  $\alpha$ -амилазу, используются для ускорения и облегчения обработки теста при приготовлении слоеного полуфабриката с целью улучшения его эластичных свойств и предупреждения усадки при выпечке. Кроме того, применение таких ферментных препаратов при производстве вафель позволяет оптимально снизить вязкость вафельного теста, способствует получению тонких хрустящих вафельных листов.

Инвертаза применяется в кондитерской промышленности для производства отливных помадных корпусов конфет, круглых помадных корпусов и жидких фруктовых начинок, таких как

вишневый ликер. В каждом случае ее применение обусловлено необходимостью получить полумягкую или жидкую консистенцию при высоких концентрациях сахара (78%), предотвращающих брожение. Ускорение или замедление действия инвертазы достигается путем изменения концентрации вносимого препарата, количества воды и температурного режима. При высокой температуре инвертаза инактивируется, и даже при температуре отливки (65°C) активность инвертазы снижается на 12% в течение 30 мин и на 24% в течение 60 мин. Некоторые сорта конфет, например конфеты с вишневым ликером, невозможно изготовить без инвертазы. В случае производства помадной массы из кокосовых орехов применение инвертазы обусловлено и повышенной влагоудерживающей способностью фруктозы, образующейся под действием этого фермента.

### ***Контрольные вопросы***

1. Приведите классификацию ферментов.
2. Какие гидролитические ферменты используются в бродильных производствах?
3. По каким признакам характеризуется ферментный препарат?
4. Какими методами определяется активность амилолитических ферментов?
5. Какую роль выполняют амилолитические ферменты солода?
6. Какие факторы влияют на активность амилолитических ферментов?

## **ЛЕКЦИЯ 9. Вода в пищевых продуктах**

### **9.1. Значение влаги в пищевых продуктах**

*Вода* – важная составляющая пищевых продуктов. Она не является питательным веществом, но вода жизненно необходима как стабилизатор температуры тела, переносчик питательных веществ, реагент и реакционная среда во многих биохимических превращениях, стабилизатор биополимеров. Благодаря физическому взаимодействию с белками, полисахаридами, липидами, солями вода вносит большой вклад в текстуру пищевых продуктов. Показатель влажности пищевых продуктов является показателем их калорийности. Чем больше влаги в продукте, тем ниже калорийность. Влажность пищевых продуктов влияет на длительность их хранения. Чем выше влажность продукта, тем меньше срок его хранения.

Вода присутствует в растительных и животных продуктах как клеточный и внеклеточный компонент, как диспергирующая среда и растворитель, влияет на консистенцию, структуру, внешний вид, устойчивость продукта при хранении.

Содержание влаги в некоторых продуктах: мясо – 65-75%, фрукты и овощи – 70-90%, хлеб – 35%, зерно, мука – 12-15%, сыр – 37%, молоко – 87%, пиво, соки, напитки – 87-95%.

Многие продукты содержат большое количество влаги, что отрицательно сказывается на стабильности при хранении. Так как вода непосредственно участвует в гидролитических процессах, ее удаление, связывание за счет увеличения содержания соли, сахара приводит к замедлению и даже к прекращению многих реакций, ингибирует рост микроорганизмов. Все это способствует удлинению сроков хранения продуктов.

### **9.2. Свободная и связанная влага в продуктах**

Обеспечение устойчивости при хранении продуктов определяется в большой мере соотношением свободной и связанной влаги.

*Свободная влага* – это влага не связанная полимером и доступная для протекания биохимических, микробиологических, химических процессов. Свободная влага является непрерывной средой, в которой растворены компоненты пищи: органические

кислоты, минеральные вещества, углеводы, ароматические вещества. Количество свободной воды можно значительно уменьшить высушиванием, замораживанием, сгущением.

*Связанная влага* – это ассоциированная вода, прочно связанная с компонентами пищи – белками, углеводами, липидами за счет химических и физических связей. По форме связи с компонентами пищи и по мере убывания энергии связи делится на три группы; химическую, физико-химическую и механическую связь.

Влага химически связанная входит в состав сухих веществ, например в зерне это вода кристаллогидратов, полисахаридов (крахмала и др.). Она обладает наибольшей энергией связи, очень прочна, разрушается с большим трудом и при высоких температурах.

*Физико-химическая влага* образуется в результате притяжения диполей воды полярными группировками молекул белка, липидов. Такая вода образует гидратную оболочку вокруг гидрофильных групп белка и липидов. Физико-химическая связь оказывает влияние на стабильность белковых и липидных систем в продуктах. Физико-химическая влага не замерзает при низких температурах ( $-40^{\circ}\text{C}$ ), не растворяет нутриенты продукта, почти не удаляется из продукта при высушивании, недоступна микроорганизмам.

Физико-механически связанную влагу делят на капиллярную (находящуюся в капиллярах радиусом более  $10^{-5}$  см) и микрокапиллярную (в капиллярах радиусом менее  $10^{-5}$  см). Эта влага представляет собой растворы, содержащие органические и минеральные вещества продукта.

*Механически связанная влага* – это влага, удерживаемая в капиллярах и матричных структурах составных частей продукта. Большинство пищевых продуктов имеет довольно большой диаметр капилляров и плохо удерживает такую влагу. Вода удерживается макромолекулярными матрицами таких структур как пектин, крахмал, белок. Эта вода удерживается за счет водородных связей, не выделяется из пищевого продукта, но в некоторых технологических процессах она ведет себя как свободная вода. Ее можно удалить высушиванием, можно заморозить. Эта вода влияет на сохранность гелеобразных продуктов, например, потеря такой физически связанной воды (синерезис) приводит к резкому ухудшению качества.

Издавна было замечено, что продукты с одинаковым содержанием влаги по-разному портятся. Оказалось, что большое значение имеет то, насколько ассоциирована (связана) вода с компонентами продукта. Чем сильнее связана вода, тем она менее способна участвовать в гидролитических и других процессах, разрушающих и портящих продукт.

В связи с этим было введено понятие активность воды.

*Активность воды  $a_w$*  – это отношение давления паров воды над продуктом  $P_w$  к давлению паров над чистой водой  $P_o$  при той же температуре:

$$a_w = P_w/P_o.$$

Активность воды равна относительной влажности в состоянии равновесия  $\psi$  при которой продукт не впитывает влагу и не теряет ее в атмосферу, уменьшенной в сто раз, то есть активность воды определяется по формуле:

$$a_w = \psi/100,$$

где  $a_w$  – активность воды в продукте;

$\psi$  – относительная влажность;

100 – коэффициент.

Значение активности воды  $a_w$  в пищевых продуктах: фрукты – 0,97, хлеб – 0,95, мука, зерно – 0,80, сахар – 0,1, мясо – 0,97.

### ***9.3. Методы определения влаги в пищевых продуктах***

На пищевых предприятиях обычно контролируется массовая доля влаги в сырье и продуктах, независимо от формы ее связи, то есть определяется влажность. Влажность выражается в процентах. При определении влажности чаще всего используют термогравиметрический метод и рефрактометрический метод.

*Термогравиметрический метод* определения влажности основан на удалении влаги из продукта путем высушивания до постоянной (неизменяющейся при дальнейшей сушке) влажности. Навеску взвешивают до сушки и после получения сухого остатка. По убыли массы определяют влагу, выражая ее в процентах. К термогравиметрическим методам относят методы высушивания до постоянной массы при 105°C, экспресс-метод высушивания на приборе Чижовой (метод ВНИИХП-ВЧ).

*Рефрактометрическое определение влажности* основано на определении сухих веществ в объекте по показателю преломления,

измеряемому с помощью рефрактометра. Влажность рассчитывается по разности массы анализируемого вещества и доли в ней сухих веществ. Например, если пивное сусло содержит 11% сухих веществ, то влаги в нем содержится:  $100 - 11 = 89\%$ . Этот метод прост, удобен, быстро выполняется и хорошо воспроизводится.

Перечисленными методами определяется не вся влага продуктов, а свободная и незначительная часть связанной влаги. Для полного определения влаги применяют следующие методы:

- *дифференциальной сканирующей калориметрии* (определяется разница между общей и замерзающей или связанной водой);

- *ядерно-магнитного резонанса* (определяется две линии: свободной и связанной влаги, в спектре ядерно-магнитного резонанса);

- *диэлектрические* (определяется разница диэлектрической проницаемости свободной и связанной воды);

- *измерения теплоемкости* (теплоемкость свободной воды значительно превышает теплоемкость связанной воды).

### ***Контрольные вопросы***

1. Какие функции выполняет вода в организме человека?
2. Какие функции выполняет вода в пищевых продуктах?
3. Что такое свободная и связанная влага? Какие существуют формы связи влаги с материалом?
4. Что такое активность воды? Как подразделяют пищевые продукты в зависимости от величины активности воды?

## ЛЕКЦИИ 10. Пищевые добавки

### 10.1. Определение. Классификация

*Пищевые добавки* – природные, идентичные природным или искусственные (синтетические) вещества, сами по себе не употребляемые как пищевой продукт или обычный компонент пищи. Они преднамеренно добавляются в пищевые системы по технологическим соображениям на различных этапах производства, хранения, транспортировки готовых продуктов с целью улучшения или облегчения производственного процесса или отдельных его операций, увеличения стойкости продукта к различным видам порчи, сохранения структуры и внешнего вида продукта или намеренного изменения органолептических свойств.

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

Существует различие между пищевыми добавками и вспомогательными материалами, употребляемыми в ходе технологического процесса. Вспомогательные материалы – любые вещества или материалы, которые, не являясь пищевыми ингредиентами, преднамеренно используются при переработке сырья и получении продукции с целью улучшения технологии; в готовых пищевых продуктах вспомогательные материалы должны полностью отсутствовать (оксид кальция, диоксид серы и углерода в производстве сахара).

Пищевые добавки употребляются человеком в течение многих веков (соль, перец, гвоздика, мускатный орех, корица, мед), однако широкое их использование началось в конце XIX в.

Число пищевых добавок, применяемых в производстве пищевых продуктов в разных странах, достигает сегодня 500 наименований. Для гармонизации их использования разработана рациональная система цифровой кодификации пищевых добавок с литерой «Е». Каждой пищевой добавке присвоен цифровой трех- или четырехзначный номер.

Применение разрешённых пищевых добавок допустимо только в том случае, если они даже при длительном потреблении в составе продукта не угрожают здоровью человека, и при условии,

если поставленные технологические задачи не могут быть решены иным путем.

### ***10.2. Общие подходы к подбору пищевых добавок***

Эффективность применения пищевых добавок, особенно проявляющих технологические функции, требует создания технологии их подбора и внесения с учетом особенностей химического строения, функциональных свойств и характера действия пищевых добавок, вида продукта, особенностей сырья, технологии получения готового продукта и типа оборудования. Схема разработки технологии подбора и применения пищевой добавки включает следующие этапы:

- 1) характеристику состава пищевой добавки;
- 2) характеристику функциональных свойств (технологических и побочных) пищевой добавки;
- 3) определение группы продуктов, где может быть использована пищевая добавка;
- 4) установление особенностей взаимодействия пищевой добавки с компонентами пищевого продукта;
- 5) выбор этапа внесения пищевой добавки в технологическом процессе получения пищевого продукта;
- 6) оценку технологической и экономической эффективности применения пищевой добавки;
- 7) анализ медико-биологической безопасности продукта, в котором использована пищевая добавка;
- 8) сертификацию пищевой добавки и продукта с её содержанием.

При работе с пищевыми добавками конкретного функционального назначения, в особенности хорошо изученных добавок отдельные этапы, представленные в схеме, могут не проводиться.

При использовании пищевых добавок, как следует из рассмотренной схемы, важным этапом является анализ их медико-биологической безопасности. Внесение пищевых добавок не должно увеличивать степень риска, возможного неблагоприятного действия продукта на здоровье потребителя, а также снижать его пищевую ценность (за исключением некоторых продуктов специального и диетического назначения).



Важнейшим условием обеспечения безопасности пищевых продуктов является соблюдение допустимой нормы суточного потребления пищевых добавок (ДСП).

Пищевые добавки должны вноситься в пищевые продукты в минимально необходимом для достижения технологического эффекта количестве, но не более установленных Санитарными правилами пределов.

### ***10.3. Основные классы пищевых добавок***

Пищевые добавки классифицируют на пять основных классов.

- 1) вещества, улучшающие внешний вид пищевых продуктов;
- 2) вещества, изменяющие структуру и физико-химические свойства пищевых продуктов;
- 3) вещества, влияющие на вкус и аромат пищевых продуктов;
- 4) пищевые добавки, замедляющие микробиологическую и окислительную порчу пищевого сырья и готовых продуктов;
- 5) биологически активные добавки.

*Вещества, улучшающие внешний вид пищевых продуктов*

Основной группой веществ, определяющих внешний вид продуктов питания, являются пищевые красители (E100-E182).

Потребитель давно привык к определенному цвету пищевых продуктов, связывая с ним их качество, поэтому красители в пищевой промышленности применяются с давних времен. В условиях современных пищевых технологий, включающих различные виды термической обработки (кипячение, стерилизацию, жарение и т. д.), а также при хранении продукты питания часто изменяют свою первоначальную, привычную для потребителя окраску, а иногда приобретают неэстетичный внешний вид, что делает их менее привлекательными.

Для окраски пищевых продуктов используют натуральные (природные) или синтетические (органические и неорганические) красители.

Натуральные красители являются более безопасными их обычно выделяют из природных источников (растения, отходы их переработки) в виде смеси различных по своей химической природе соединений, состав которой зависит от источника и технологии получения, в связи с чем обеспечить его постоянство часто бывает трудно. Среди натуральных красителей необходимо отметить

каротиноиды (красно-жёлтый цвет), антоцианы (красный, пурпурно-красный цвет), флавоноиды (жёлтый, красный цвет), хлорофиллы (зелёный цвет).

Природные красители, в том числе и модифицированные, чувствительны к действию кислорода воздуха (например, каротиноиды), кислот и щелочей (например, антоцианы), температуры, могут подвергаться микробиологической порче.

Синтетические красители обладают значительными технологическими преимуществами по сравнению с большинством натуральных красителей. Они дают яркие, легко воспроизводимые цвета и менее чувствительны к различным видам воздействия, которым подвергается материал в ходе технологического потока.

Синтетические пищевые красители – это представители нескольких классов органических соединений: азокрасители; хинолиновые; индигоидные красители.

В пищевой промышленности применяются соединения, изменяющие окраску продукта в результате взаимодействия с компонентами сырья и готовых продуктов. Среди них отбеливающие вещества (диоксид серы) или вещества, стабилизирующие окраску (нитрат натрия, нитриты натрия и калия стабилизируют красный цвет мяса и мясных продуктов). Иногда эти цветокорректирующие материалы оказывают и другое, сопутствующее (например, консервирующее) действие. Наиболее часто используемые цветокорректирующие материалы – диоксид серы, нитрат и нитрит калия и натрия.

#### *Вещества, изменяющие структуру и физико-химические свойства пищевых продуктов*

К этой группе пищевых добавок относятся вещества, используемые для создания необходимых реологических свойств пищевых продуктов, т. е. добавки, регулирующие или формирующие консистенцию. Это – загустители, гелеобразователи, стабилизаторы физического состояния пищевых продуктов, а также поверхностно-активные вещества (эмульгаторы и пенообразователи).

*Загустители* – это вещества, используемые для повышения вязкости продукта.

*Гелеобразователи* – это вещества, придающие пищевому продукту свойства геля.

Действие как загустителей, так и гелеобразователей основано на связывании свободной влаги, что и приводит к стабилизации

пищевой системы. В химическом отношении добавки этой группы являются полимерными соединениями в основном полисахаридами (исключение составляет гелеобразователь желатин, имеющий белковую природу), в макромолекулах которых равномерно распределены гидрофильные группы, взаимодействующие с водой. К основным представителям этой группы пищевых добавок относятся модифицированные крахмалы и целлюлозы, пектины, полисахариды морских водорослей и некоторые другие.

*Модифицированные крахмалы.* В отличие от нативных растительных крахмалов, считающихся пищевыми продуктами, модифицированные крахмалы (E1400 – E1451) относятся к пищевым добавкам. По сравнению с нативным крахмалом они образуют легко и быстро формирующиеся клейстеры, устойчивые к нагреванию, воздействию кислот и устойчивые к ретроградации (хорошо удерживают дисперсионную среду).

*Целлюлоза и ее производные.* В группу пищевых добавок целлюлозной природы (E460 – E467) входят модифицированные формы натуральной целлюлозы (метилэтилцеллюлоза, метилгидроксипропилцеллюлоза и др.). Они подобно целлюлозе имеют линейную структуру, но в отличие от нативной целлюлозы её модификации содержат сложные и простые эфирные связи, наличие которых позволяет модифицированной целлюлозе в отличие от нативной растворяться в воде и не выкристаллизовываться.

Пектины входят в состав клеточных стенок и межклеточных образований растений, где находятся в связанном состоянии с волокнами целлюлозы – протопектина. В промышленности пектины получают кислотным или ферментативным гидролизом протопектина.

*Пектины* – это этерифицированные соединения (содержат карбоксильные, спиртовые, алкильные группы). Пектины являются хорошими гелеобразователями, при этом гелеобразующая способность лучше выражена у низкоэтерифицированных пектинов. В то же время, высокоэтерифицированные пектины лучше растворяются.

Традиционно модифицированные крахмалы, модифицированные целлюлоза и пектины используются при изготовлении хлебобулочных и кондитерских изделий, молочных и низкожирных эмульсионных продуктов, а также безалкогольных напитков.

Полисахариды морских растений. К ним относятся агароиды и каррагинаны. Их получают из красных морских водорослей, произрастающих в Белом море, Тихом и Атлантическом океанах. Эти добавки являются типичными гелеобразователями, используются в производстве желе, мармелада.

*Желатин* – гелеобразователь белковой природы. Получают желатин из коллагена, содержащегося в костях, хрящах и сухожилиях убойных животных. Желатин является типичным гелеобразователем, широко используется при получении пудингов и заливных блюд.

*Эмульгаторы* – вещества, способные образовывать и стабилизировать эмульсию, что обеспечивает возможность создания и сохранения дисперсии двух или более несмешивающихся веществ. В качестве эмульгаторов в первую очередь использовали камеди, лецитин, моно- и диглицериды, эфиры полиглицерина, эфиры сахарозы и др. Основная область применения эмульгаторов – масло-жировая промышленность.

Пенообразователи – это разновидность эмульгаторов, обеспечивающих равномерную диффузию газообразной фазы в жидкие и твердые пищевые продукты. Пенообразователями являются ПАВЫ (фосфолипиды и другие эфиры), белки. Применяются пенообразователи в производстве кондитерских изделий, взбитых десертов, молочных коктейлей, пива.

#### *Вещества, влияющие на вкус и аромат пищевых продуктов*

При оценке пищевых продуктов особое внимание потребитель уделяет их вкусу и аромату. Физиология питания рассматривает вкусовые и ароматообразующие вещества как важные компоненты пищи, улучшающие пищеварение за счет активации секреции пищеварительных желез, способствующие оздоровлению микрофлоры кишечника.

Вкус и аромат продуктов питания определяются многими факторами. К числу основных относятся следующие:

- 1) вкусоароматические компоненты в составе сырья;
- 2) вкусовые вещества, специально вносимые в пищевые системы в ходе технологического потока. Среди них: подслащивающие вещества, эфирные масла, душистые вещества, ароматизаторы, пряности, поваренная соль, пищевые кислоты и подщелачивающие соединения, усилители вкуса и аромата;

3) вещества, возникающие в результате разнообразных химических, биохимических и микробиологических процессов, протекающих при получении пищевых продуктов под влиянием различных факторов.

#### *Подслащивающие вещества*

В пищевой промышленности, кулинарии, при приготовлении пищи в домашних условиях с давних времен широко применяются вещества, обладающие сладким вкусом, – подслащивающие вещества (подсластители). Существуют различные их классификации: по калорийности (высококалорийные, низкокалорийные, практически некалорийные), степени сладости (подсластители с высоким или низким сахарным эквивалентом), по химическому составу и т.д.

*Мед* – продукт переработки цветочного нектара медоносных цветов пчелами. Он в основном состоит из моно- и дисахаридов (в том числе около 40% фруктозы, 35% глюкозы и 2% сахарозы) и на 5,5% – из крахмала. Мёд богат витаминами C, B<sub>6</sub> и B<sub>9</sub>, железом, йодом и фтором.

#### *Сахаристые крахмалопродукты*

В пищевой промышленности возрастает производство и потребление разнообразных сахаристых крахмалопродуктов, получаемых путем гидролиза крахмала: крахмальные патоки, глюкоза, фруктоза или их сиропы.

К группе подслащивающих веществ относятся солодовый экстракт (водная вытяжка из ячменного солода), лактоза (молочный сахар, дисахарид, состоящий из остатков глюкозы и галактозы).

В последнее время с учетом требований науки о питании получило интенсивное развитие производство низкокалорийных продуктов, содержащих вместо сахарозы подсластители (миракулин, монелин, тауматин, стевиязид) и сахарозаменители (ксилит, сорбит, лактит, сахарин, ацесульфам калия, аспартам). Не имея глюкозного фрагмента, заменители сахарозы могут успешно использоваться при производстве продуктов питания и заменителей сахара для больных сахарным диабетом. Высокий коэффициент сладости позволяет, применяя их, производить низкокалорийные, дешевые диетические продукты.

## *Ароматизаторы*

*Аромат пищевого продукта* – интегральный фактор, обусловленный присутствием в нем сложной смеси органических соединений.

*Пищевые ароматизаторы* – это пищевые добавки, представляющие собой смеси ароматических (душистых) веществ или индивидуальные ароматические (душистые) вещества, с растворителем или сухим носителем, или без них, и вводимые в продукты с целью улучшения их аромата и вкуса.

Основными потребителями ароматизаторов являются производства безалкогольных напитков, мороженого, ликероводочных изделий, жевательной резинки, широкого ассортимента кондитерских изделий; ароматизаторы добавляют в сухие кисели, маргарины, сиропы, мучные кондитерские изделия, молочные продукты, пудинги и мясопродукты и т. д.

Натуральными пищевыми ароматизаторами являются эфирные масла и настои, пряности и продукты их переработки (химический и микробиологический синтез).

Пищевые ароматизаторы идентичные натуральным – по своему строению они отвечают природным соединениям, а их композиции позволяют получить комбинации веществ, отличающиеся стабильностью, заданным ароматом. Они удобны в использовании.

*Искусственные пищевые ароматизаторы* (включающие компоненты, не имеющие природных аналогов) требуют специального изучения и гигиенической оценки, они отличаются высокой стабильностью, интенсивностью аромата, дешевизной.

Существуют пищевые добавки, усиливающие вкус и аромат пищевых продуктов. К ним относятся производные глутаминовой, гуаниловой, инозиновой кислот, рибонуклеотиды и производные мальтола.

*Пищевые добавки, замедляющие микробиологическую и окислительную порчу пищевого сырья и готовых продуктов*

Необходимость в сохранении (консервировании) собранного урожая, добычи, полученной в результате охоты или рыболовства, собранных ягод и грибов, а также продуктов их переработки, возникла у человека с давних времен. Сначала это были сушка и засолка, применение специй, уксуса, масла, меда, соли (соление продуктов), сернистой кислоты (для стабилизации вина). В конце XIX – начале XX в. с развитием химии начинается применение

химических консервантов: бензойной и салициловой кислот, производных бензойной кислоты, нитраты и нитриты, диоксид серы, уксусная кислота, пропионовая кислота, сорбиновая кислота, дифенил и др.

Консерванты – вещества, продлевающие срок хранения продуктов, защищая их от порчи, вызванной микроорганизмами (бактерии, плесневые грибы, дрожжи, среди которых могут быть патогенные и непатогенные виды).

Спектр антимикробного действия конкретного консерванта различен: одни направлены на подавление бактерий, другие – плесневых грибов или дрожжей.

При выборе консерванта необходимо руководствоваться некоторыми общими правилами.

Консервант должен:

- иметь широкий спектр действия;
- быть эффективным против микроорганизмов, содержащихся в данной пищевой системе;
- оставаться в продукте в течение всего срока хранения;
- не оказывать влияния на органолептические свойства пищевого продукта;
- быть технологичным (простым в применении);
- быть дешевым.
- Консервант не должен:
- быть физиологически опасным;
- вызывать привыкания;
- влиять на микробиологические процессы, предусмотренные при производстве отдельных пищевых продуктов данной технологией.

Также возможно консервирование поваренной солью или сахаром. В этом случае консервирующий эффект достигается за счёт изменения величины осмотического давления в микробной клетке.

*Осмоз* – это движение молекул воды через полупроницаемые мембраны из области меньшей в область большей концентрации растворенного вещества. Погружая продукт в раствор соли или сахара, раствор этих веществ высасывает влагу из клеток как продукта, так и самих микроорганизмов, при этом происходит обезвоживание клеток, они утрачивают свою способность к всасыванию питательных веществ с водой, т.е. способность к размноже-

нию, и погибают. Концентрация соли должна быть не менее 10-12%, а сахара – 60-65%.

*Антибиотики.* Особую группу пищевых добавок, замедляющих порчу пищевых продуктов, составляют антибиотики. И хотя применение антибиотиков позволяет повысить срок хранения пищевого сырья и некоторых видов пищевых продуктов в 2-3 раза, они не допускаются для использования при изготовлении пищевых продуктов и полуфабрикатов, так как могут привести к нежелательным последствиям, в том числе к нарушению нормального соотношения микроорганизмов желудочно-кишечного тракта.

Аналогично, как и в случае расчёта потребления пищевых добавок в целом, при работе с консервантами основными критериями безопасности являются максимально допустимый уровень (МДУ или ПДК), допустимая суточная доза (ДСД) и допустимое суточное потребление (ДСП).

*Биологически активные добавки.* Практически все натуральные пищевые продукты не являются сбалансированными, так как не содержат незаменимых нутриентов в необходимых количествах и соотношениях. Поэтому по прогнозам специалистов в питании людей все возрастающую роль будут играть биологически активные добавки (БАД) к пище. БАД – это композиции натуральных или идентичных натуральным биологически активных веществ, предназначенных для непосредственного приема с пищей или введения в состав пищевых продуктов с целью обогащения рациона отдельными пищевыми или биологически активными веществами и их комплексами.

БАД применяют: для оптимизации обмена веществ при различных функциональных состояниях организма; для нормализации и (или) улучшения функционального состояния органов и систем организма человека; для снижения риска заболеваний, нормализации микрофлоры желудочно-кишечного тракта, в качестве энтеросорбентов и др.

Вместе с тем, БАД следует рассматривать не как лекарство, а как отдельную группу пищевой продукции функционального назначения. БАД к пище вырабатывают в виде сухих и жидких концентратов, экстрактов, настоев, бальзамов, изолятов, порошков, сиропов, таблеток, драже, капсул и других форм.



Их делят на БАД-нутрицевтики, обладающие пищевой ценностью, и БАД-парафармацевтики, обладающие выраженной биологической активностью.

Группа *БАД-нутрицевтиков* представляет собой эссенциальные нутриенты – природные ингредиенты пищи: витамины или их близкие предшественники (например,  $\beta$ -каротин и другие каротиноиды); полиненасыщенные жирные кислоты ( $\omega$ -3 и другие ПНЖК); минеральные вещества и микроэлементы (кальций, железо, селен, цинк, йод, фтор); отдельные аминокислоты; некоторые моно- и дисахариды; пищевые волокна (целлюлоза, пектины и т. п.).

Группа *БАД-парафармацевтиков* – это минорные компоненты пищи. К ним относятся органические кислоты, биофлавоноиды, кофеин, биогенные амины, регуляторные ди- и олигопептиды, некоторые олигосахариды.

#### *Пробиотики и пребиотики.*

*Пробиотики* представляют собой живые микроорганизмы или культивированные ими продукты, которые благотворно воздействуют на микрофлору желудочно-кишечного тракта (ЖКТ).

К бактериям-пробиотикам относятся, в основном, их классические представители, входящие в состав нормальной микрофлоры ЖКТ: бифидобактерии и молочнокислые микроорганизмы рода *Lactobacillus*. Ряд других микроорганизмов с пробиотическими свойствами не встречаются постоянно в кишечнике человека и называются транзитными. Это молочнокислые палочки и кокки.

Для человека наиболее естественным и доступным путем получения пробиотиков является потребление натуральных, в частности, кисломолочных продуктов, полученных биотехнологическим способом с использованием различных микроорганизмов.

*Пребиотики* являются стимуляторами, или промоторами, пробиотиков. В группу пребиотиков входят вещества или диетические добавки, которые не абсорбируются в кишечнике человека, вместе с тем, селективно стимулируют рост или активизируют метаболизм полезных представителей микрофлоры ЖКТ, оказывая благотворное влияние на организм: неперевариваемые олигосахариды и полисахариды, отдельные витамины и их производные, а также биологически активные иммунные белки – лактоглобулины и гликопептиды.

### ***Контрольные вопросы***

1. Назовите классификацию пищевых добавок.
2. Охарактеризуйте пищевые красители.
3. Какие вещества относятся к цветорегулирующим материалам?
4. Приведите классификацию подслащивающих веществ.
5. Какие требования предъявляются к консервантам и антиокислителям?
6. Характеристика веществ, изменяющих консистенцию пищевых продуктов.
7. Назовите ароматизаторы и усилители аромата.
8. Являются ли БАД лекарственными препаратами?
9. Какими свойствами должны обладать консерванты для плодоовощной промышленности?
10. Какие виды пищевых добавок используют при производстве йогуртов?

## ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

**Авитаминозом** называется витаминная недостаточность.

**Агаропектин** – смесь полисахаридов сложного строения, содержащая глюкуроновую кислоту и эфирно-связанную серную кислоту.

**Активность воды** – это отношение давления паров воды над данным материалом к давлению паров над чистой водой при одной и той же температуре.

Аминокислотами называются производные карбоновых кислот, имеющие аминогруппу, связанную с асимметрическим атомом углерода.

**Аминокислотный скор** – процентное содержание каждой из аминокислот по отношению к ее содержанию в белке, принятое за стандарт (идеальный белок).

**Ацилглицерины (глицериды)** – сложные эфиры высокомолекулярных карбоновых кислот и глицерина.

**Безопасность пищевых продуктов** – отсутствие токсического, канцерогенного, мутагенного или любого другого неблагоприятного действия пищевых продуктов на организм человека при употреблении их в общепринятых количествах. Гарантируется установлением и соблюдением регламентируемого уровня содержания загрязнителей химического, биологического или природного происхождения.

**Безопасность пищевых продуктов** – состояние обоснованной уверенности в том, что пищевой продукт в обычных условиях его использования не является вредным и не представляет опасности для здоровья нынешнего и будущих поколений.

**Биологическая ценность** – показатель качества пищевого белка, отражающий степень соответствия его аминокислотного состава потребностям организма в аминокислотах для синтеза белка.

**Биологическая эффективность** – показатель качества жировых компонентов продукта, отражающий содержание в них полиненасыщенных (незаменимых) жирных кислот.

**Биологически активные добавки (БАД)** – концентраты природных (идентичные природным) биологически активных веществ, предназначенные для непосредственного приема с пищей или введения в состав пищевых продуктов.

**Ведомственный и государственный контроль** основывается на работе в соответствующих министерствах и ведомствах (Министерство здравоохранения, Министерство сельского хозяйства и продовольствия, Министерство торговли, Государственный комитет по стандартизации, Комитет государственного контроля и др.), при которых созданы специальные контрольно-ревизионные подразделения, проводящие ревизии и проверки, а также отслеживающие развитие системы контроля качества пищевой продукции в Республике Беларусь и за рубежом.

**Витамины** – низкомолекулярные органические соединения различной химической природы, биорегуляторы процессов, протекающих в живом организме.

**Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ)** – специальное учреждение Организации Объединённых Наций, состоящее из 194 государств-членов, основная функция которого лежит в решении международных проблем здравоохранения населения мира.

**Вторичной структурой белка** называется пространственное расположение, то есть конформация соседних аминокислотных остатков в полипептидной цепи.

**Воски** – это сложные эфиры, образуемые длинноцепочечными насыщенными или ненасыщенными жирными кислотами (от  $C_{14}$  до  $C_{36}$ ) и длинноцепочечными спиртами (от  $C_{16}$  до  $C_{22}$ )

**Гипервитаминозом** называется избыточное количество какого-либо витамина.

**Денатурация** – сложный процесс, при котором под влиянием внешних факторов происходит изменение нативной пространственной структуры белковой макромолекулы.

**Дисахаридами** называются сахара, содержащие две моносахаридные единицы, соединенные гликозидной связью.

**Желатин (студнеобразователь)** – белковый продукт, смесь линейных полипептидов с различной молекулярной массой и их агрегатов, не имеет вкуса и запаха.

**Жиры или триацилглицерины** – продукты животного и растительного происхождения. Они являются одним из основных источников энергии (коэффициент энергетической ценности – 9 ккал/г), а кроме того служат источником углеродных атомов в биосинтезе холестерина и других стероидов.

**Жирные кислоты** являются характерными структурными компонентами большинства липидов. Они содержат от 4 до 24

углеродных атомов, одну карбоксильную группу, длинный неполярный углеводородный «хвост»

**Идентификация пищевых продуктов и продовольственного сырья** – установление соответствия пищевых продуктов и продовольственного сырья их наименованию согласно нормативной документации на конкретный вид продукта.

**Качество пищевых продуктов** – совокупность свойств, которые отображают органолептические, физико-химические и микробиологические показатели соответствия нормативно-технической документации.

**Качество продукции** – это совокупность свойств и характеристик продукции, которые придают ей способность удовлетворять обусловленные или предполагаемые потребности, то есть высокие органолептические показатели, удовлетворение потребности организма в основных пищевых веществах (нутриентах) и обеспечение безопасности для здоровья человека.

**Консерванты** – вещества, повышающие срок хранения продуктов, защищая их от порчи, вызванной микроорганизмами.

**Липидами** называются гидрофобные соединения, которые растворимы только в неполярных растворителях (хлороформе, эфире и пр.).

**Макронутриенты** (от лат. «nutritio» – питание) – класс главных пищевых веществ, представляющих собой источники энергии и пластических структурных материалов; присутствуют в пище в относительно больших количествах (от 1 г). Представителями этого класса являются углеводы, липиды и белки.

**Медико-биологические требования к качеству пищевых продуктов** – это комплекс критериев, определяющих пищевую ценность и безопасность продовольственного сырья и пищевых продуктов.

**Метаболизм** (от греч. «metaboli» – перемена) – превращение веществ внутри клетки с момента их поступления до образования конечных продуктов. При этих химических превращениях освобождается и поглощается энергия.

**Моносахаридами** называются простые сахара, содержащие только одну структурную единицу полигидроксиальдегида или полигидроксикетона.

**Микронутриенты** – класс пищевых веществ, оказывающих выраженные биологические эффекты на различные функции

организма; содержатся в пище, как правило, в небольших количествах (милли- и микрограммы).

**Незаменимые аминокислоты** – это те аминокислоты, которые не могут синтезироваться в организме большинства животных и должны обязательно поступать с пищей (валин, лейцин, изолейцин, лизин, фенилаланин, триптофан, метионин, треонин).

**Нутрицевтики** – все естественные биологически активные ингредиенты пищи II и III классов, оказывающие выраженное влияние на многие функции организма.

**Общественный контроль** является действенным рычагом влияния потребителя на качество продукции, помогает осуществлять практическую схему взаимоотношений потребителя, изготовителя, продавца и исполнителя.

**Олигосахариды** (или *полисахариды 1-го порядка*) состоят из коротких цепей, образованных моносахаридными единицами, соединенными ковалентными *гликозидными* связями.

**Парафармацевтики** – вещества пищи, оказывающие выраженное фармакологическое действие. В группу парафармацевтиков входят биофлавоноиды, гликозиды, алкалоиды, эфирные масла, органические кислоты и многие другие.

**Пектиновые вещества** – группа высокомолекулярных гетерополисахаридов, входящих, совместно с целлюлозой, гемицеллюлозой, лигнином, в состав клеточных стенок и межклеточных образований высших растений, а также присутствующих в растительных соках некоторых из них.

**Первичной структурой** белка называется качественный и количественный состав, а также последовательность аминокислот в молекуле белка.

**Питание** – поддержание жизни и здоровья человека с помощью пищи – процесс поглощения пищи живыми организмами для поддержания нормального течения физиологических процессов жизнедеятельности, в частности, для восполнения запаса энергии и реализации процессов роста и развития.

**Питательные вещества** – это жизненно необходимые составные части пищи, используемые организмом как пластический материал для построения живого вещества клеток и служащие источником энергии, необходимой для его жизнедеятельности.

**Пищеварение** – это совокупность процессов, обеспечивающих механическое измельчение пищи, химическое расщепление

макромолекул питательных веществ на компоненты, пригодные для всасывания и участия в обмене веществ.

**Пищевая плотность рациона** характеризуется количеством незаменимых пищевых веществ в 1000 ккал. Повысить пищевую плотность рациона можно путем производства низкокалорийных продуктов повышенной пищевой ценности, обогащенных незаменимыми нутриентами.

**Пищевая ценность** – общее понятие, отражающее всю полноту полезных свойств пищевого продукта, включая степень обеспечения потребности человека в основных пищевых веществах, энергии и органолептические достоинства. Характеризуется химическим составом пищевого продукта с учетом его потребления в общепринятых количествах.

**Пищевые добавки** – природные или синтезированные вещества, соединения, специально вводимые в пищевые продукты в процессе изготовления последних в целях придания пищевым продуктам определенных (заданных) свойств и (или) сохранения их качества.

**Политика в области качества** – общие намерения и направление деятельности в области организации, официально сформулированные высшим руководством.

**Полисахариды** (*гликаны*, или *полисахариды 2-го порядка*) представляют собой длинные цепи, образованные тысячами моносахаридных единиц, соединенных гликозидными связями.

**Пробиотики** – препараты и продукты питания, в состав которых входят вещества микробного и немикробного происхождения, оказывающие при естественном способе введения (с пищей) благоприятные эффекты на физиологические функции и биохимические реакции организма человека через оптимизацию его микробиологического статуса (кишечную микрофлору).

**Пищевые волокна** – биополимерные компоненты растительной пищи, к которым относятся неперевариваемые полисахариды, включающие целлюлозу, гемицеллюлозы, пектины (в нативном виде протопектины) и соединения полифенольной природы – лигнины.

**Продовольственное сырье** – объекты растительного, животного, микробиологического, а также минерального происхождения, используемые для изготовления пищевых продуктов.

**Производственный контроль** – это контроль соблюдения стандартов, медико-биологических требований и санитарных норм на всех этапах производства, включающих приёмку и хранение сырья, технологическую обработку, хранение и реализацию готовой продукции.

**Рекомендуемая норма потребления** устанавливается на основании изучения физиологической потребности. Рекомендуемая норма потребления пищевых веществ должна учитывать индивидуальные физиологические потребности отдельных людей. Согласно определениям ФАО/ВОЗ, рекомендуемые количества потребления являются такими количествами, которые достаточны для поддержания нормального здоровья почти у всех людей.

**Свободная влага** – это влага не связанная полимерами и доступная для протекания химических, биохимических и микробиологических реакций.

**Связанная влага** – это влага, которая существует вблизи растворенного вещества и других неводных компонентов, имеет уменьшенную, молекулярную подвижность и не замерзает при  $-40^{\circ}\text{C}$ . Определенная доля прочно связанной влаги не замерзает даже при  $-60^{\circ}\text{C}$ .

**Секреция** – процесс образования и выделения специальными железами организма особых активных веществ (секретов).

**Срок хранения** – промежуток времени, в течении которого при соблюдении определенных условий, продовольственное сырье и пищевые продукты сохраняют качество, установленное стандартом или другим нормативным документом.

**Специфичностью** называется способность ферментов катализировать только определенный тип химических реакций.

**Субстратами** называются те вещества, превращения которых катализирует данный фермент.

**Теория адекватного питания.** Эта известная теория, автором которой явился российский физиолог академик А. М. Уголев. В основе теории лежат четыре принципиальных положения.

**Третичной структурой белка** называется способ свертывания полипептидной цепи глобулярного белка в компактную сферическую глобулу.

**Упаковочные и вспомогательные материалы** – материалы, контактирующие с пищевыми продуктами на разных этапах



технологического процесса изготовления, транспортировки, хранения и реализации.

**Углеводородами** называются соединения, состоящие из атомов углерода и водорода.

**Фальсификация** — подделка, изменение (обычно с корыстной целью) вида или свойства предметов

**Фальсификация пищевых продуктов и продовольственного сырья** — это изготовление и реализация поддельных пищевых продуктов и продовольственного сырья, не соответствующих своему названию и рецептуре.

**Ферменты**, или **энзимы** — обычно белковые молекулы или молекулы РНК (рибозимы) или их комплексы, ускоряющие (катализирующие) химические реакции в живых системах.

**Физиологическая потребность** — объективная величина, определяемая природой и независящая от человеческих знаний, ее нельзя нормировать и рекомендовать.

**Фосфолипиды** относятся к группе полярных липидов, поскольку содержат одну или несколько полярных «голов».

**Четвертичной структурой белка** называется способ совместной укладки нескольких полипептидных субъединиц с образованием нативного конформационного олигомерного белка.

**Энергетическая ценность** — количество энергии в килокалориях, высвобождаемой из пищевого продукта в организме человека, для обеспечения его физиологических функций.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Гамаюрова, В. С. Пищевая химия : лабораторный практикум / В. С. Гамаюрова, Л. Э. Ржечицкая. – СПб. : ГИОРД, 2006. – 136 с.
2. Касторных, М. С. Товароведение и экспертиза пищевых жиров, молока и молочных продуктов : учебник / М. С. Касторных, В. А. Кузьмина, Ю. С. Пучкова. – М. : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2008. – 328 с.
3. Качество и безопасность пищевых продуктов : учебное пособие для студентов высших учебных заведений по специальностям «Химия», «Товароведение и экспертиза товаров». – Минск : ИВЦ Минфина, 2010. – 398 с.
4. Лабораторный практикум по общей и специальной технологии пищевых производств : учебник. – М. : КолосС, 2007. – 183 с.
5. Нечаев, А. П. Пищевая химия : учебник / А. П. Нечаев, С. Е. Траубенберг, А. А. Кочеткова. – СПб. : ГИОРД, 2007. – 368 с.
6. Нечаева, А. П. Пищевая химия : учебное пособие / А. П. Нечаева, С. Е. Траубенберг, А. А. Кочеткова [и др.]. – СПб. : ГИОРД, 2006. – 304 с.
7. Пищевая химия : лабораторный практикум / под ред. А. П. Нечаева. – СПб. : Гиорд, 2007. – 247с.
8. Позняковский, В. М. Гигиенические основы питания, качество и безопасность пищевых продуктов. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2005. – 522с.
9. Попов, М. П. Пищевая химия : учебно-методическое пособие. – М. : МГУПП, 2000. – 52с.
10. Рогов, И. А. Химия пищи : учебное пособие / И. А. Рогов, Л. В. Антипова, Н. И. Дунченко – М. : КолосС, 2007. – 853с.
11. Сергачева, Е. С. Пищевые и биологически активные добавки. Лабораторные работы : учебно-методическое пособие. – СПб. : НИУ ИТМО ; ИХиБТ, 2013. – 37 с.
12. Технология пищевых производств / под ред. А. П. Нечаева [и др.]. – М. : Колос, 2007. – 193 с.
13. Тутельян, В. А. Научные основы здорового питания / В. А. Тутельян, Л. Н. Вялков. – М. : Панорама, 2010. – 816 с.
14. Рогов, И. А. Химия пищи : учебник. – В 2-х кн. / И. А. Рогов, Л. В. Антипова, Н.И. Дунченко [и др.]. – М. : Колос, 2000. – 384 с.
15. Химический состав пищевых продуктов. – Т. I. Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетиче-

ской ценности пищевых продуктов / под ред. И. М. Скурихина, М. Н. Волгарева. – М. : Агропромиздат, 1987. – 223 с.

16. Химический состав пищевых продуктов. Т. 2. Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов и углеводов / под ред. И. М. Скурихина, М. Н. Волгарева. – М. : Агропромиздат, 1987. – 357 с.

17. Химический состав пищевых продуктов. Т. 3. Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности блюд и кулинарных изделий / под ред. И. М. Скурихина, В. А. Шатерникова. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 328 с.

## АЛФАВИТНО-ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Активность** воды 69  
**Авитаминоз** 48  
**Аминокислотный** скор 18  
**Аминокислоты** 8, 14, 58  
**Антибиотики** 80  
**Антиокислители**  
(антиоксиданты) 34  
**Антоциановые** красители 73  
**Антрахиноновые** красители 73  
**Ароматизаторы** 76, 78  
**Аскорбиновая** кислота 48  
**БАД** (биологически активные добавки) 80  
**Белок** 13  
**Влажность**  
**Винная** кислота 57  
**Витаминация** 54  
**Витаминоподобные** соединения 48, 53  
**Витамины** 32, 47  
    водорастворимые 48  
    жирорастворимые 51  
**Влага** 67  
**Вода** 67  
**Воск** 31  
**Галактоза** 20  
**Гидролазы** 62  
**Гидролиз** 17, 23, 27, 32, 62  
**Гликоген** 6, 23  
**Гликолипиды** 31  
**Глицериды** 31  
**Глобулины** 14, 81  
**Глюкоза** 6, 20, 26  
**Дисахариды** 20, 81  
**Денатурация** белков 16  
**Дыхание** 24  
**Жиры** (см. Липиды)  
**Загустители** 74  
**Каротиноиды** 74  
**Камеди** 76  
**Карамелизация** 25  
**Клетчатка** 8, 23  
**Консерванты** 79  
**Крахмал** 6, 22, 27, 63, 75  
**Крахмалы**  
    модифицированные 75  
**Красители** пищевые 73, 74  
**Лактаза** 6  
**Лактоза** 6, 20, 21  
**Лимонная** кислота 57  
**Линолевая** кислота 33  
**Линоленовая** кислота 33  
**Липиды** 30  
**Липаза** 7, 32  
**Макронутриенты** 85  
**Макроэлементы** 37, 39  
**Мальтоза** 6  
**Масла** (см. Липиды)  
**Меланоидины** 16, 27  
**Микронутриенты** 85  
**Микроэлементы** 37, 41  
**Минеральные** вещества 9, 37  
**Молочная** кислота 57  
**Моносахариды** 6, 20  
**Натуральные** (природные) красители 74  
**Нутрицевтики** 81  
**Осмоз** 79  
**Органические** кислоты 56  
**Олигосахариды** 20  
**Окисление** 32

**П**арафармацевтики 81  
**П**ектины 75  
**П**ектиновые вещества 23  
**П**епсин 17  
**П**ептидазы 17  
**П**ептиды 7  
**П**ереваривание 6, 7  
**П**ерезэтерификация 33  
**П**итание 6  
**П**ищевая химия 4  
**П**ищеварение 5  
**П**одсластители 77  
**П**одслащивающие вещества 77  
**П**олисахариды 20, 22  
**П**ротеазы 65  
**П**ребиотики 81  
**П**робиотики 81  
**Р**еакция Майяра 16, 26  
**С**вободная влага 67  
**С**вязанная влага 67  
**С**ладость 28  
**Т**рипсин 7, 17  
**У**глеводы 8, 20  
**У**ксусная кислота 25, 57  
**Ф**ерменты 27, 35, 61  
**Ф**осфолипиды 9, 30, 32  
**Ф**осфорная кислота 7, 57  
**Ф**руктоза 20, 26  
**Ф**умаровая кислота 56  
**Ц**ветокорректирующие материалы 74  
**Ц**еллюлоза 23, 75  
**Э**мульгаторы 76  
**Я**блочная кислота 57

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
ЛЕКЦИЯ 1. Введение в химию пищевых продуктов и питание человека. Предмет и задачи курса. Основы рационального питания человека.....	4
1.1. Химия пищеварения. Предмет и задачи курса.....	4
1.2. Теории питания.....	7
1.3. Определение пищевой и энергетической ценности продуктов питания.....	11
ЛЕКЦИЯ 2. Белковые вещества. Роль белков в питании. Проблема белкового дефицита.....	13
2.1. Классификация белков.....	13
2.2. Неферментативные превращения белков.....	15
2.3. Ферментативный гидролиз белков.....	17
2.4. Пищевая ценность белков.....	17
ЛЕКЦИЯ 3. Углеводы. Классификация. Функции углеводов в организме человека.....	20
3.1. Классификация и строение углеводов.....	20
3.2. Превращения моно- и дисахаридов.....	24
3.3. Ферментативный гидролиз полисахаридов.....	27
3.4. Пищевая ценность углеводов.....	28
ЛЕКЦИЯ 4. Липиды (жиры и масла). Строение и состав липидов. Биологическая эффективность липидов.....	30
4.1. Классификация липидов.....	30
4.2. Превращения липидов.....	32
4.3. Пищевая ценность липидов.....	35
ЛЕКЦИЯ 5. Минеральные вещества. Макро- и микроэлементы. Токсичные элементы.....	37
5.1. Классификация минеральных веществ.....	37
5.2. Макроэлементы.....	39
5.3. Микроэлементы.....	41
5.4. Изменения минерального состава пищевых продуктов при технологической обработке.....	45
ЛЕКЦИЯ 6. Витамины. Физиологическое значение и потребность. Содержание в сырье и готовых продуктах.....	47
6.1. Классификация витаминов.....	47
6.2. Водорастворимые витамины.....	48
6.3. Жирорастворимые витамины.....	51
6.4. Витаминоподобные соединения.....	53
6.5. Витаминизация продуктов питания.....	54

ЛЕКЦИЯ 7. Органические кислоты как регулятор кислотности пищевых систем.....	56
7.1. Химическая природа и физико-химические свойства важнейших пищевых кислот.....	56
7.2. Влияние органических кислот на качество пищевых продуктов.....	58
ЛЕКЦИЯ 8. Ферменты. Роль ферментов в превращениях основных компонентов пищевого сырья.....	61
8.1. Классификация ферментов.....	61
8.2. Свойства ферментов.....	63
8.3. Применение ферментов в пищевых технологиях.....	64
ЛЕКЦИЯ 9. Вода в пищевых продуктах.....	67
9.1. Значение влаги в пищевых продуктах.....	67
9.2. Свободная и связанная влага в продуктах.....	67
9.3. Методы определения влажности в пищевых продуктах.....	69
ЛЕКЦИЯ 10. Пищевые добавки.....	71
10.1. Определение. Классификация.....	71
10.2. Общие подходы к подбору пищевых добавок.....	72
10.3. Основные классы пищевых добавок.....	73
Термины и определения.....	83
Рекомендуемая литература.....	90
Алфавитно-предметный указатель.....	92

Учебное издание

**Чугунова Марина Владимировна**

# ПИЩЕВАЯ ХИМИЯ

*Курс лекций*

*Технический редактор О. Ю. Панкратова*

Подписано в печать 12.05.2015. Формат 60×84/16

Усл. печ. л. 5,6, печ. л. 6.

Тираж 100. Заказ №139.

Редакционно-издательский центр ФГБОУ ВПО Самарской ГСХА  
446442, Самарская область, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2

Тел.: (84663) 46-2-47

Факс 46-6-70

Е-mail: [ssaariz@mail.ru](mailto:ssaariz@mail.ru)

Отпечатано с готового оригинал-макета в ООО «Медиа-Книга»

443070, г. Самара, ул. Песчаная, 1, оф. 310

Тел. (846) 267-36-82. Е-mail: [izdatkniga@yandex.ru](mailto:izdatkniga@yandex.ru)