

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Оренбургский государственный университет»

Т. М. Крахмалева, Э. Ш. Манеева

## **ПИЩЕВАЯ ХИМИЯ**

Рекомендовано Ученым советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет» в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по программе высшего профессионального образования по направлениям подготовки 151000.62 Технологические машины и оборудование, 240100.62 Химическая технология, 260100.62 Продукты питания из растительного сырья, 260800.62 Технология продукции и организация общественного питания

Оренбург  
2012

УДК 664+613.2/3(075.8)  
ББК 36-1я73+51.23я73  
К 78

Рецензент - доктор технических наук Т.А. Никифорова

**Крахмалева, Т.М.**

К-78 Пищевая химия: учебное пособие /Т. М. Крахмалева, Э.Ш. Манеева;  
Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2012. – 154 с.

В учебном пособии рассматривается химический состав продовольственного сырья и пищевых продуктов, общие закономерности химических процессов, протекающих при переработке продовольственного сырья и получении готовых продуктов питания.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по программе высшего образования по направлениям подготовки 151000.62 Технологические машины и оборудование, 240100.62 Химическая технология, 260100.62 Продукты питания из растительного сырья, 260800.62 Технология продукции и организация общественного питания при изучении дисциплины «Пищевая химия».

УДК 664+613.2/3(075.8)  
ББК 36-1я73+51.23я73

ISBN

© Крахмалева Т.М.,  
Манеева Э.Ш., 2012  
© ОГУ, 2012

# Содержание

	<b>Предисловие</b> .....	6
<b>1</b>	<b>Введение</b> .....	7
1.1	Предмет пищевой химии.....	7
1.2	Проблемы питания. Пути решения проблем питания.....	7
1.3	Энергетическая ценность компонентов пищи.....	11
<b>2</b>	<b>Аминокислоты и белки</b> .....	14
2.1	Общая характеристика белков.....	14
2.2	Строение белковой молекулы.....	15
2.3	Классификация белков.....	17
2.4	Незаменимые аминокислоты.....	19
2.5	Функции и применение аминокислот.....	20
2.6	Физиологические функции белков.....	22
2.7	Азотистый баланс.....	23
2.8	Аминокислотный скор.....	23
2.9	Превращения белков в ходе технологической обработки.....	25
<b>3</b>	<b>Углеводы</b> .....	29
3.1	Общая характеристика углеводов.....	29
3.2	Классификация углеводов.....	30
3.3	Строение углеводов.....	33
3.4	Свойства углеводов.....	37
3.5	Физиологические функции углеводов.....	39
3.6	Усвояемые углеводы.....	40
3.7	Пищевые волокна.....	41
3.8	Роль углеводов в пищевых продуктах.....	43
3.9	Превращения углеводов в ходе технологической обработки.....	44
<b>4</b>	<b>Липиды</b> .....	51
4.1	Общая характеристика липидов.....	51
4.2	Классификация липидов.....	52

4.3	Химические свойства липидов.....	55
4.4	Функции полиненасыщенных жирных кислот.....	59
4.5	Физиологические функции липидов.....	61
4.6	Показатели, характеризующие качество пищевых жиров.....	61
4.7	Превращения жиров в ходе технологической обработки. Пищевая порча жиров.....	62
<b>5</b>	<b>Витамины</b> .....	<b>66</b>
5.1	Общая характеристика витаминов.....	66
5.2	Классификация витаминов.....	68
5.3	Водорастворимые витамины.....	68
5.4	Жирорастворимые витамины.....	70
5.5	Витаминоподобные соединения.....	72
5.6	Витаминизация пищи.....	73
<b>6</b>	<b>Минеральные вещества</b> .....	<b>76</b>
6.1	Общая характеристика и классификация минеральных веществ.....	76
6.2	Макроэлементы.....	79
6.3	Микроэлементы.....	81
6.4	Значение минеральных веществ для организма человека.....	83
<b>7</b>	<b>Ферменты. Ферментные препараты</b> .....	<b>86</b>
7.1	Классификация ферментов.....	86
7.2	Классификация ферментных препаратов.....	91
7.3	Использование ферментов и ферментных препаратов в пищевой промышленности.....	93
<b>8</b>	<b>Вода</b> .....	<b>98</b>
8.1	Свободная и связанная влага.....	98
8.2	Активность воды.....	99
8.3	Активность воды и критический предел активности воды для развития микроорганизмов.....	100
8.4	Активность воды и стабильность пищевых продуктов.....	101
8.5	Значение воды для жизнедеятельности организма человека.....	103

8.6	Требования к воде, используемой в пищевых целях.....	105
<b>9</b>	<b>Источники загрязнения пищевых продуктов.....</b>	<b>108</b>
9.1	Безопасность продуктов питания.....	108
9.2	Токсичные элементы.....	109
9.3	Радиоактивное загрязнение.....	110
9.4	Полициклические ароматические углеводороды.....	111
9.5	Диоксины.....	112
9.6	Загрязнения веществами, применяемыми в растениеводстве.....	113
9.7	Загрязнение веществами, применяемыми в животноводстве.....	114
9.8	Микотоксины.....	116
9.9	Антиалиментарные факторы питания. Пищевые добавки.....	117
<b>10</b>	<b>Биохимия пищеварения.....</b>	<b>121</b>
10.1	Пищеварение.....	121
10.2	Строение желудочно-кишечного тракта.....	122
10.3	Ферменты желудочно-кишечного тракта.....	123
10.4	Процессы, протекающие в ротовой полости.....	124
10.5	Процессы, протекающие в желудке.....	125
10.6	Процессы, протекающие в тонком кишечнике.....	127
10.7	Процессы, протекающие в толстом кишечнике.....	130
<b>11</b>	<b>Питание. Теории питания.....</b>	<b>134</b>
11.1	Питание.....	134
11.2	Теория рационального питания.....	134
11.3	Теория адекватного питания.....	141
	<b>Заключение.....</b>	<b>143</b>
	<b>Глоссарий.....</b>	<b>144</b>
	<b>Список использованных источников.....</b>	<b>154</b>

## Предисловие

Пищевая химия является одной из химических дисциплин, знания которых необходимы для понимания сложных процессов, протекающих в пищевой системе, начиная от изучения продовольственного сырья и заканчивая получением готовых продуктов питания. В основе сложных превращений пищевого сырья в продукты питания лежат гидролитические, окислительно-восстановительные процессы, явления изомеризации, синтеза из простых соединений более сложных, протекающих с разной скоростью под влиянием самых разнообразных факторов: температуры, давления, рН среды, активаторов, ингибиторов. Для понимания сути этих процессов необходимы знания структуры и свойств как макронутриентов (белков, углеводов, липидов), так и микронутриентов (витаминов, минеральных веществ), воды, ферментных систем, биологически активных веществ. К тому же специалист в области пищевых производств должен понимать влияние пищи на течение физиологических процессов в организме человека, знать основы биохимии пищеварения.

Понимание роли каждого компонента пищи, особенностей их превращений дает возможность специалисту-пищевнику грамотно и надежно управлять технологическими процессами и получать полезные и безопасные с токсикологической точки зрения пищевые продукты, отвечающие в полной мере требованиям науки о питании - нутрициологии.

В настоящем учебном пособии представлены знания, которые необходимы для формирования высококвалифицированных специалистов в области производства и оценки качества продуктов питания: химический состав продовольственного сырья и продуктов питания, значение макро- и микронутриентов в пищевой технологии и для организма человека, основы физиологии питания, основные концепции питания.

# 1 Введение

## 1.1 Предмет пищевой химии

Пищевые продукты в организме человека выполняют три основные функции:

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

***Пищевая химия – это наука:***

- о химическом составе продовольственного сырья и продуктов питания;
- об общих закономерностях химических превращений, протекающих при получении продуктов питания из продовольственного сырья;
- о новых технологиях получения продуктов питания с использованием различных улучшителей.

## 1.2 Проблемы питания. Пути решения проблем питания

В настоящее время можно выделить следующие основные проблемы питания.

**1. Дефицит белка.** Более половины населения земного шара находится в состоянии хронического белкового голодания. Суточная потребность взрослого человека в белках составляет в среднем 1,1 г на 1 кг массы тела или 70-90 г в сутки.

Недостаток белка в питании приводит к резкому отставанию в развитии ребенка – замедляется рост, нарушается костеобразование, замедляется умственное развитие. Дефицит белка в питании взрослого человека вызывает значительные нарушения в состоянии здоровья: нарушается кроветворение, обмен жиров и витаминов (развивается гиповитаминоз, а затем и авитаминоз), снижаются трудоспособность, жизненная активность, сопротивляемость организма

простудным и инфекционным заболеваниям, а сами заболевания протекают с тяжелыми осложнениями. Резкий недостаток белка в питании приводит к возникновению заболевания «квасиоркор», от которого ежегодно в мире погибают десятки тысяч человек.

**2. Несбалансированное питание.** Сбалансированным называется питание, при котором качественный и количественный состав пищевого рациона полностью соответствует потребностям организма.

Доказано, что несбалансированное питание, бедное белком, витаминами может приводить к развитию злокачественных новообразований, т.е. рака. В тех районах земного шара, где потребление белка соответствует нормам, жизнь человека стала более продолжительной. Белки пищи при неоптимальном соотношении входящих в их состав  $\alpha$ -аминокислот усваиваются не в полной мере. Следовательно, усвоение съеденной пищи, прежде всего, зависит от правильной сбалансированности ее состава.

В настоящее время насчитывают до 40 тыс. нутриентов, которые подразделяют на макро- и микронутриенты:

- макронутриенты – это компоненты пищи, потребность в которых в сутки измеряется десятками и сотнями граммов; к ним относятся белки, углеводы, липиды;

- микронутриенты – это компоненты пищи, потребность в которых в сутки измеряется граммами, миллиграммами, микрограммами; к ним относятся витамины, минеральные вещества.

**3. Необходимость обеспечения населения качественной пищей и в достаточном количестве.** Население земного шара достигло 7 млрд. Каждую неделю население нашей планеты увеличивается в среднем на 1,2 млн. человек. Между тем установлено, что темпы производства сельскохозяйственной продукции несколько отстают от темпов роста населения, и эта тенденция в дальнейшем будет сохраняться. Это ставит проблему обеспечения всех жителей планеты необходимым количеством пищи. С другой стороны пища должна соответствовать определенным критериям качества, что не всегда выполняется.



Для того чтобы обеспечить жителей Земли достаточным количеством пищи изыскиваются новые продовольственные ресурсы; создаются продукты питания, отличающиеся от традиционных; активно используются пищевые добавки, без которых современная пищевая промышленность не может обойтись. К сожалению, при этом нередко страдает качество продуктов питания. Например, дефицит животного белка привел к замене его на белки растительного происхождения. Животные и растительные белки отличаются по биологической ценности. Аминокислотный состав животных белков близок к аминокислотному составу белков человека, поэтому животные белки являются полноценными. Растительные же белки содержат пониженное содержание незаменимых аминокислот. Биологическая ценность белков определяется степенью их усвоения в организме человека. Животные белки имеют более высокую степень усвояемости, чем растительные. Из животных белков в организме усваиваются 90 % аминокислот, а из растительных 60-80 %. Нужно помнить о том, что на сегодняшний день часть животных белков заменяется на белки сои, которая нередко является генетически модифицированной. Последние результаты научных исследований говорят о том, что продукты питания, содержащие генетически модифицированные компоненты, являются опасными для здоровья.

Для устранения существующих проблем питания в настоящее время предлагаются самые разные решения:

1. Воспитание культуры питания является важной задачей стоящей перед образовательными учреждениями, органами здравоохранения, средствами массовой информации. Человека необходимо научить здоровому образу жизни, привить навыки культуры питания, научить питаться рационально. Химия пищи как отдельная отрасль науки появилась относительно недавно, еще меньший период она преподается в учебных заведениях для студентов пищевого профиля. Введение в учебный процесс науки о здоровом образе жизни (валеологии) произошло так же относительно недавно. В последние несколько лет средства массовой информации стали уделять качеству пищи серьезное внимание. Практически на каждом

телевизионном канале существуют регулярные передачи, рассказывающие о пище и питании.

2. Внедрение в сельскохозяйственном секторе экономики интенсивного пути развития взамен экстенсивного может послужить реальной основой для увеличения количества продовольственного сырья. Российские аграрии при создании определенных условий способны удовлетворять потребности россиян в сельскохозяйственном сырье и вытеснить с рынка продовольственное сырье, ввозимое из-за рубежа. К тому же импортное сырье нередко имеет не высокий уровень качества.

3. Снижение потерь при уборке, транспортировке, хранении, переработке позволяет сохранить дополнительное количество сырья.

4. Внедрение в пищевой промышленности малоотходных и безотходных технологий позволяет получать большее количество готовой продукции из сырья. Часто отходы одной отрасли пищевой промышленности могут служить сырьевым источником для другой отрасли. Например, отход, образующийся при получении сливочного масла – пахта, являющийся богатым источником биологически активных веществ, в хлебопечении является уже сырьем.

5. Совершенствование и внедрений новых технологий позволяет получать продукты с новыми органолептическими и физико-химическими характеристиками, делающими их привлекательными для потребителя.

6. Обогащение пищевых продуктов дефицитными нутриентами в настоящее время рассматривается как перспективный путь решения проблем питания. Наиболее распространены витаминизация, минерализация, обогащение незаменимыми аминокислотами, пищевыми волокнами (пектин, целлюлоза).

7. Представляет интерес применение в пищевой промышленности продуктов микробиологического синтеза. Например, в настоящий момент активно используются ферментные препараты микробного происхождения.

### 1.3 Энергетическая ценность компонентов пищи

Энергия, которая освобождается из пищевых веществ в процессе биологического окисления используется для обеспечения физиологических функций организма, определяет *энергетическую ценность пищевого продукта*. При сгорании в атмосфере кислорода 1 г углеводов выделяется в среднем 4,3 ккал, 1 г жиров – 9,45 ккал, 1 г белков – 5,65 ккал. Но поскольку пищевые вещества усваиваются организмом не полностью, то принято считать, что 1 г белков пищи дает 4 ккал, 1 г жиров – 9 ккал, а углеводов – 4 ккал. Энергетическую ценность продуктов питания принято выражать в килокалориях, расчет ведут на 100 г продукта. При необходимости пересчета в системе СИ используют переводной коэффициент 1 ккал = 4,184 кДж.

Энергетическая ценность пищевых веществ приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Энергетическая ценность компонентов пищи

Пищевое вещество	Коэффициент энергетической ценности, ккал/г	Коэффициент энергетической ценности, кДж/г
Белки	4	16,74
Углеводы (по разности <sup>*</sup> )	4	16,74
Сумма моно- и дисахаридов	3,8	15,90
Клетчатка	0	0
Жиры	9	37,66
Уксусная кислота	3,5	14,64
Яблочная кислота	2,4	10,04
Молочная кислота	3,6	15,06
Лимонная кислота	2,5	10,46
Другие органические кислоты	3,0	12,55
Спирт этиловый	7	29,29

<sup>\*</sup> Для определения содержания углеводов «по разности» из сухого остатка вычитают количество белков, жиров, зольных веществ. В итоге учитываются не только усвояемые углеводы, но и некоторые неусвояемые. Поэтому расчет энергетической ценности углеводов «по разности» является достаточно приблизительным.

Для расчета пищевой и энергетической ценности продуктов необходимо знать их химический состав. Эти сведения можно найти в специальных справочниках.

Энергетическая ценность продукта рассчитывается по формуле 1.

$$\mathcal{E} = (m_{\text{б}} \cdot K_{\text{б}}) + (m_{\text{у}} \cdot K_{\text{у}}) + (m_{\text{ж}} \cdot K_{\text{ж}}) + (m_{\text{к}} \cdot K_{\text{к}}) + (m_{\text{с}} \cdot K_{\text{с}}), \quad (1)$$

где  $\mathcal{E}$  - энергетическая ценность пищевого продукта, ккал/100 г;

$m_{\text{б}}$  - массовая доля белков в продукте, г/100 г;

$K_{\text{б}}$  - энергетическая ценность белков, ккал/г;

$m_{\text{у}}$  - массовая доля углеводов в продукте, г/100 г;

$K_{\text{у}}$  - энергетическая ценность углеводов, ккал/г;

$m_{\text{ж}}$  - массовая доля жиров в продукте, г/100 г;

$K_{\text{ж}}$  - энергетическая ценность жиров, ккал/г;

$m_{\text{к}}$  - массовая доля органических кислот в продукте, г/100 г;

$K_{\text{к}}$  - энергетическая ценность органических кислот, ккал/г;

$m_{\text{с}}$  - массовая доля этилового спирта в продукте, г/100 г;

$K_{\text{с}}$  - энергетическая ценность этилового спирта, ккал/г.

### Контрольные вопросы

1. Что изучает пищевая химия?
2. Что такое нутриенты?
3. Перечислите проблемы питания.
4. Назовите суточную потребность взрослого человека в белках.
5. Чем опасен дефицит белка для организма ребенка?
6. Чем опасен дефицит белка для организма взрослого человека?
7. Назовите заболевание, причиной которого является глубокий дефицит белка в пищевом рационе.
8. Какое питание называется сбалансированным?
9. Что такое макронутриенты?

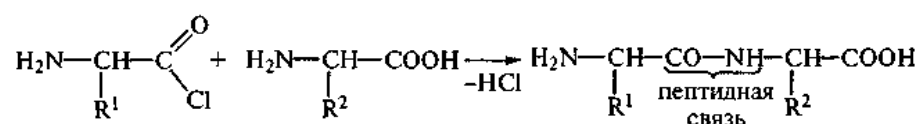
10. Что такое микронутриенты?
11. Перечислите и обоснуйте пути решения проблем питания.
12. Дайте определение понятия «энергетическая ценность пищевого продукта».
13. Чему равна энергетическая ценность белков?
14. Чему равна энергетическая ценность углеводов?
15. Чему равна энергетическая ценность жиров?
16. Какие данные необходимо знать для расчета энергетической ценности продукта питания?

## 2 Аминокислоты и белки

### 2.1 Общая характеристика белков

**Белки** – это высокомолекулярные соединения, состоящие из остатков  $\alpha$ -аминокислот соединенных пептидной связью. Количество остатков молекул  $\alpha$ -аминокислот в одной молекуле белка может достигать нескольких тысяч. В состав белков могут входить 20 наименований  $\alpha$ -аминокислот.

Пептидная связь – это связь, образуемая между карбоксильными группами и аминогруппами молекул аминокислот.



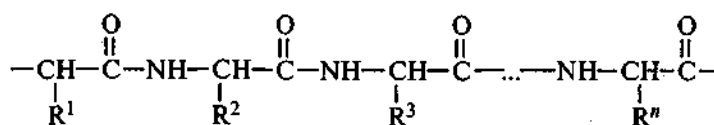
При усвоении 1 грамма белка выделяется 4 ккал или 16,74 кДж энергии. Для взрослого человека достаточно 1-1,2 г белка в сутки на 1 кг массы тела, т. е. в среднем примерно 70-90 г. Для детей потребность в белке значительно выше: до 1 года – более 4 г белка на 1 кг массы тела, для 2-3-летних – 4 г, для 3-5-летних – 3,8 г, для 5-7-летних – 3,5 г. Повышенная потребность в белке у детей объясняется тем, что в растущем организме преобладают процессы синтеза и белок пищи необходим не только для поддержания азотистого равновесия, но и обеспечения формирования и роста тела. Рекомендуемое содержание белков в рационе человека по калорийности составляет 11-12 %. На долю белков животного происхождения должно приходиться 55 %, а растительного происхождения 45 % от суточной потребности. Белки составляют примерно 20 % массы человеческого тела и более 50 % сухой массы клетки.

В тканях человека белки не депонируются (не накапливаются), поэтому необходимо ежедневное их поступление с пищей. Без достаточного количества белков не могут быть использованы витамины, минеральные вещества, необходимые для процессов обмена веществ.

## 2.2 Строение белковой молекулы

Различают первичную, вторичную, третичную, четвертичную структуры белковых молекул.

**1. Первичная структура белковой молекулы** представляет собой соединение аминокислот в простейшую линейную цепь за счет только пептидных связей. Под первичной структурой белка понимают вид, число, последовательность аминокислотных остатков в полипептидной цепи.



**2. Вторичная структура белковой молекулы** представляет собой пространственное расположение полипептидной цепи в виде  $\alpha$ -спирали или  $\beta$ -складчатой структуры (рисунок 1). Структура удерживается за счет возникновения водородных связей между отдельными участками белковой молекулы.

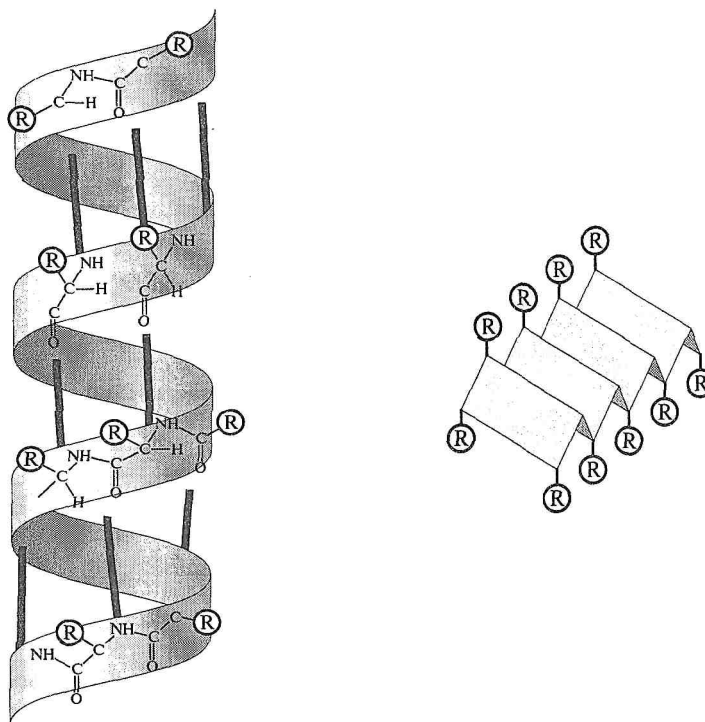


Рисунок 1 – Схема вторичной структуры белковой молекулы (спиралевидная и складчатая)

**3. Третичная структура белковой молекулы** представляет собой специфическое пространственное укладывание  $\alpha$ -спирали в виде глобул (шаров) (рисунок 2) или фибрилл (нитей).

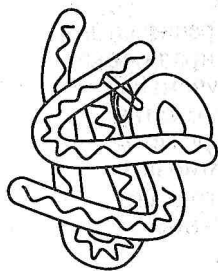


Рисунок 2 – Схема третичной структуры белковой молекулы (глобула)

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

**4. Четвертичная структура белковой молекулы** представляет собой соединение нескольких отдельных субъединиц белка в одну укрупненную структуру, обладающую новыми свойствами, не характерными для отдельных субъединиц (рисунок 3). Субъединицы удерживаются за счет возникновения водородных, ионных связей, ван-дер-ваальсова взаимодействия, электростатического взаимодействия разноименно заряженных групп молекул.

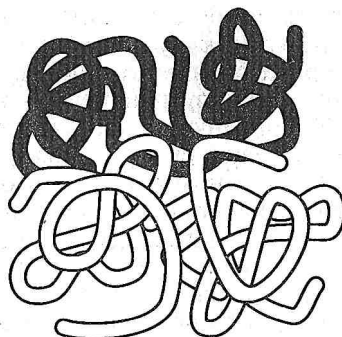


Рисунок 3 – Схема четвертичной структуры белковой молекулы



## 2.3 Классификация белков

**Классификация по форме молекул.** По форме молекул различают:

- глобулярные белки – шаровидные белки (ферменты, антитела, многие гормоны, миоглобин, гемоглобин, сывороточный альбумин), хорошо растворяются в воде;
- фибриллярные белки – нитевидные белки (белки волос, ногтей, сухожилий, связок), в воде не растворимы.

**Классификация по строению и составу.** Белки по строению и составу белковой молекулы разделяются на две группы (рисунок 4):

- простые (протеины) белки – состоят только из остатков  $\alpha$ -аминокислот;
- сложные (протеиды) белки – содержат помимо остатков  $\alpha$ -аминокислот вещества небелковой природы.

Сложные белки подразделяются на следующие группы:

- липопротеиды – содержат кроме белка липиды;
- гликопротеиды – состоят из белка и высокомолекулярных углеводов;
- хромопротеиды – содержат кроме белка красящие вещества - пигменты; имеющие в своем составе металлы, например гемоглобин содержит железо;
- нуклеопротеиды – состоят из белка и нуклеиновых кислот;
- фосфопротеиды – содержат кроме белка фосфорную кислоту.

**Классификация по растворимости.** По растворимости различают четыре вида белков (рисунок 5):

- альбумины – водорастворимые белки;
- глобулины – солерастворимые белки, растворяются в 5-10 % растворе хлорида натрия;
- глютелины – щелочерастворимые белки, растворяются в 0,1-0,2 % растворе гидроксида натрия;
- проламины – спирторастворимые белки, растворяются в 60-80 % растворе этилового спирта.

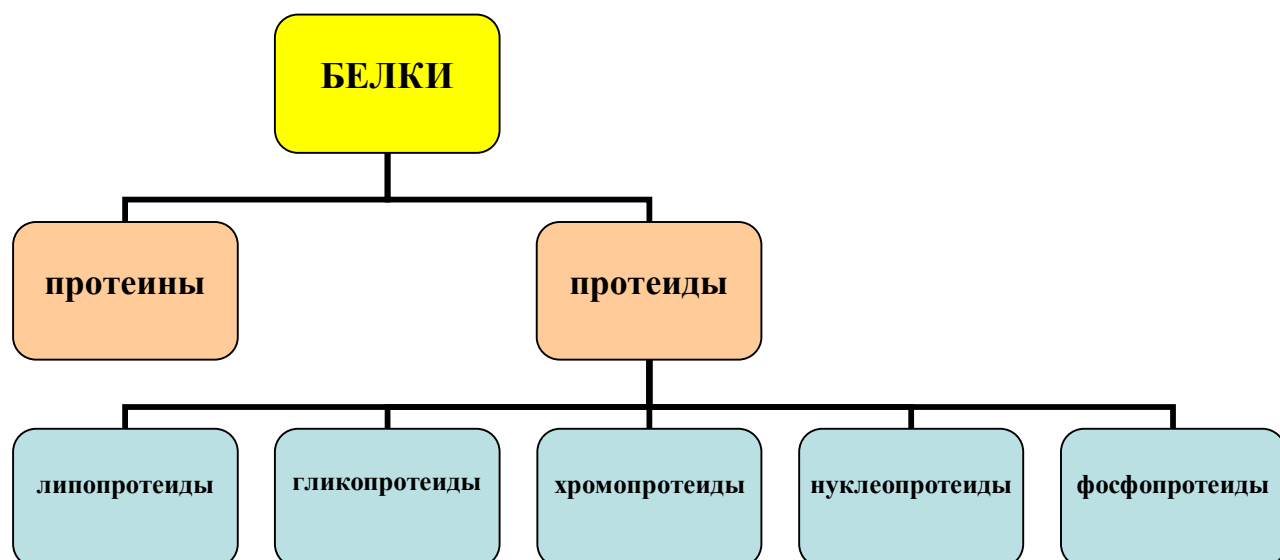


Рисунок 4 – Классификация белков по строению и составу

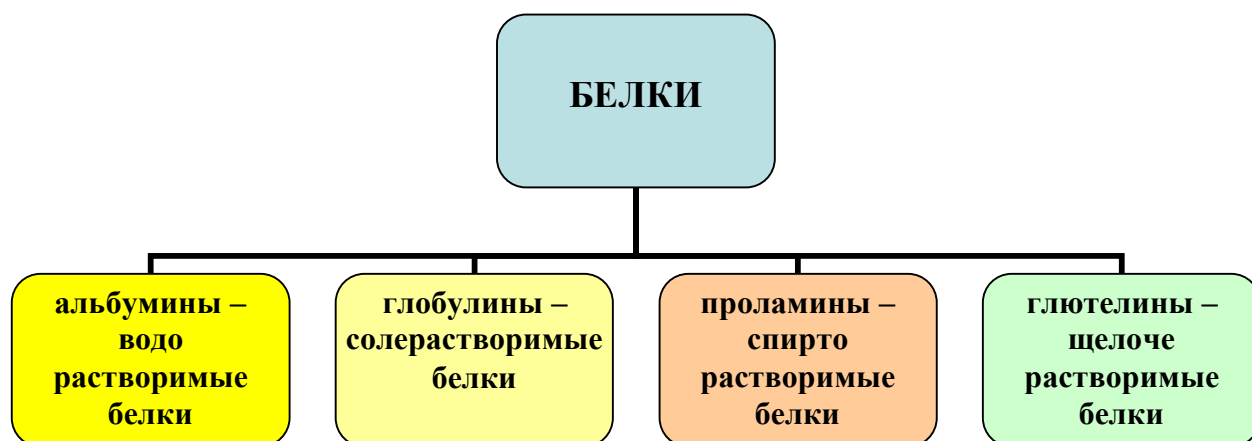


Рисунок 5 – Классификация белков по растворимости

**Классификация по функциям в организме.** По функциям в организме белки можно разделить на четыре группы (рисунок 6):

- структурные белки – входят в состав клеток, тканей и органов организма;
- ферменты – биокатализаторы (ускорители) биохимических процессов;
- гормоны – тонкие регуляторы обменных процессов;
- нуклеопротеиды – регулируют синтез белка в организме и являются носителями наследственной информации.

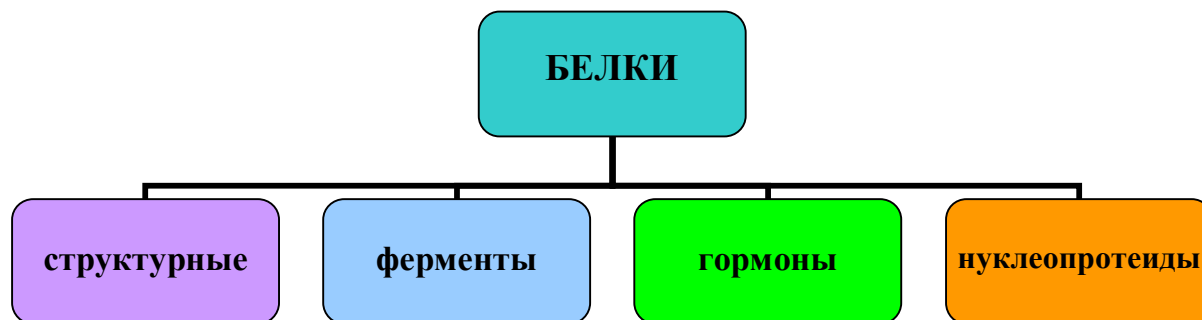


Рисунок 6 – Классификация белков по функциям в организме

**Классификация по происхождению.** По происхождению белковые вещества бывают:

- растительные белки – белки зерновых культур, овощей и т.д.;
- животные белки – белки мяса, молока, яиц и т.д.

## 2.4 Незаменимые аминокислоты

Общее количество встречающихся в природе аминокислот достигает 200. Среди них различают:

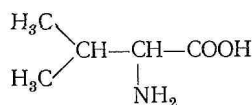
- аминокислоты, входящие в состав белков (протеиногенные); их насчитывается 20;
- аминокислоты, не входящие в состав белков (непротеиногенные).

Протеиногенные аминокислоты делятся на:

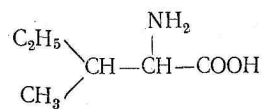
- заменимые (неэссенциальные) – синтезирующиеся в организме человека, они способны заменять одна другую в рационе, так как превращаются друг в друга;
- незаменимые (эссенциальные) – они синтезируются только растениями и не синтезируются в организме человека, они должны доставляться с пищей.

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 относят аминокислоты: валин, лейцин, изолейцин, фенилаланин, лизин, треонин, метионин, триптофан. Аминокислоты аргинин и

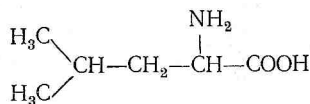
гистидин являются незаменимыми для детского организма, а для взрослого организма являются частично незаменимыми.



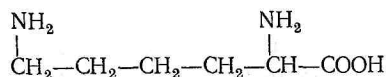
валин



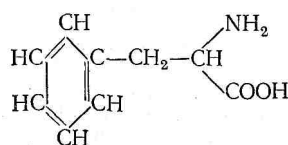
изолейцин



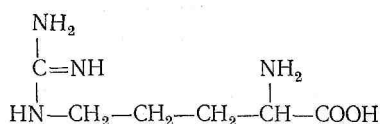
лейцин



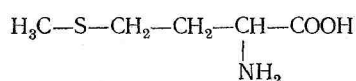
лизин



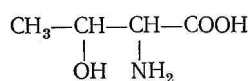
фенилаланин



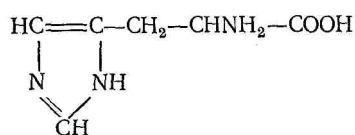
аргинин



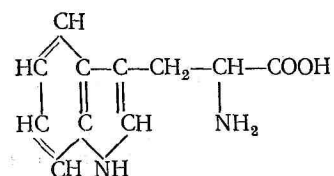
метионин



треонин



гистидин



триптофан

## 2.5 Функции и применение аминокислот

**Аминокислоты** – гетерофункциональные соединения, содержащие две разные функциональные группы (аминогруппу и карбоксильную группу). Эта особенность строения и состава придает им ряд функций.

**1. Структурная функция** – аминокислоты являются структурными элементами белков.

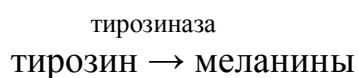
**2. Медиаторная функция** – аминокислоты регулируют прохождение нервных импульсов от клетки к клетке.

**3. Буферная функция** – аминокислоты являются амфотерными соединениями, т.е. в зависимости от условий проявляют свойства, как оснований, так и кислот. В силу амфотерности способны создавать и поддерживать определенное значение рН, что является важным для поддержания значения рН крови, тканевых жидкостей.

**4. Радиопротекторная функция** - аминокислота, называемая цистеином, повышает устойчивость организма к негативному воздействию радиации.

**5. Образование меланоидинов.** Аминокислоты наряду с белками при нагревании взаимодействуют с редуцирующими веществами (например, восстанавливающими углеводами) без участия ферментов. Образуются азотсодержащие пигменты коричневого цвета, называемые меланоидинами. Взаимодействие называется реакцией меланоидинообразования (реакция неферментативного потемнения). Эти вещества образуются при выпечке хлеба, обжарке кофейных зерен, варке.

**6. Образование меланинов.** Аминокислота, называемая тирозином, под действием фермента тирозиназы превращается в пигменты коричневого цвета, называемые меланинами (реакция ферментативного потемнения). Они обуславливают окраску волос, кожи, радужной оболочки глаз, темный цвет ржаного хлеба, потемнение очищенного картофеля.



**7. Лекарственные препараты.** Аминокислота глицин – лекарственный препарат. Применяется для повышения умственной работоспособности, при стрессовых ситуациях и нарушениях сна, различных заболеваниях нервной системы (невроз, вегетососудистая дистония, черепно-мозговая травма, ишемический инсульт, энцефалопатия, в том числе, алкогольного генеза).

**8. Пищевые добавки.** Соль глутаминовой кислоты – глутамат натрия – пищевая добавки класса усилителей вкуса и аромата. Эти вещества усиливают природный вкус и аромат продукта, а так же восстанавливают эти свойства,

ослабленные в процессе хранения продукта или кулинарной обработки. Их вносят в пищу на этапе технологического процесса или непосредственно в пищу перед ее употреблением.

## **2.6 Физиологические функции белков**

В организме человека белки выполняют целый ряд разнообразных функций.

**1. Структурная функция** – белки входят в состав ядра, протоплазмы, мембран клеток всех органов и тканей.

**2. Энергетическая функция** – при окислении 1 г белков выделяется 4 ккал или 16,74 кДж энергии.

**3. Защитная функция** – антитела, образующиеся при поступлении в организм чужеродных веществ, являются белками.

**4. Антитоксическая функция** – белки образуют с токсинами малоактивные комплексы, которые выводятся из организма.

**5. Функция воспроизводства живой материи** – белки участвуют в процессах воспроизводства живой материи, входя в состав нуклеопротеидов.

**6. Опорная функция** – белки входят в состав костей, хрящей, сухожилий.

**7. Сократительная функция** – белки обеспечивают сокращение мышц.

**8. Каталитическая функция** – ферменты – это биокатализаторы белковой природы.

**9. Транспортная функция** – некоторые белки плазмы крови обеспечивают перенос питательных веществ.

**10. Регуляторная функция** – многие гормоны и их производные являются белками.

**11. Функция возбуждения и торможения** – белки пищи оказывают влияние на процессы возбуждения и торможения в коре головного мозга.

**12. Функция свертывания крови** – процесс свертывания крови, который протекает с участием белков плазмы, препятствует большим кровопотерям.

## 2.7 Азотистый баланс

Для изучения потребности организма в белках измеряют азотистый баланс. *Азотистый баланс* – это разность между азотом белка, поступившим в организм, и азотом продуктов распада белка выведенным из организма.

У здорового взрослого человека при полноценном рационе питания наблюдается *азотистое равновесие*, т.е. количество азота потребленных белков равно количеству выведенного из организма азота.

В молодом растущем организме преобладают пластические процессы, идет накопление мышечной массы, образуются гормоны, ферменты и другие соединения. Вследствие этого наблюдается *положительный* азотистый баланс, т. е. азота из организма выводится меньше, чем поступает с пищей. Так же положительный азотистый баланс наблюдается в организме беременной женщины.

При недостатке белков в рационе, а также у пожилых и старых людей азотистый баланс становится *отрицательным*. Отрицательный азотистый баланс развивается также при недостатке любого незаменимого нутриента (аминокислот, витаминов, минеральных веществ), т.е. при несбалансированном питании. При нарушении усвояемости пищи вследствие некоторых заболеваний азотистый баланс так же отрицательный. Длительный отрицательный азотистый баланс неизбежно приводит к летальному исходу.

## 2.8 Аминокислотный скор

Отсутствие в пище одной или нескольких незаменимых аминокислот приводит к нарушению деятельности центральной нервной системы, неполному усвоению других аминокислот, останавливает рост и развитие организма. Биологическая ценность белков рассчитывается по аминокислотному скору.

*Аминокислотный скор* выражается в процентах, представляющих отношение содержания незаменимой аминокислоты в 1 г исследуемого белка к ее количеству в 1 г эталонного белка.

$$\text{Аминокислотный скор, \%} = \frac{\text{мг а. к. в 1 г белка}}{\text{мг а. к. в 1 г эталона}} \times 100$$

Аминокислотный состав эталонного белка сбалансирован и идеально соответствует потребностям человека в каждой незаменимой аминокислоте (таблица 2).

Таблица 2 – Состав идеального белка по шкале ФАО/ВОЗ

Название аминокислоты	Содержание аминокислоты в идеальном белке, мг/1 г белка
валин	50
лейцин	70
изолейцин	40
лизин	55
метионин и цистеин	35
треонин	40
триптофан	10
фенилаланин и тирозин	60

Незаменимые аминокислоты, скор которых меньше 100 %, считаются *лимитирующими*, т.к. ограничивают биологическую ценность белка. Лимитирующая аминокислота, скор которой имеет самое низкое значение, называется *первой лимитирующей аминокислотой*. Незаменимая аминокислота, относительное количество которой в данном белке больше, чем первой лимитирующей, но меньше, чем остальных, называется второй лимитирующей аминокислотой. Затем идет третья лимитирующая аминокислота и т.д. В белке пшеницы первой лимитирующей является аминокислота лизин, в кукурузе – метионин, в картофеле и бобовых культурах лимитирующими являются метионин и цистеин.



## 2.9 Превращения белков в ходе технологической обработки

**Денатурация.** Это процесс изменения нативной пространственной структуры белка под влиянием внешних факторов: высокие и низкие температуры, механическое воздействие, химическое воздействие, физическое воздействие и т.д. При денатурации последовательно разрушаются четвертичная, третичная, вторичная структуры белка, но сохраняется первичная структура и не изменяется химический состав белка (рисунок 7). 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. Денатурированные белки обычно менее растворимы в воде, так как их полипептидные цепи настолько сильно переплетены между собой, что затрудняется доступ молекул растворителя к радикалам остатков аминокислот. Процесс денатурации в большинстве случаев необратим.

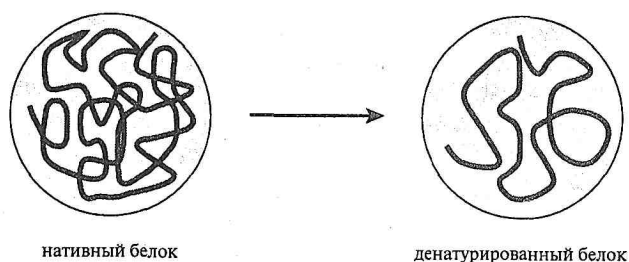
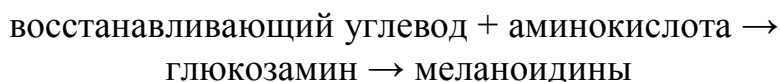


Рисунок 7 – Схема денатурации белковой молекулы

Термическая денатурация белка протекает уже при температуре 60 °С. Тепловая денатурация белков является одним из основных физико-химических процессов, лежащих в основе выпечки хлеба, печенья, бисквитов, пирожных, сухарей, сушки макаронных изделий, получения экструдатов и сухих завтраков, варки, жарения овощей, рыбы, мяса, консервирования, пастеризации и стерилизации молока. Этот вид превращений относится к полезным, так как он ускоряет переваривание белков в желудочно-кишечном тракте человека (облегчая доступ к ним протеолитических

ферментов) и обуславливает потребительские свойства пищевых продуктов (текстуру, внешний вид, органолептические свойства).

**Меланоидинообразование (реакция Майяра).** При взаимодействии аминокрупп белков и аминокислот с карбонильными группами углеводов происходит реакция меланоидинообразования. Это окислительно-восстановительный процесс образования различных промежуточных продуктов (фурфурол, оксиметилфурфурол, уксусный альдегид, изовалериановый альдегид, диацетил), которые на последующих этапах взаимодействуют между собой и с исходными веществами. Конечные продукты реакции – меланоидины имеют коричневый цвет, влияют на цвет и вкус готовых продуктов. Схема реакции меланоидинообразования выглядит следующим образом:



Реакция меланоидинообразования происходит при сушке солода, при кипячении суслу с хмелем в производстве пива, при выпечке хлеба, при варке сахарных сиропов, при переработке овощей и фруктов. Скорость и глубина реакции меланоидинообразования зависят от состава продукта, уровня pH среды (более благоприятны нейтральная и слабощелочная среда), температуры, влажности. На осуществление реакции меланоидинообразования расходуются ценные питательные и биологически активные вещества (белки, витамины, аминокислоты, углеводы), снижается активность витаминов и ферментов, что в целом приводит к снижению пищевой, энергетической и биологической ценности продуктов.

**Ферментативный гидролиз белков.** Гидролиз белков осуществляют протеолитические ферменты, разрушая пептидную связь. 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 цистеином (метионином, глицином), между валином и лейцином. Трипсин расщепляет связь между аргинином 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 внутренние пептидные связи, экзопептидазы – действуют с конца молекулы. Для полного гидролиза белковой молекулы необходим набор различных протеолитических ферментов.

Гидролиз белка под действием эндопептидаз и экзопептидаз можно представить в виде схемы:

белок → альбумозы → пептоны → полипептиды →  
олигопептиды → дипептиды → α-аминокислоты

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое белки? Дайте общую характеристику белкам.
2. Чему равна энергетическая ценность белков?
3. Назовите суточную потребность организма человека в белках.
4. Охарактеризуйте пространственные структуры белков: первичную, вторичную, третичную, четвертичную.
5. Каковы природа и роль химических связей в организации пространственной структуры белков?
6. Каковы отличительные особенности вторичной структуры белка в форме спирали и складчатого слоя?
7. Каковы отличительные особенности третичной структуры белка в форме глобулы и фибриллы?
8. Что лежит в основе классификаций белков? Какие классификации белков вам известны?
9. На какие группы делятся белки по происхождению? Приведите примеры.
10. На какие группы делятся белки по форме молекул? Приведите примеры.
11. На какие группы делятся белки по строению и составу? Приведите примеры.
12. Охарактеризуйте простые белки.

13. Какие белки относятся к сложным? Приведите примеры сложных белков.
14. На какие группы делятся белки по растворимости? Приведите примеры.
15. На какие группы делятся белки по функциям в организме? Приведите примеры.
16. Охарактеризуйте структурные белки.
17. Охарактеризуйте гормоны.
18. Охарактеризуйте ферменты.
19. Охарактеризуйте нуклеопротеиды.
20. Что такое протеиногенные аминокислоты?
21. Какие аминокислоты называются незаменимыми? Перечислите их.
22. Перечислите функции и области применения аминокислот.
23. Сформулируйте физиологические функции белков.
24. Что такое азотистый баланс? Перечислите виды азотистого баланса.
25. Что такое аминокислотный скор?
26. Что такое лимитирующая аминокислота? Что такое первая лимитирующая аминокислота?
27. Что такое денатурация белков? Какие факторы вызывают денатурацию белков?
28. Поясните, что такое реакция Майяра. Какое значение в производстве продуктов она имеет?
29. Расскажите о процессе ферментативного гидролиза белка.
30. Перечислите промежуточные продукты гидролиза белка.
31. Как называются ферменты, ускоряющие гидролиз белка?

## 3 Углеводы

### 3.1 Общая характеристика углеводов

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

*Полиоксиальдегиды* – это соединения, состоящие из нескольких оксигрупп и альдегидной группы (глюкоза, галактоза, арабиноза, ксилоза, рибоза).

*Полиоксикетоны* – это соединения, состоящие из нескольких оксигрупп и кетогруппы (фруктоза).

Углеводы являются основным источником энергии для человека, при усвоении 1 г усвояемых углеводов выделяется 4 ккал или 16,74 кДж энергии. Суточная потребность человека в углеводах в среднем составляет 350-400 г, в том числе моно- и дисахаридах 50-70 г. Неусвояемых углеводов (пищевых волокон) в сутки необходимо употреблять не менее 25 г. Рекомендуемое содержание усвояемых углеводов в рационе человека по калорийности составляет 56-58 % от суточной потребности. 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.

Потребность в углеводах в 4-5 раз превышает потребность организма в белках и липидах. Это можно объяснить целым рядом причин:

1. В пищевом рационе преобладает пища растительного происхождения, в которой в свою очередь велика доля углеводов.

2. Продукты питания растительного происхождения, как правило, не требуют для длительного хранения создания особых условий (например, низких температур). Пища животного происхождения не может быть сохранена без применения низких температур.

3. Растительная пища – это удобный и выгодный источник энергии для организма человека.

4. С точки зрения стоимости животная пища в большинстве случаев дороже, чем пища растительного происхождения.

### 3.2 Классификация углеводов

*Классификация по строению и составу.* Углеводы делятся на моносахариды (простые углеводы) и полисахариды (сложные углеводы) (рисунок 8).

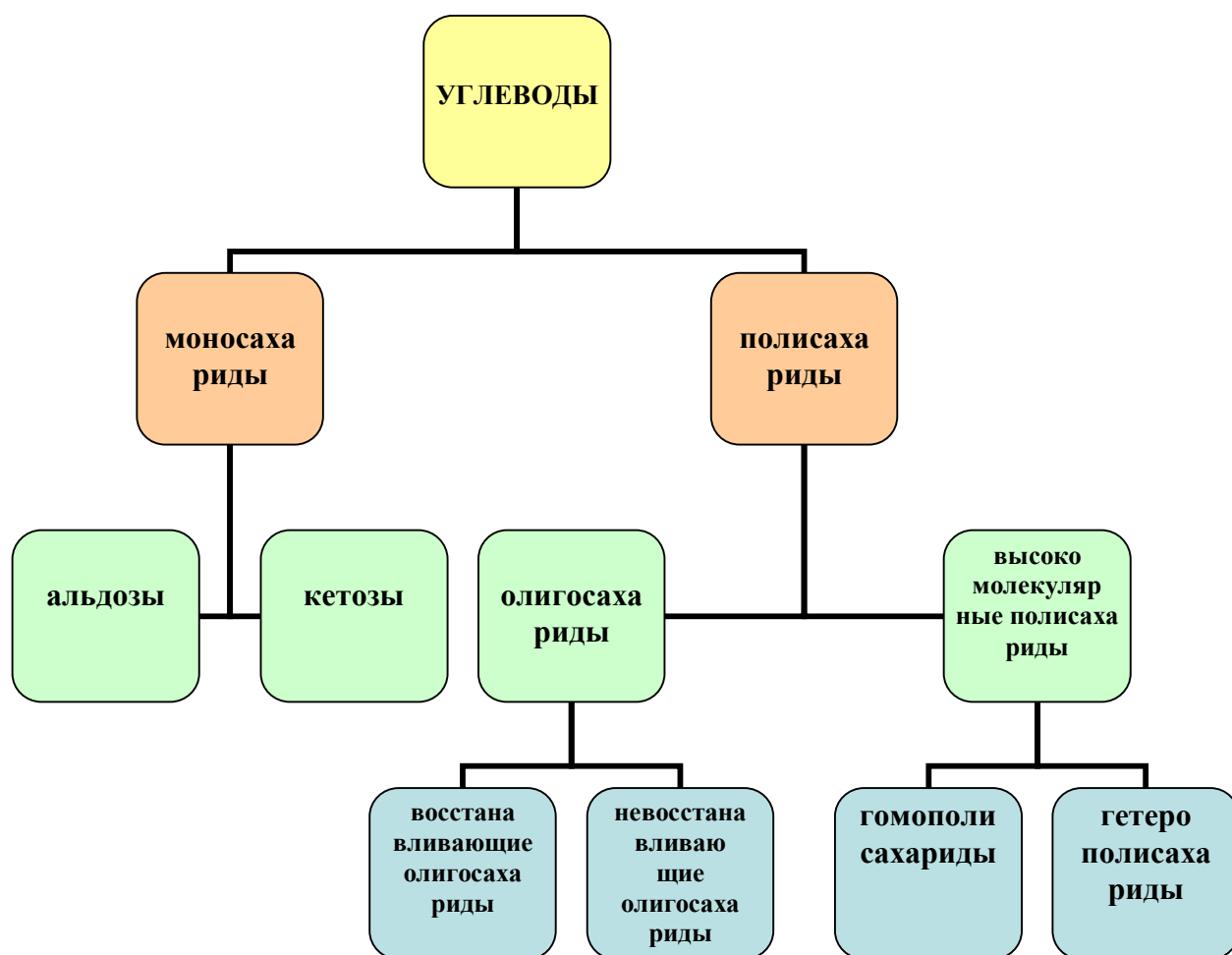


Рисунок 8 – Классификация углеводов

*Моносахаридами* называют углеводы, не способные гидролизироваться с образованием более простых углеводов. Большинство этих веществ имеет состав, соответствующий общей формуле  $C_nH_{2n}O_n$ . Они подразделяются по альдозы (содержат альдегидную группу) и кетозы (содержат кетогруппу). Примером альдоз

являются глюкоза, галактоза, арабиноза, ксилоза, рибоза, кетоз – фруктоза. С другой стороны моносахариды делятся по количеству атомов углерода в молекуле на триозы (в молекуле три атома углерода), тетрозы (содержат четыре атома углерода), пентозы (состоят из пяти атомов углерода), гексозы (в молекуле шесть атомов углерода) и т.д.

Основными представителями моносахаридов-гексоз являются глюкоза и фруктоза, которые играют важную роль в пищевой технологии, являются компонентами продуктов питания и исходным материалом при брожении. Глюкоза – это альдогексоза, а фруктоза – кетогексоза. В природе широко распространены моносахариды-пентозы (арабиноза, рибоза, ксилоза). Они главным образом являются структурными компонентами сложных полисахаридов (пентозанов, гемицеллюлоз, пектиновых веществ), а также нуклеиновых кислот и других природных полимеров. Арабиноза, ксилоза, рибоза – это альдопентозы.

Молекулы сложных углеводов построены из различного числа остатков моноз. Подразделяются на олигосахариды (полисахариды 1 порядка, сахароподобные полисахариды) и высокомолекулярные полисахариды (полисахариды 2 порядка, несакхароподобные полисахариды). Общая формула этих веществ  $C_mH_{2n}O_n$ .

*Олигосахариды* содержат 2-10 остатков моносахаридов. Наиболее широко распространены олигосахариды, состоящие из двух остатков моносахаридов – дисахариды: мальтоза (солодовый сахар), сахароза (свекловичный или тростниковый сахар) и лактоза (молочный сахар). По способности участвовать в окислительно-восстановительных реакциях, играя роль восстановителя, олигосахариды подразделяются на восстанавливающие (мальтоза, лактоза) и невосстанавливающие (сахароза).

Сложные углеводы, содержащие больше десяти остатков моносахаридов, называются *высокомолекулярными полисахаридами*. Высокомолекулярные полисахариды состоят из большого числа остатков моноз (до 6-10 тыс.). Они делятся на гомополисахариды, углеводы, построенные из остатков моносахаридов одного вида (крахмал, декстрины (продукт неполного гидролиза крахмала), гликоген (животный крахмал), целлюлоза), и гетерополисахариды (гемицеллюлозы,

пектиновые вещества, инулин, гумми, слизи), углеводы, состоящие из остатков различных видов моносахаридов.

**Классификация с точки зрения усвоения в организме.** С точки зрения усвоения в организме углеводы делятся на усвояемые и неусвояемые (пищевые волокна) (рисунок 9).

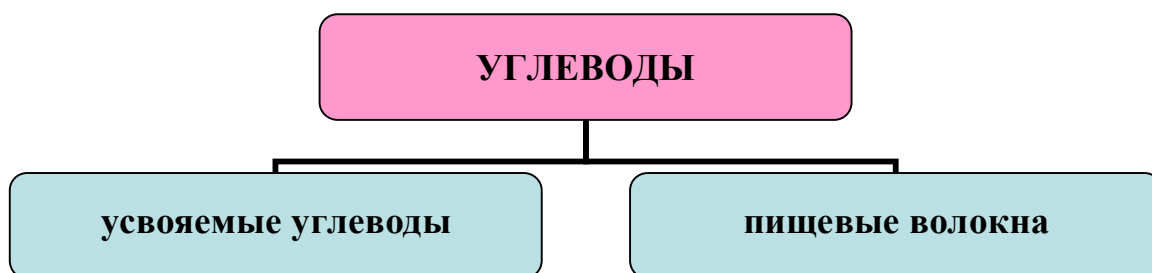


Рисунок 9 – Классификация углеводов по усвоению

*Усвояемые* углеводы перевариваются в желудочно-кишечном тракте человека. К ним относятся моно- и дисахариды, декстрины, крахмал, гликоген.

*Пищевые волокна* соответственно в желудочно-кишечном тракте не перевариваются. Неусвояемые – целлюлоза, гемицеллюлозы, пектиновые вещества, инулин, гумми, слизи. Эти полисахариды входят в состав клеточных стенок растений.

**Классификация по происхождению.** По происхождению углеводы делятся на:

- растительные углеводы – арабиноза, ксилоза, глюкоза, фруктоза, мальтоза, целлобиоза, сахароза, декстрины, крахмал, целлюлоза, гемицеллюлозы, пектиновые вещества, инулин, гумми, слизи;

- животные углеводы – лактоза, гликоген.



### 3.3 Структура углеводов

Наиболее распространены моносахариды, которые содержат пять или шесть атомов углерода. Из пентоз распространены арабиноза, ксилоза, рибоза. Из гексоз чаще встречаются глюкоза, фруктоза, галактоза.

Рибоза (рисунок 10) 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.

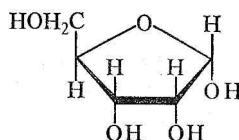


Рисунок 10 – Структурная формула рибозы

Арабиноза (рисунок 11) входит в состав гемицеллюлозы.

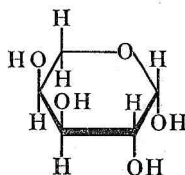


Рисунок 11 – Структурная формула арабинозы

Ксилоза (рисунок 12) входит в состав гемицеллюлозы.

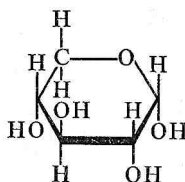


Рисунок 12 – Структурная формула ксилозы

Глюкоза (рисунок 13) входит в состав мальтозы, целлобиозы, сахарозы, лактозы, крахмала, гликогена, целлюлозы, гемицеллюлозы.

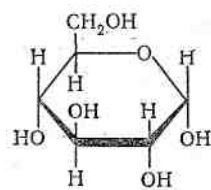


Рисунок 13 – Структурная формула глюкозы

Фруктоза (рисунок 14) является составной частью сахарозы, инулина.

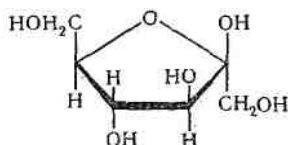


Рисунок 14 – Структурная формула фруктозы

Галактоза (рисунок 15) является составной частью лактозы, производные галактозы входят в состав пектина.

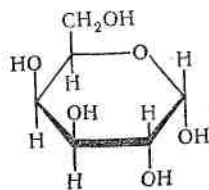


Рисунок 15 – Структурная формула галактозы

Олигосахариды являются полисахаридами первого порядка, то есть состоят их 2-10 остатков моносахаридов, соединенных гликозидными связями. Из олигосахаридов более распространены дисахариды.

В состав мальтозы входят два остатка молекулы  $\alpha$ -глюкозы (рисунок 16). Мальтоза образуется в качестве промежуточного продукта гидролиза крахмала или гликогена. В достаточно большом количестве содержится в солоде, поэтому ее называют солодовым сахаром.

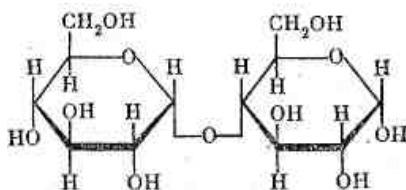


Рисунок 16 – Структурная формула мальтозы

В состав целлобиозы входят два остатка молекулы  $\beta$ -глюкозы (рисунок 17). Целлобиоза входит в состав целлюлозы и образуется в качестве промежуточного продукта ее гидролиза.

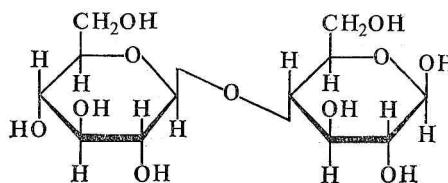


Рисунок 17 – Структурная формула целлобиозы

В состав лактозы входит  $\beta$ -галактоза и  $\alpha$ -глюкоза (рисунок 18). Лактоза содержится в молоке и молочных продуктах, часто называется молочным сахаром.

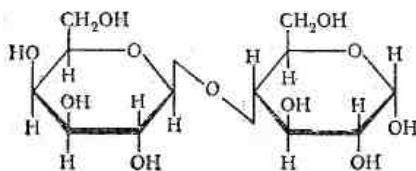


Рисунок 18 – Структурная формула лактозы

В состав сахарозы входит  $\alpha$ -глюкоза и  $\beta$ -фруктоза (рисунок 19). Сахароза входит в состав распространенного пищевого продукта - сахара. Гидролиз сахарозы осуществляет фермент инвертаза, при гидролизе сахарозы образуется фруктоза и глюкоза. Сырьем для ее получения являются сахарная свекла и сахарный тростник, в связи с этим ее называют свекловичным или тростниковым сахаром.

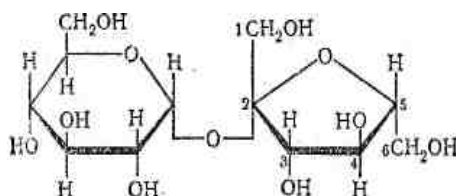


Рисунок 19 – Структурная формула сахарозы

Высокомолекулярные полисахариды из большого количества остатков углеводов. Полисахариды могут иметь линейное или разветвленное строение.

Крахмал состоит из остатков  $\alpha$ -глюкозы, соединенных 1,4-гликозидной связью. Так же крахмал – полисахарид, являющийся смесью полимеров двух типов, отличающихся пространственным строением – амилозы и амилопектина.

Амилоза – линейной полисахарид, в котором остатки молекул  $\alpha$ -глюкозы связаны 1,4-гликозидной связью (рисунок 20).

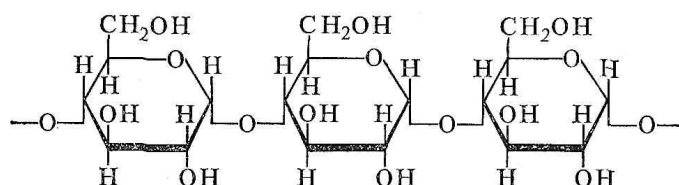


Рисунок 20 – Структурная формула амилозы

Амилопектин – разветвленный полисахарид, в котором остатки молекул  $\alpha$ -глюкозы связаны 1,4- и 1,6-гликозидными связями (рисунок 21). Крахмал является основной углеводной составляющей пищи человека. Это главный энергетический ресурс человека.

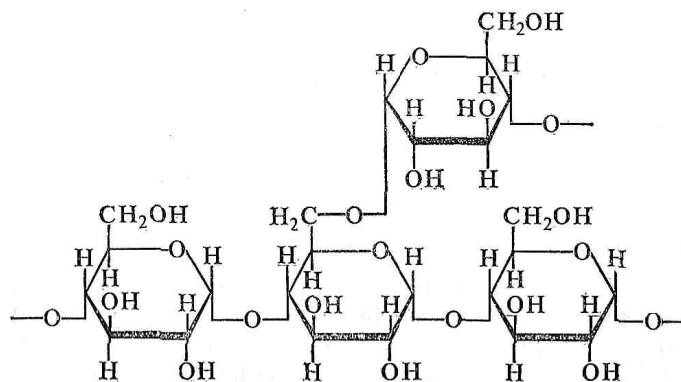


Рисунок 21 – Структурная формула амилопектина

Гликоген – крахмал животного происхождения. Он состоит из остатков  $\alpha$ -глюкозы, соединенных 1,4- и 1,6-гликозидными связями, разветвление у гликогена находятся через каждые 3-4 звена глюкозы. Гликоген является запасным питательным веществом живой клетки.

Целлюлоза состоит из остатков  $\beta$ -глюкозы, соединенных 1,4-гликозидной связью. 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 пищевого волокна, т.е. способствует очистке кишечника человека.

Пектиновые вещества состоят из остатков галактуроновой кислоты и метоксилированной галактуроновой кислоты, соединенных 1,4-гликозидными связями. Различают несколько разновидностей 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; он способен в кислой среде и в присутствии сахара образовывать желе и гели, поэтому используется как гелеобразователь;

- пектовые кислоты не имеют остатков метилового спирта, при этом пектовая кислота теряет способность образовывать желе и гели.

- пектаты – соли пектовой кислоты;

- пектиновая кислота;

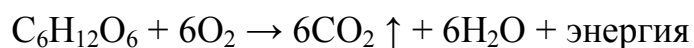
- пектинаты – соли пектиновой (полигалактуроновой) кислоты.

Пектин не усваивается организмом человека, относится к пищевым волокнам.

Гемицеллюлозы являются гетерополисахаридами, так как в их состав входят глюкоза, ксилоза, арабиноза. Реже встречаются остатки галактозы и маннозы. Гемицеллюлозы входят в состав клеточных оболочек растений, в том числе в оболочки стенок крахмальных зерен, затрудняя действие амилолитических ферментов на крахмал.

### **3.4 Свойства углеводов**

*Дыхание* – это экзотермический процесс ферментативного окисления моносахаридов до воды и оксида углерода (IV). Дыхание является важнейшим источником энергии для человека. Для осуществления процесса дыхания необходимо большое количество кислорода.



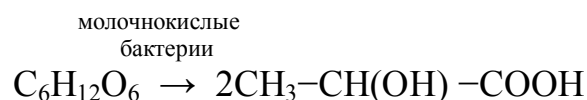
При недостатке кислорода или его отсутствии происходит процесс брожения моносахаридов. Существует несколько видов брожения, в которых принимают участие различные микроорганизмы.

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



В результате реакции спиртового брожения, под действием комплекса ферментов дрожжей рода сахаромицетов, образуются этиловый спирт и оксид углерода (IV). Моносахариды сбраживаются дрожжами с различной скоростью. Наиболее легко сбраживается глюкоза и фруктоза, труднее манноза, практически не сбраживается галактоза. Пентозы дрожжами не сбраживаются. Наряду с моносахаридами, дрожжи могут сбраживать дисахариды мальтозу и сахарозу, так как дрожжи обладают ферментами, способными разрушить молекулы этих двух дисахаридов до моносахаридов. 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, могут ухудшать их качество.

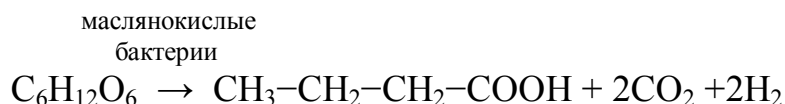
**Молочнокислое брожение** осуществляется при участии ферментов молочнокислых бактерий.



В результате реакции молочнокислого брожения под действием комплекса ферментов образуется молочная кислота. Молочнокислое брожение играет важную

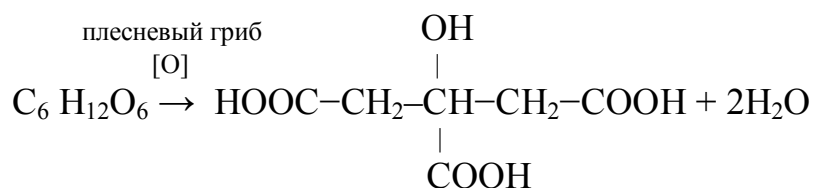
роль в процессе производства кисломолочных продуктов, хлебного кваса, ржаного хлеба, квашении капусты.

**Маслянокислое брожение** осуществляется при участии ферментов маслянокислых бактерий.



В результате реакции маслянокислого брожения образуются масляная кислота, оксид углерода (IV) и водород. Этот процесс происходит на дне болот при разложении растительных остатков, а также при инфицировании маслянокислыми микроорганизмами продуктов питания.

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



В результате реакции лимоннокислого брожения образуется молекула лимонной кислоты.

### 3.5 Физиологические функции углеводов

В организме человека углеводы выполняют целый ряд разнообразных функций.

**1. Структурная функция** – углеводы входят в состав жидкостей организма, органов и тканей.

**2. Энергетическая функция** – при окислении 1 г углеводов выделяется 4 ккал или 16,74 кДж энергии.

**3. Защитная функция** - так, глюкуроновая кислота соединяется с некоторыми токсическими веществами, образуя нетоксические сложные эфиры, которые благодаря растворимости в воде удаляются из организма с мочой;

неусвояемые углеводы сорбируют токсичные для организма вещества и далее выводят из организма.

**4. Регуляторная функция** разнообразна; например, углеводы препятствуют накоплению кетоновых тел при окислении жиров.

**5. Тонизирующая функция** – ощущение сладкого, воспринимаемое рецепторами языка, тонизирует центральную нервную систему.

**6. Специализированные функции** – например, гепарин предотвращает свертывание крови в сосудах, гиалуроновая кислота препятствует проникновению бактерий через клеточную оболочку и др.

### **3.6 Усвояемые углеводы**

Одной из основных функций усвояемых углеводов является энергетическая, но при этом отдельные усвояемые углеводы обладают рядом особенностей и проявляют присущие только им свойства.

*Глюкоза:*

- является структурным элементом большинства углеводов (мальтоза, лактоза, целлобиоза, лактоза, сахароза, крахмал, гликоген, целлюлоза, гемицеллюлозы, инулин, декстрины), поэтому можно говорить о том, что она является одним из самых распространенных углеводов на земле;

- является сахаром, в виде которого углеводы циркулируют в крови, а также питательным веществом для мозга;

- сладость глюкозы составляет 74 %.

*Фруктоза:*

- является структурным элементом сахарозы, инулина;

- имеет особый путь превращения в печени в гликоген; для этого не требуется инсулин, поэтому фруктоза может потребляться людьми, страдающими сахарным диабетом;

- является самым сладким моносахаридом, сладость фруктозы составляет 173 %.



#### *Лактоза:*

- способствует развитию молочнокислых бактерий, которые подавляют рост патогенных микроорганизмов; подавляет нежелательную микрофлору желудочно-кишечного тракта;

- сладость лактозы составляет 16 %.

#### *Мальтоза:*

- не сбраживается в кишечнике, поэтому полезна для страдающих болезнями желудочно-кишечного тракта;

- сладость мальтозы составляет 32 %.

#### *Сахароза:*

- не имеет специфических положительных функций; легко усваивается; выполняет только энергетическую функцию;

- сладость сахарозы считается эталонной и составляет 100 %.

#### *Крахмал:*

- является резервным полисахаридом растений (зерно, картофель);

- крахмал в отличие от сахарозы не приводит к быстрому увеличению сахара в крови, что можно отметить как положительный момент;

- является основным источником глюкозы.

#### *Гликоген:*

- основной запасный углевод; является компонентом всех тканей животных и человека;

- служит важным источником энергии и резервом углеводов в организме;

- участвует в регуляции водного баланса клеток.

### **3.7 Пищевые волокна**

Избыток потребления усвояемых углеводов приводит к развитию многих болезней, в первую очередь, ожирения, диабета, атеросклероза, рака толстого кишечника. В свое время считалось, что неусвояемые в организме человека углеводы бесполезны, раздражают слизистую оболочку кишечника и в каком виде

поступают в организм человека, в таком виде и выходят из него. В связи с этим они получили название балластных веществ. Относительно недавно отношение к пищевым волокнам (неусвояемым углеводам) резко изменилось. Установлено, что пищевые волокна обладают рядом полезных свойств, без которых организму человека очень сложно оптимально функционировать.

Одной из основных функций неусвояемых углеводов является защитная, т.к. они способствуют выведению из организма токсичных веществ. Наряду с этим пищевые волокна являются сорбентами воды, поэтому удерживают воду в пищевом комке, а затем в непереваривающихся остатках пищи. Это свойство пищевых волокон облегчает двигательную активность, как всего желудочно-кишечного тракта, так и моторную функцию (перистальтику) кишечника.

Отдельные неусвояемые углеводы обладают рядом особенностей и проявляют присущие только им свойства.

#### *Целлюлоза:*

- создает благоприятные условия для продвижения пищи по желудочно-кишечному тракту;
- нормализует деятельность полезной микрофлоры кишечника;
- способствует выведению из организма холестерина;
- создает чувство насыщения, чем снижает аппетит.

Однако чрезмерное потребление целлюлозы приводит к уменьшению усвояемости основных пищевых веществ.

#### *Пектин:*

- способствует выведению из организма тяжелых металлов;
- способствует выведению из организма свободных радикалов;
- участвует в подавлении жизнедеятельности гнилостных микроорганизмов;
- эффективнее, чем целлюлоза, способствует снижению холестерина в крови и удалению желчных кислот.

### 3.8 Роль углеводов в пищевых продуктах

Присутствие в продовольственном сырье и продуктах питания углеводов придает им ряд свойств.

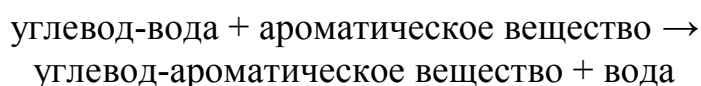
**1. Сладость.** Одна из важнейших функций низкомолекулярных углеводов - это придание сладкого вкуса продуктам питания. В таблице 3 приведена характеристика относительной сладости различных углеводов и сахарозаменителей по сравнению с сахарозой, сладость которой принята за 1 единицу относительной сладости или 100 %.

Таблица 3 – Относительная сладость углеводов и некоторых сахарозаменителей

Углеводы	Относительная сладость	Углеводы или сахарозаменители	Относительная сладость
Сахароза	1	$\alpha$ -D-лактоза	0,16
$\beta$ -D-фруктоза	1,73	$\beta$ -D-лактоза	0,32
$\alpha$ -D-глюкоза	0,74	Ксилоза	0,40
$\beta$ -D-глюкоза	0,82	Сорбит	0,63
$\alpha$ -D-галактоза	0,32	Ксилит	0,90
$\beta$ -D-галактоза	0,21	Цикломаты	30
$\alpha$ -D-манноза	0,32	Аспартам	200
$\beta$ -D- манноза	горькая	Сахарин	500

**2. Гидрофильность.** Присутствие в продуктах питания углеводов придает продуктам способность удерживать влагу, т.к. возникают водородные связи между оксигруппами молекул углеводов и атомами кислорода молекул воды. Например, замедляется черствение хлебобулочных изделий, мучных кондитерских изделий.

**3. Фиксаторы аромата.** Ароматические вещества, образующиеся при получении пищевых продуктов или вносимые в ходе технологического процесса, закрепляются в пище благодаря водородным связям, которые ранее удерживали воду. Упрощенно можно сказать, что вода, присутствующая в продовольственном сырье, замещается на ароматические вещества.



**4. Органолептические свойства.** Углеводы в продуктах питания участвуют в химических превращениях, в процессе которых образуются вещества обуславливающие вкус, запах, цвет и другие специфические свойства. Классическим примером служит реакция меланоидинообразования - реакция взаимодействия восстанавливающих дисахаридов и моносахаридов с аминокислотами, пептидами, белками. Образуются меланоидины (меланоиды) – вещества коричневого цвета, имеющие характерные вкус и аромат.

**5. Лечебно-профилактические функции.** Некоторые углеводы придают пище лечебно-профилактические функции. Например, фруктоза, имеет особый путь превращения в печени в гликоген; для этого не требуется инсулин, поэтому она может потребляться людьми, страдающими сахарным диабетом. Пищевые волокна нормализуют деятельность полезной микрофлоры кишечника, способствуют выведению из организма холестерина, тяжелых металлов, свободных радикалов, желчных кислот.

### **3.9 Превращения углеводов в ходе технологической обработки**

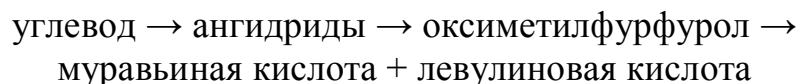
При технологической обработке углеводы сырья претерпевают ряд превращений.

**Карамелизация.** Реакция карамелизации осуществляется при нагреве свыше 100 °С растворов глюкозы, фруктозы, сахарозы. При этом происходят различные превращения углеводов, причем вид продуктов реакции карамелизации зависит от концентрации раствора углевода. Рассмотрим реакцию карамелизации сахарозы.

1. *Карамелизация низкоконцентрированных растворов* (содержание углевода 10-30 %).

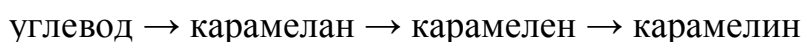
При нагревании сахарозы в слабокислой среде происходит частичный гидролиз (инверсия) с образованием глюкозы и фруктозы. От продуктов гидролиза отщепляется вода, и образуются вещества называемые ангидридами. Далее ангидриды взаимодействуют с глюкозой и фруктозой, между собой. Если отщепляется три молекулы воды, то образуется ангидрид, называемый

оксиметилфурфуролом. Дальнейшее разрушение приводит к разрушению углеродного скелета и образованию муравьиной и левулиновой кислот.

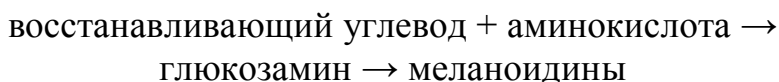


2. *Карамелизация высококонцентрированных растворов* (содержание углевода 70-80 %).

На первом этапе реакции карамелизации от молекулы сахарозы отщепляется две молекулы воды. Образуется карамелан ( $C_{12}H_{18}O_9$ ), состоящий из ангидроколец, содержащих в кольце двойные связи, которые имеют светло-коричневый цвет. На втором этапе отщепляется три молекулы воды, проходит конденсация и образуется карамелен ( $C_{36}H_{50}O_{25}$ ), имеющий темно-коричневый цвет. На третьем этапе происходит конденсация молекул сахарозы и образуется карамелин ( $C_{125}H_{188}O_{80}$ ), имеющий темно-коричневый цвет, он плохо растворим в воде.



***Меланоидинообразование или реакция Майяра.*** Реакция взаимодействия восстанавливающих дисахаридов и моносахаридов с аминокислотами, пептидами, белками. В результате взаимодействия карбонильной (альдегидной или кетонной) группы углеводов и аминогруппы белков, пептидов и аминокислот происходят многостадийные превращения продуктов реакции с образованием глюкозамина, который подвергается перегруппировке, затем образуются меланоидиновые пигменты, имеющие темно-коричневый цвет, специфический вкус и запах.



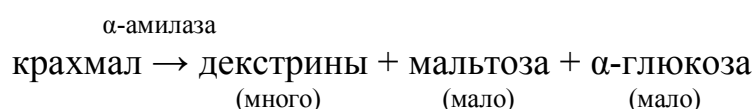
Реакция меланоидинообразования является основной причиной неферментативного потемнения пищевых продуктов. Такое потемнение происходит при выпечке хлеба, при сушке солода, при охмелении пивного сусла, при сушке фруктов. Скорость реакции зависит от состава взаимодействующих продуктов, pH среды, температуры, влажности. В результате реакции меланоидинообразования

снижается содержание углеводов, витаминов, аминокислот, в том числе и незаменимых, что приводит к изменению качества готового продукта, снижению его пищевой, биологической и энергетической ценности. Имеются сведения, что продукты реакции меланоидинообразования снижают усвоение белков.

**Гидролиз.** Ферментативное расщепление углеводов ускоряют амилолитические, цитолитические, пектолитические ферменты.

*Гидролиз крахмала* осуществляют амилолитические ферменты. Это важная реакция, происходящая при технологической переработке сырья в производстве пива, спирта.

Фермент  $\alpha$ -амилаза гидролизует крахмал действуя хаотично, разрывает 1,4-гликозидную связь с образованием декстринов и небольшого количества мальтозы и  $\alpha$ -глюкозы.



Фермент  $\alpha$ -амилаза действуя на крахмальное зерно образует каналы, раскалывая полисахарид на части (рисунок 22).

Фермент  $\beta$ -амилаза гидролизует крахмал действуя с нередуцирующего конца цепочки (т.е не со стороны альдегидной группы), разрывает 1,4-гликозидную связь и образует в большем количестве мальтозу и в меньшем количестве декстрины.



В местах разветвления амилопектина действие  $\beta$ -амилазы прекращается, в этом случае остается небольшое количество декстринов (рисунок 23).

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

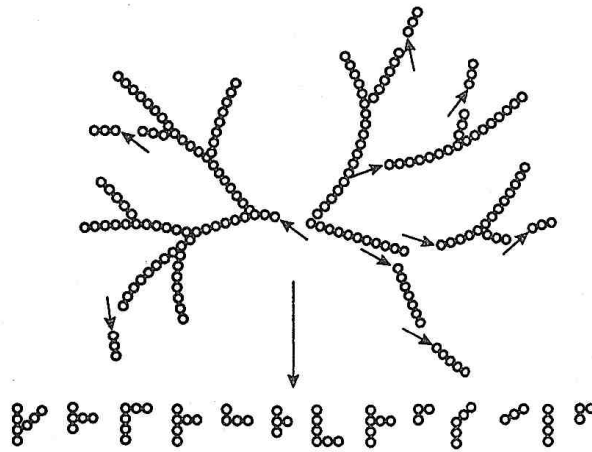


Рисунок 22 – Схема гидролиза крахмала ферментом  $\alpha$ -амилазой

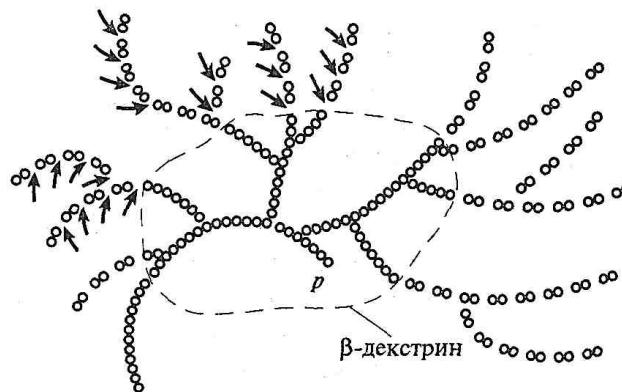
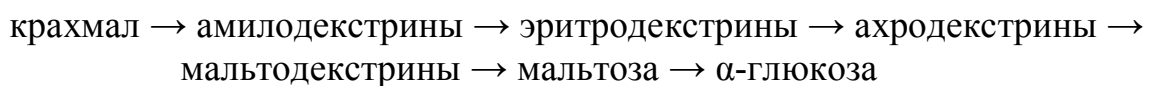


Рисунок 23 – Схема гидролиза крахмала ферментом  $\beta$ -амилазой

Гидролиз крахмала при совместном действии трех амилаз можно представить в виде схемы:



*Гидролиз гликогена* осуществляют амилолитические ферменты.

*Гидролиз целлюлозы* ускоряют цитолитические ферменты. Процесс проходит в несколько стадий:



*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 гумми или амиланы, которые имеют меньшую молекулярную массу, растворяются в воде, образуя вязкие растворы.

*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.

*Гидролиз сахарозы* осуществляет фермент инвертаза (сахараза), при гидролизе сахарозы образуется β-фруктоза и α-глюкоза. Этот процесс называется инверсия сахарозы.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие химические вещества относятся к углеводам? Дайте общую характеристику углеводам.
2. Чему равна энергетическая ценность углеводов?
3. Назовите суточную потребность организма человека в углеводах.
4. Что лежит в основе классификаций углеводов? Какие классификации углеводов вам известны?



5. На какие группы делятся углеводы по происхождению? Приведите примеры.
6. На какие группы делятся углеводы по строению? Приведите примеры.
7. Дайте характеристику каждому углеводу с точки зрения всех трех классификаций, например: глюкоза является моносахаридом, гексозой, альдозой, усвояемым углеводом, имеет растительное происхождение.
8. Охарактеризуйте моносахариды. Приведите примеры. На какие группы делятся моносахариды?
9. Охарактеризуйте полисахариды. Приведите примеры.
10. На какие группы делятся полисахариды?
11. Какова химическая структура полисахаридов?
12. На какие группы делятся олигосахариды? Приведите примеры восстанавливающих и невосстанавливающих дисахаридов. Охарактеризуйте их.
13. На какие группы делятся высокомолекулярные полисахариды? Приведите примеры гомополисахаридов и гетерополисахаридов. Охарактеризуйте их.
14. На какие группы делятся углеводы по усвоению в организме человека? Приведите примеры.
15. Охарактеризуйте отдельные усвояемые моно- и полисахариды.
16. Охарактеризуйте отдельные пищевые волокна.
17. Что такое амилоза? Напишите ее структурную формулу. Охарактеризуйте.
18. Что такое амилопектин? Напишите его структурную формулу. Охарактеризуйте.
19. Расскажите о процессе дыхания. Как он связан с углеводами?
20. Какие виды брожения вам известны? Расскажите об отдельных видах брожения.
21. Сформулируйте физиологические функции углеводов.
22. Сладость какого углевода принята за эталонную?
23. Каким образом пищевые волокна выполняют защитную функцию в организме человека?
24. Перечислите функции целлюлозы в организме человека.

25. Перечислите функции пектиновых веществ в организме человека.
26. Охарактеризуйте гидрофильность углеводов.
27. Охарактеризуйте способность углеводов фиксировать ароматические вещества в продуктах питания.
28. Охарактеризуйте способность углеводов играть роль лечебно-профилактических добавок в продуктах питания.
29. Поясните, что такое реакция карамелизации. Какое значение в производстве продуктов она имеет?
30. Расскажите о процессе карамелизации низкоконцентрированных растворов углеводов. Какие продукты при этом образуются?
31. Расскажите о процессе карамелизации высококонцентрированных растворов углеводов. Какие продукты при этом образуются?
32. Поясните, что такое реакция Майяра. Какое значение в производстве продуктов она имеет?
33. Расскажите о процессе ферментативного гидролиза крахмала.
34. Перечислите промежуточные продукты гидролиза крахмала.
35. Как называются ферменты, ускоряющие гидролиз крахмала?
36. Как называются ферменты, ускоряющие гидролиз целлюлозы, гемицеллюлоз?
37. Как называются ферменты, ускоряющие гидролиз пектиновых веществ?
38. Как называются ферменты, ускоряющие гидролиз гликогена? Чем отличается гликоген от крахмала?
39. Как называется процесс гидролиза сахарозы? Назовите продукты гидролиза сахарозы.

## 4 Липиды

### 4.1 Общая характеристика липидов

*Липиды* являются производными жирных кислот, спиртов, построенных с помощью сложноэфирной, простой эфирной, гликозидной, амидной и других связей. 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. В растениях они накапливаются в семенах и плодах, больше всего в орехах (до 60 %). У животных липиды концентрируются в подкожных, мозговой, нервных тканях. В рыбе липидов содержится 10-20 % , в мясе свинины до 33 %, в мясе говядины – 10 %.

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 в среднем 80-100 г в сутки. Причем 1/3 должны составлять непрогретые растительные масла (подсолнечное, оливковое, льняное, тыквенное, арахисовое и др.). Вторая треть – животные жиры (сливочное масло или продукты животного происхождения с соответствующим процентным содержанием жира). Не более трети может приходиться на так называемые кулинарные жиры, т.е. жиры, используемые для приготовления пищи (спрэды, комбиджиры, маргарины и т.д.). При усвоении 1 грамма липида выделяется 9 ккал или 37,66 кДж энергии.

## 4.2 Классификация липидов

**Классификация по агрегатному состоянию.** По агрегатному состоянию липиды бывают:

- жидкие липиды – большинство растительных масел (например, исключением является кокосовое масло); растительные масла являются жидкостями, т.к. в них велика доля ненасыщенных жирных кислот (олеиновая, линолевая, линоленовая, арахидоновая кислоты);

- твердые липиды – животные жиры; животные жиры являются твердыми, т.к. в них велика доля насыщенных жирных кислот (лауриновая, миристиновая, пальмитиновая, стеариновая, арахидоновая кислоты).

**Классификация по строению и составу.** По строению и составу липиды подразделяются на три класса (рисунок 24).



Рисунок 24 – Классификация липидов по строению и составу

*Ацилглицерины* (глицериды) – сложные эфиры трехатомного спирта глицерина и высокомолекулярных карбоновых кислот (рисунок 25). По существу являются жирами.

*Воски* – сложные эфиры высокомолекулярных одноатомных спиртов и высокомолекулярных одноосновных карбоновых кислот. В зависимости от происхождения различают растительные, животные, воски, вырабатываемые

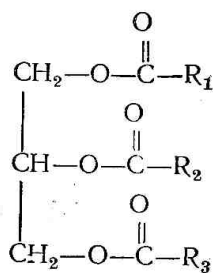


Рисунок 25 – Формула ацилглицерина

насекомыми, и ископаемые. Воски широко распространены в природе. В растениях они покрывают тонким слоем листья, стебли, стволы и плоды, предохраняя их от смачивания водой, высыхания, действия микроорганизмов. Из растительных восков промышленное значение имеют воски, покрывающие листья пальм, воски липидов риса и подсолнечника. Из восков животного происхождения наибольшую роль играют спермацет и спермацетовое масло, шерстяной жир; из восков насекомых - пчелиный воск. Первые два продукта выделяют из маслообразной массы, содержащейся в голове кашалота и в длинном канале, проходящем вдоль всего туловища. «Шерстяной жир» – жиропот овечьей шерсти. Из него получают ланолин. Пчелиный воск получают из пчелиных сот. Ископаемые воски – горный воск, воск бурых углей.

*Фосфолипиды* – соединения, при гидролизе которых образуются наряду со спиртами (чаще всего глицерином) и высокомолекулярными жирными кислотами фосфорная кислота, азотистые основания, аминокислоты и ряд других соединений. Фосфолипиды являются обязательной составной частью растений и животных.

*Гликолипиды* – группа нейтральных липидов, в состав молекулы которых входят остатки моносахаридов и их производных. Гликолипиды широко распространены в растениях, животных и микроорганизмах. Они выполняют функции структурных липидов, участвуя в построении мембран, им принадлежит важная роль в формировании клейковины пшеницы, определяющей хлебопекарное достоинство муки.

*Сфинголипиды* – группа липидов, основой молекулы которых являются аминспирты, из которых наиболее распространен сфингозин.

*Липопротеиды* содержат остатки белков, входят в состав клеточных мембран, в протоплазму клеток, влияют на обмен веществ.

*Стерины* – состоят из конденсированных циклов, примером является холестерин.

*Жирорастворимые витамины* – ретинол (витамин А), кальциферол (витамин Д), токоферол (витамин Е), филлохинон (витамин К).

*Жирорастворимые пигменты* – липиды, принадлежащие к этой группе, нерастворимы в воде, но растворяются в органических растворителях. Каротиноиды (окрашены в желтый или оранжевый цвет) придают окраску многим липидам – большей части растительных масел, сливочному маслу, пчелиному воску и т.д. Являются предшественниками витамина А. Хлорофилл (пигмент зеленого цвета) придает окраску оливковому маслу.

***Классификация по отношению к щелочам.*** В зависимости от отношения липидов к щелочам их делят на две большие группы:

- омыляемые липиды – простые и сложные липиды, которые при взаимодействии со щелочами гидролизуются с образованием солей высокомолекулярных кислот, получивших название мыла;

- неомыляемые липиды – к ним относятся соединения, не подвергающиеся щелочному гидролизу (стерины, жирорастворимые витамины, простые эфиры и т.д.).

***Классификация по функциям в организме.*** По своим функциям в живом организме липиды делятся на структурные и запасные:

- структурные липиды (главным образом фосфолипиды) образуют сложные комплексы с белками и углеводами, из которых построены мембраны клетки и клеточных структур, и участвуют в разнообразных процессах, протекающих в клетке; кроме фосфолипидов в состав структурных липидов входят глико-, сульфо- и некоторые другие липиды;

- запасные липиды (в основном ацилглицерины) являются энергетическим резервом организма и участвуют в обменных процессах; в растениях они накапливаются главным образом в плодах и семенах, у животных и рыб в



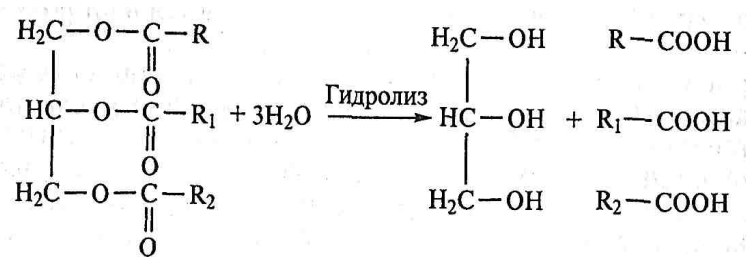


Рисунок 26 – Суммарное уравнение реакции гидролиза глицеридов

ускоряются при повышенных влажности и температуре хранения, в присутствии ионов водорода, металлов с переменной валентностью (свинец, медь, марганец, железо, кобальт), фермента липазы.

**Переэтерификация липидов.** Эта реакция приводит к обмену остатками жирных кислот у липидов (рисунок 27). 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.

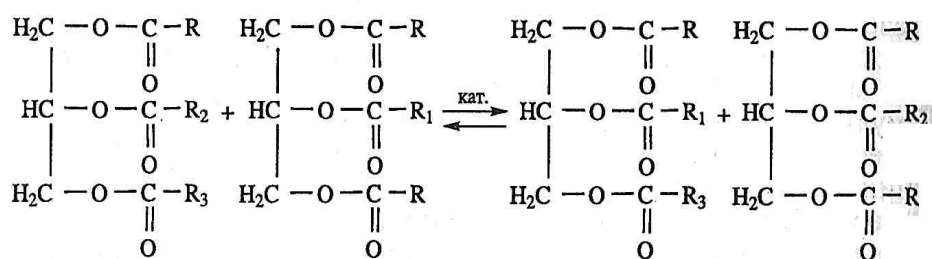


Рисунок 27 – Уравнение реакции межмолекулярной переэтерификации глицеридов

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 (рисунок 28). При этом можно направленно изменять жирно-кислотный состав исходного липида. В первую очередь расщепляются кратные связи линоленовой



кислоты, затем линолевой, затем олеиновой. В конечном итоге образуется стеариновая кислота.

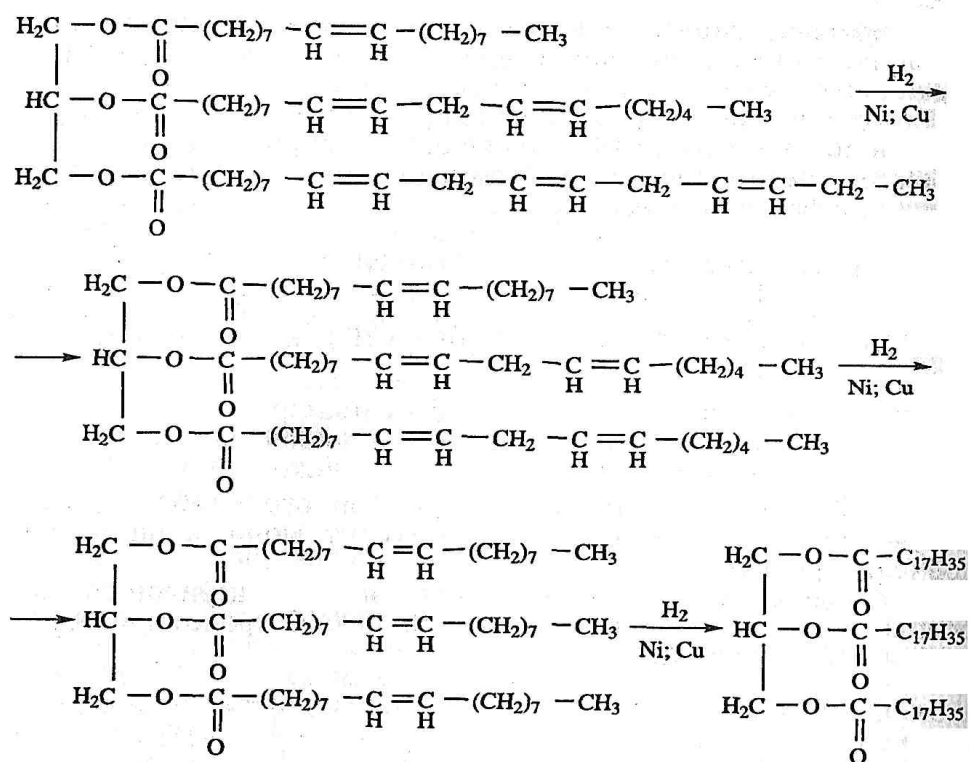


Рисунок 28 – Уравнение реакции гидрирования глицеридов

В результате реакции гидрирования получается продукт с заранее заданными свойствами, его называют саломас. Саломасы применяют в производстве маргарина, спрэдов.

**Окисление липидов.** Липиды подвергаются окислению кислородом воздуха. Процесс протекает в два этапа.

Первичными продуктами окисления являются гидроперекиси и перекиси, которые внедряются в радикал карбоновой кислоты. Быстрее всего воздействие оказывается на углерод, ближайший к двойной связи, а у насыщенных жирных кислот атакуется кислородом середина цепочки жирных кислот. Образовавшиеся первичные продукты окисления неустойчивы, в результате их превращения разрывается цепочка атомов углерода, образуются вторичные продукты окисления: спирты, альдегиды, реже кетоны, карбоновые кислоты с углеродной цепочкой короче, чем у жирной кислоты.

Процесс окисления липида можно представить в виде схемы:

жирная кислота → гидроперекись → перекись → спирты →  
альдегиды → карбоновые кислоты

Окисление липидов кислородом воздуха является автокаталитическим процессом. Окисление идет по цепному механизму, 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. Свободные жирные кислоты окисляются легче, чем аналогичные связанные.

Повышает скорость окисления липидов присутствие влаги, металлов переменной валентности (свинец, медь, марганец, железо, кобальт), ионов водорода, фермента липоксигеназы, повышенной температуры, наличие света.

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 триацилглицеринов. Этот этап еще называют ферментативное прокисание. Затем липоксигеназа катализирует образование гидроперекисей и перекисей ненасыщенных жирных кислот (чаще это линолевая и линоленовая кислоты). При распаде гидроперекисей и перекисей образуются вещества, аналогичные продуктам окисления кислородом – образуются вторичные продукты окисления: спирты, альдегиды, реже кетоны, карбоновые кислоты с углеродной цепочкой короче, чем у жирной кислоты.

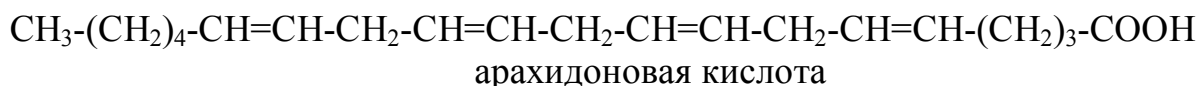
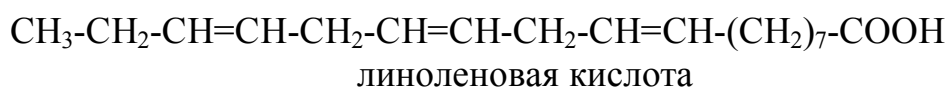
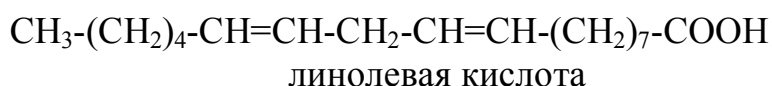
Наличие антиоксидантов замедляет или предотвращает процесс окисления. К антиокислителям относят вещества, присутствие которых приводит к обрыву цепей окисления. Вместо активных радикалов, которые бы инициировали процесс окисления, образуются стабильные радикалы, которые не участвуют в этом процессе. Из природных антиокислителей часто применяют токоферол (витамин E), из синтетических – соединения фенольной природы: бутилгидрокситолуол,

бутилгидроксианизол. При внесении антиоксидантов в количестве 0,01 % стойкость жиров к окислению увеличивается в 10-15 раз.

Накопление первичных и вторичных продуктов окисления придает продукту горькие аромат и вкус, поэтому реакция окисления жиров называется реакцией прогоркания. Продукты окисления вызывают разрушение пигментов, что приводит к изменению цвета. Одновременно появляется салостый привкус (осаливание), причиной которого служит образование диольных группировок (фрагментов двухатомных спиртов). 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.

#### 4.4 Функции полиненасыщенных жирных кислот

Жирные кислоты, содержащие две и более ненасыщенные связи, называются полиненасыщенными жирными кислотами (ПНЖК). Наиболее важными являются линолевая, линоленовая, арахидоновая кислоты.



Линолевая и линоленовые кислоты не синтезируются в организме человека, арахидоновая кислота синтезируется из линолевой кислоты при участии пиридоксина (витамина В<sub>6</sub>). Поэтому они получили название незаменимых или эссенциальных жирных кислот. Комплекс ПНЖК является витаминоподобным соединением – витамином F.

ПНЖК выполняют следующие функции:

- участвуют в качестве структурных элементов в фосфатидах, липопротеинах клеточных мембран;
- входят в состав соединительной ткани и оболочек нервных волокон;
- влияют на обмен холестерина, стимулируя его окисление и выделение из организма, а также образуют с ним эфиры, которые не выпадают из раствора, следовательно, являются веществами профилактического действия против атеросклероза;
- оказывают нормализующее действие на стенки кровеносных сосудов;
- участвуют в обмене витаминов группы В (пиридоксина и тиамина);
- стимулируют защитные механизмы организма (повышают устойчивость к инфекционным заболеваниям, действию радиации и т. д.).

Наибольшей биологической активностью обладает арахидоновая кислота. Ее основным источником выступает подсолнечное масло. Среднее содержание ПНЖК в рационе в пересчете на линолевую кислоту должно составлять 4-6 % общей калорийности пищи. Избыток ПНЖК, как и недостаток, отрицательно сказывается на здоровье человека.

В настоящее время ненасыщенные жирные кислоты подразделяют на  $\omega$ -семейства (омега-семейства). Номер  $\omega$ -семейства – это номер атома углерода возле которого расположена первая двойная связь относительно метильной группы в молекуле ПНЖК. Наиболее важными являются ненасыщенные жирные кислоты семейств  $\omega$ -3 и  $\omega$ -6. Кислоты семейства  $\omega$ -3:  $\alpha$ -линоленовая, эйкозапентаеновая, докозагексаеновая. Линолевая,  $\gamma$ -линоленовая, арахидоновая кислоты относятся к семейству  $\omega$ -6.

Установлена четкая обратная взаимосвязь между суточным потреблением  $\omega$ -3 жирных кислот и степенью атеросклеротических поражений сосудов. Причем, чем больше  $\omega$ -3 содержится в тканях организма, тем меньше проявлений атеросклероза. Жирные кислоты  $\omega$ -3 снижают уровень триглицеридов в сыворотке крови, уменьшают риск образования тромбов в сосудах, способствуют синтезу веществ, поддерживающих

иммунитет организма, и необходимы для нормальной функции надпочечников и щитовидной железы.

Кислоты  $\omega$ -3 содержатся в жире рыб, льняном и соевом маслах, в масле грецкого ореха; источником жиров  $\omega$ -6 служат подсолнечное, кукурузное масло. Очень важно поддерживать оптимальный уровень соотношения между  $\omega$ -3 и  $\omega$ -6 жирными кислотами. Рекомендуемое соотношение в рационе  $\omega$ -6: $\omega$ -3 составляет для здорового человека 10:1, для лечебного питания – от 3:1 до 5:1.

#### **4.5 Физиологические функции липидов**

В организме человека липиды выполняют целый ряд разнообразных функций.

**1. Структурная функция** – липиды входят в состав клеточных и внеклеточных мембран всех тканей.

**2. Энергетическая функция** – при окислении 1 г липидов выделяется 9 ккал или 37,66 кДж энергии.

**3. Защитная функция** – липиды предохраняют тело от переохлаждения, так как препятствуют отдаче тепла, а также от механического повреждения (например, почки); липиды, выделяемые сальными железами, придают коже эластичность, предохраняют ее от высыхания и растрескивания.

**4. Растворители жирорастворимых витаминов** – липиды являются растворителями ретинола (витамин А), кальциферола (витамин Д), токоферола (витамин Е), филлохинона (витамин К); способствуют их усвоению.

**5. Обеспечивают направленность потоков нервных сигналов** – эту функцию выполняют липиды, входящие в состав нервных клеток и их отростков.

#### **4.6 Показатели, характеризующие качество пищевых жиров**

Количественно качество липидов оценивают по показателям, которые называются числами.

*Кислотное число* – это количество миллиграммов гидроксида калия, затраченного на нейтрализацию свободных жирных кислот, содержащихся в 1 г жира. Этот показатель, характеризует количество свободных жирных кислот, содержащихся в жире. Хранение пищевых продуктов, содержащих жиры и масла, всегда сопровождается гидролизом последних, поэтому по величине кислотного числа можно судить об их качестве.

*Число омыления* – это количество миллиграммов гидроксида калия, необходимого для нейтрализации свободных и связанных жирных кислот, содержащихся в 1 г жира. По числу омыления можно судить о средней молекулярной массе входящих в состав жира жирных кислот и определить количество щелочи, необходимое для омыления жира.

*Йодное число* – это количество граммов йода, вступающего во взаимодействие со 100 г жира. Характеризует уровень непредельности жирных кислот, входящих в состав жира. Йодное число применяется для определения вида жира, способности его к «высыханию», расчета необходимого количества водорода на его гидрогенизацию.

*Перекисное число* указывает на наличие и уровень содержания производных жиров перекисного характера (перекисей и гидроперекисей), образующихся при хранении и переработке продовольственного сырья и продуктов питания.

#### **4.7 Превращения жиров в ходе технологической обработки. Пищевая порча жиров**

При получении и хранении продуктов питания, как в промышленности, так и в домашних условиях, в ходе технологического потока липиды исходного сырья претерпевают разнообразные превращения. Все это сказывается на их составе, а, следовательно, на пищевой и биологической эффективности готовых продуктов.

Глубина и интенсивность этих процессов зависят от химического состава липидов, характера сопутствующих, добавляемых и образующихся веществ (например, антиоксидантов), влажности, присутствия микроорганизмов, активности ферментов,

контакта с кислородом воздуха, а, следовательно, от способа упаковки жира и многих других факторов. Все перечисленное говорит о многообразии, сложности процессов, протекающих в липидном комплексе. Так, в растительных маслах, содержащих значительное количество ненасыщенных жирных кислот, протекают, главным образом, процессы автоокисления кислородом воздуха.

Благодаря низкой влажности, отсутствию минеральных веществ растительные масла не поражаются микроорганизмами и в темноте могут храниться относительно длительное время. Лучшими условиями их сохранности являются: температура 4-6 °С, относительная влажность воздуха – 75 %. В быту их следует хранить в закрытой стеклянной таре в темноте, оставляя минимальным воздушное пространство в бутылки.

Животные жиры (говяжий, свиной, бараний) по своему жирокислотному составу должны были бы обладать высокой устойчивостью при хранении. Но они практически не содержат антиоксидантов, и это снижает их стойкость при хранении. Наиболее неустойчивыми являются сливочное масло, маргарины, комбинированные масла. Высокая влажность, наличие белковых и минеральных веществ способствуют развитию микрофлоры, а, следовательно, интенсивному развитию процессов биохимического прогоркания. Одними из основных факторов, обеспечивающих сохранность сливочного масла и маргарина, являются низкая температура и отсутствие света, внесение консервантов и антиоксидантов.

Не менее сложные процессы протекают при хранении в липидном комплексе пищевого сырья и готовых продуктов. Так, при хранении пшеничной муки идут процессы гидролитического и окислительного прогоркания, образующиеся продукты взаимодействуют с белками, влияя на хлебопекарные свойства пшеничной муки. При развитии окислительных процессов в продуктах накапливаются нежелательные для здоровья человека вещества, поэтому защита липидов от окисления является важной задачей.

### **Контрольные вопросы**

1. Какова химическая природа липидов?
2. Чему равна энергетическая ценность липидов?

3. Назовите суточную потребность организма человека в липидах.
4. Что лежит в основе классификаций липидов? Какие классификации липидов вам известны?
5. На какие группы делятся липиды по происхождению? Приведите примеры.
6. На какие группы делятся липиды по строению и составу? Приведите примеры.
7. Дайте характеристику простым липидам.
8. Дайте характеристику сложным липидам.
9. Что такое воски? Каковы их биологическая роль и распространение в природе и продовольственном сырье?
10. Охарактеризуйте циклические липиды.
11. На какие группы делятся липиды по агрегатному состоянию? Приведите примеры.
12. На какие группы делятся липиды по отношению к щелочам? Приведите примеры.
13. На какие группы делятся липиды по функциям в организме? Приведите примеры.
14. Напишите уравнение реакции гидролиза глицеридов.
15. Перечислите промежуточные продукты гидролиза глицеридов.
16. Как называются ферменты, ускоряющие гидролиз жиров?
17. Какие факторы способствуют гидролизу жиров?
18. Как иначе называют реакцию гидролиза жиров? Какой показатель позволяет контролировать процесс гидролиза жиров?
19. Напишите уравнение реакции переэтерификации липидов. Для какой цели применяют ее в промышленности?
20. Напишите уравнение реакции гидрирования липидов.
21. Что такое саломас?
22. Напишите уравнение реакции окисления жиров.
23. Перечислите продукты окисления жиров.
24. Как называется фермент, ускоряющий окисление жиров?



25. Какие еще факторы способствуют окислению жиров?
26. Как иначе называют реакцию окисления жиров? Какой показатель позволяет контролировать окисление жиров?
27. Как называются вещества, замедляющие окисление жиров?
28. Какие жирные кислоты называются полиненасыщенными? Перечислите их функции в организме человека.
29. Укажите на различия в структуре насыщенных и ненасыщенных жирных кислот.
30. Перечислите физиологические функции липидов.
31. По каким показателям оценивают качество жиров? На что указывает рост величин этих показателей при хранении и переработке жиров?
32. Расскажите о пищевой порче жиров.

## 5 Витамины

### 5.1 Общая характеристика витаминов

Витамины – органические вещества разнообразной химической природы, объединенные в один класс микронутриентов по признаку их необходимости для питания.

Требования, предъявляемые к витаминам:

- выполнение в организме каталитических функций (ускорение обменных процессов);
- незаменимость;
- физиологическая активность в ничтожно малых количествах;
- отсутствие энергетической ценности.

Для нормальной жизнедеятельности витамины необходимы в очень небольших количествах. Нормы суточного потребления витаминов и их функции в организме человека приведены в таблице 4.

Так как витамины практически не синтезируются организмом (т.е. являются незаменимыми или эссенциальными), они должны поступать в необходимом количестве с пищей ежедневно. Отсутствие или недостаток витаминов в организме человека вызывает болезни недостаточности – гиповитаминоз и авитаминоз.

При *авитаминозе* наблюдается глубокий и длительный дефицит витамина. При *гиповитаминозе* наблюдается умеренный дефицит витамина. При избыточном приеме витаминов, значительно превышающем физиологические нормы, развиваются *гипервитаминозы*. Это характерно для жирорастворимых витаминов, доля которых в суточном рационе человека невысока.

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

Таблица 4 – Суточная потребность человека в витаминах и витаминоподобных соединениях

Витамин, витаминоподобное вещество	Суточная потребность, мг	Функции
С – аскорбиновая кислота	60-100	Антицинготный фактор, участвует в окислительно-восстановительных реакциях, повышает иммунитет человека
В <sub>1</sub> – тиамин	1,7	Необходим для нормальной деятельности центральной нервной системы, участвует в регулировании углеводного обмена
В <sub>2</sub> – рибофлавин	2	Участвует в окислительно-восстановительных реакциях
В <sub>3</sub> – пантотеновая кислота	6	Участвует в реакциях биохимического ацилирования, обмена липидов, жирных кислот, углеводов
В <sub>6</sub> – пиридоксин	2,2	Участвует в синтезе и метаболизме аминокислот, белков, ненасыщенных жирных кислот
В <sub>9</sub> – фолиевая кислота	0,2	Кроветворный фактор, участвует в синтезе аминокислот, нуклеиновых кислот, холина, пуриновых и пиримидиновых оснований
В <sub>12</sub> – цианокобаламин	0,003	Фактор кроветворения, участвует в превращениях аминокислот
РР – ниацин	19	Участвует в окислительно-восстановительных реакциях
Н – биотин	0,25	Участвует в реакциях карбоксилирования-декарбоксилирования, обмена аминокислот, липидов, углеводов, нуклеиновых кислот
А – ретинол	2	Участвует в деятельности мембран клеток, влияет на рост костей, зрение человека
Д – кальциферол	0,0025	Регулирует содержание кальция и фосфора в крови, участвует в формировании костей
Е – токоферол	10	Предотвращает окисление липидов, активный антиокислитель
К – филлохинон	3	Регулирует процесс свертывания крови
В <sub>4</sub> – холин	500	Липотропный фактор
В <sub>8</sub> – инозит	1000	Липотропный фактор
В <sub>13</sub> – оротовая кислота	не установлена	Фактор роста микроорганизмов, стимулирует обмен белков
В <sub>15</sub> – пангамовая кислота	не установлена	Антигипоксический фактор
F – ПНЖК	1 % от суточной потребности энергии (в ккал)	Уменьшает риск заболеваний сердечно-сосудистой системы
Н – липоевая кислота	не установлена	Липотропный фактор
U – метилметионин-сульфоний	200	Противоязвенный фактор
Р – биофлавоноиды	30-50	Капилляроукрепляющий фактор
Н <sub>1</sub> – парааминобензойная кислота	0,07	Фактор роста микроорганизмов

Ряд витаминов представлены не одним, а несколькими соединениями, обладающими сходной биологической активностью, например: пиридоксин (витамин В<sub>6</sub>) включает пиридоксин, пиридоксаль, пиридоксамин.

## 5.2 Классификация витаминов

Витамины подразделяют на три класса (рисунок 29).

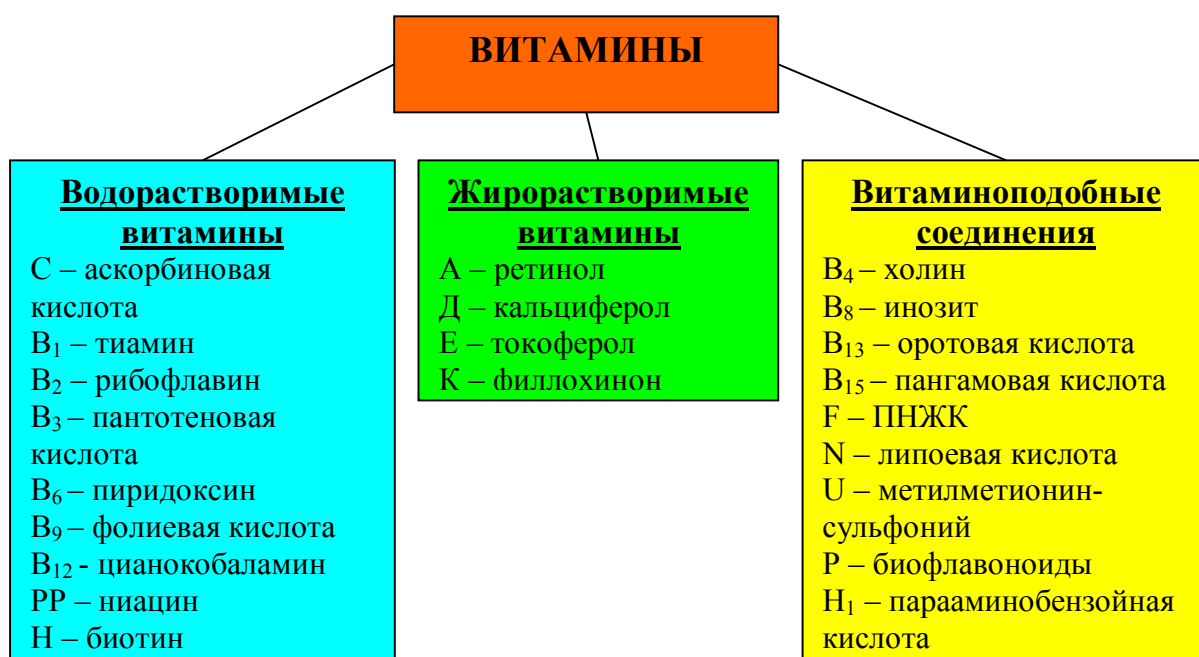


Рисунок 29 – Классификация витаминов

## 5.3 Водорастворимые витамины

*Витамин С (аскорбиновая кислота).* Является антицинготным фактором, так как участвует в синтезе соединительной ткани. Участвует в окислительно-восстановительных реакциях, повышает иммунитет человека. Все необходимое количество витамина С человек получает с пищей. Основными источниками являются овощи, фрукты, ягоды: шиповник до 1000 мг %, красный перец – 250 мг %, черная смородина – 200 мг %, капуста белокочанная содержит 50 мг %, картофель – 20 мг %. Нестойкий, легко разрушается кислородом воздуха, на свету,

в присутствии ионов тяжелых металлов. Более устойчив в кислой среде, чем в щелочной.

*Витамин B<sub>1</sub> (тиамин)*. Необходим для нормальной деятельности центральной нервной системы. Участвует в регулировании углеводного обмена. Основные источники – зерновые продукты, 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 %. Стоек к действию света, кислорода, в кислой среде, к повышенным температурам. Легко разрушается в щелочной среде.

*Витамин B<sub>2</sub> (рибофлавин)*. Участвует в окислительно-восстановительных реакциях. При недостатке возникают заболевания кожи (себорея, псориаз), воспаление слизистой оболочки рта, появляются трещины в углах рта, развиваются заболевания кровеносной системы и желудочно-кишечного тракта. Присутствует в молочных продуктах: в молоке – 0,15 мг %, в сыре – 0,4 мг %, в печени – 2,2 мг %, в зерновых продуктах – 0,1 мг %, в овощах и фруктах – 0,05 мг %. Небольшое количество синтезирует кишечная микрофлора. Устойчив к повышенным температурам, но разрушается на свету и в щелочной среде.

*Витамин B<sub>3</sub> (пантотеновая кислота)*. Участвует в реакциях обмена липидов, жирных кислот, углеводов. Недостаток приводит к дерматитам, выпадению волос. Присутствует в субпродуктах 2,5-9 мг %, в зерновых продуктах и бобовых культурах – 2 мг %, в яйце – 2 мг %, в дрожжах – 4-5 мг %. Небольшое количество синтезирует кишечная микрофлора. Разрушается в кислой и щелочной среде.

*Витамин B<sub>6</sub> (пиридоксин, адермин)*. Участвует в биосинтезе и метаболизме аминокислот, белков, ненасыщенных жирных кислот. Необходим для нормальной деятельности нервной системы, кровеносной системы, печени. При недостатке развиваются дерматиты. Присутствует в мясе – 0,4 мг %, в фасоли – 0,9 мг %, в картофеле – 0,3 мг %. Частично синтезируется кишечной микрофлорой. Устойчив к повышенным температурам, кислотам, щелочам, но разрушается на свету.

*Витамин B<sub>9</sub> (фолиевая кислота, фолацин)*. Кроветворный фактор, участвует в деятельности сердечно-сосудистой системы, в биосинтезе аминокислот,

нуклеиновых кислот, холина. При недостатке нарушается деятельность системы кроветворения, пищеварительной системы, снижается иммунитет организма. Присутствует в зеленых культурах – 110 мкг %, в печени – 240 мкг %, в дрожжах – 550 мкг %, меньше в зерновых продуктах и молочных продуктах – 10-20 мкг %. Неустойчив при термической обработке.

*Витамин B<sub>12</sub> (цианокобаламин).* Участвует в процессах кроветворения, метаболизма аминокислот, в синтезе нуклеиновых кислот. При недостатке наступает слабость, развивается анемия, нарушается деятельность нервной системы. Содержится в продуктах животного происхождения: в печени – 160 мкг %, в мясе – 6 мкг %, в молоке – 0,6 мкг %. Разрушается при длительном действии света, при окислении, более устойчив при нейтральных рН.

*Витамин РР (никотиновая кислота, ниацин).* Участвует в окислительно-восстановительных реакциях. Недостаток вызывает утомляемость, бессонницу, снижение иммунитета, нарушение функций нервной и сердечно-сосудистой системы. Основным источником – субпродукты (до 12 мг %), мясо и рыба содержат около 4 мг %. Молоко, зерновые продукты, овощи и фрукты бедны витамином РР. Устойчив к действию света, кислорода воздуха, в щелочной среде.

*Витамин Н (биотин).* Участвует в биосинтезе липидов, аминокислот, углеводов, нуклеиновых кислот. При недостатке 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 %. Неустойчив при окислении в кислой и щелочной среде.

#### **5.4 Жирорастворимые витамины**

*Витамин А (ретинол).* 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.

Содержится в продуктах животного происхождения: в рыбьем жире – 14 мкг %, в печени трески – 4 мкг %, в молоке – 0,025 мкг %. В растительных продуктах содержится провитамин А ( $\beta$ -каротин), имеющий красно-оранжевый цвет. Из одной молекулы  $\beta$ -каротина в организме образуется две молекулы витамина А. Больше всего  $\beta$ -каротина находится в моркови – 10 мг %, в томатах – 1 мг %, он присутствует в овощах и фруктах, имеющих красно-оранжевую окраску. Разрушается при действии света, воздуха, в присутствии тяжелых металлов.

*Витамин Д (эргостерол, кальциферол, эргокальциферол).* Регулирует содержание кальция и фосфора в крови, участвует в формировании костных тканей. Синтезируется 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 костных тканей. 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.

*Витамин Е (токоферол).* Регулирует свободнорадикальные реакции в клетках, предотвращает окисление ненасыщенных жирных кислот в липидах, влияет на синтез ферментов, обладает выраженным антиокислительным действием (природный антиоксидант). При недостатке наблюдается поражение миокарда, сердечно-сосудистой и нервной системы, функции размножения. Распространен в растительном сырье: в соевом масле – 115 мкг %, подсолнечном масле – 42 мкг %, в зерновых продуктах – 5 мкг %. Устойчив при нагревании, медленно разрушается под действием ультрафиолетовых лучей, кислорода воздуха, в присутствии тяжелых металлов.

*Витамин К (филлохинон  $K_1$ , метакхинон  $K_2$ ).* Необходим для нормализации свертывания крови, участвует в образовании компонентов крови. При недостатке развивается язвенная болезнь. Основные источники витамина: зеленые культуры, такие как укроп, петрушка, капуста (в растительном сырье встречается

филлохинон), мясо, печень (в сырье животного происхождения встречается метакхинон). Частично синтезируется полезной микрофлорой кишечника.

## 5.5 Витаминоподобные соединения

Вещества с повышенной биологической активностью, полная незаменимость которых не всегда доказана, называются витаминоподобными веществами. Они выполняют в организме человека разнообразные функции.

*Витамин B<sub>4</sub> (холин)*. Входит в состав фосфолипидов. Участвует в реакциях карбоксилирования-декарбоксилирования, обмена аминокислот, липидов, углеводов, нуклеиновых кислот. Обладает липотропным действием, т.е. уменьшает накопление жира в печени. Регулирует деятельность нервной системы, участвует в синтезе метионина, адреналина. При недостатке наблюдается поражение печени, кровоизлияния во внутренних органах. Содержится в нерафинированном растительном масле.

*Витамины P (биофлавоноиды)*. Флавоноидами являются: катехин, рутин, гесперидин. Способствуют укреплению стенок кровеносных сосудов, регулируют кровяное 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 плодов цитрусовых.

*Витамин B<sub>8</sub> (инозит)*. Входит в состав миоинозит-фосфатидов. Является структурной частью фитина. Обнаружен во многих пищевых продуктах. Стойкий к кислотам и щелочам, не разрушается на свету.

*Витамин N (липоевая кислота)*. Участвует в регулировании обменных процессов. Входит в состав коферментов окислительного декарбоксилирования  $\alpha$ -оксикислот (например, пировиноградной и  $\alpha$ -кетоглутаровой). Содержится в молоке, мясных продуктах, дрожжах.

*Витамин H<sub>1</sub> (парааминобензойная кислота)*. Является структурным элементом фолиевой кислоты, выполняет роль ускорителя роста микроорганизмов.



*Витамин U (метилметионинсульфоний).* Противоязвенный фактор. Способствует синтезу в тканях организма холина, холинфосфатидов. Содержится в белокочанной капусте, спарже, петрушке, репе, перце, моркови, томатах, луке. При нагревании, длительном хранении разлагается, неустойчив на свету.

*Витамин F (полиненасыщенные жирные кислоты).* Входит в состав фосфатидов, липопротеинов, соединительной ткани и оболочек нервных волокон; влияет на обмен холестерина, стимулируя его окисление и выделение из организма, а также образует с ним эфиры, которые не выпадают из раствора; оказывает нормализующее действие на стенки кровеносных сосудов; участвует в обмене витаминов группы В (пиридоксина и тиамина); стимулирует защитные механизмы организма (повышает устойчивость к инфекционным заболеваниям и действию радиации и т. д.).

## 5.6 Витаминизация пищи

Недостаточное поступление витаминов с пищей приводит к дефициту их в организме и развитию болезни витаминной недостаточности. Различают две



степени витаминной недостаточности: авитаминоз и гиповитаминоз. При авитаминозе наблюдается глубокий и длительный дефицит витамина и развиваются заболевания, связанные с витаминной недостаточностью (цинга, рахит, дерматозы). При гиповитаминозе наблюдается умеренный дефицит витамина, проявления дефицита витамина стерты, неспецифичны (потеря аппетита, быстрая утомляемость, раздражительность,

кровоточивость десен). Наряду с дефицитом одного из витаминов, могут наблюдаться полигиповитаминозы и полиавитаминозы, при которых организм

испытывает недостаток сразу в нескольких витаминах. Чаще всего гиповитаминозы и авитаминозы возникают при недостаточном поступлении витаминов с пищей. 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. Дефицит особенно обостряется в зимний и весенний периоды времени.

Наиболее эффективный способ витаминной профилактики – обогащение витаминами продуктов питания, пользующихся массовым спросом. В настоящее время наряду с витаминизацией осуществляют минерализацию продуктов, внося одновременно с витаминами дефицитные минеральные вещества, например, йод, цинк, кальций, фтор. При витаминизации продуктов питания повышается их качество, сокращаются расходы на медицинское лечение потребителей, расширяется круг лиц, постоянно потребляющих дефицитные витамины, восполняются потери витаминов, происходящие при технологической переработке продовольственного сырья. Витаминизации и минерализации можно подвергать практически все продукты питания, как жидкие (например, безалкогольные напитки), так и твердые (например, хлебобулочные изделия).

Основные продукты питания, обогащенные витаминами:

- мука и хлебобулочные изделия (витамины группы В);
- продукты детского питания (все витамины);
- напитки и соки (все витамины кроме А, D);
- молочные продукты (витамины А, D, Е, С);
- маргарин, майонез (витамины А, D, Е).

### **Контрольные вопросы**

1. Какие органические вещества называются витаминами?
2. Перечислите требования, предъявляемые к витаминам.
3. Что такое гиповитаминоз?
4. Что такое гипервитаминоз?

5. Что такое авитаминоз?
6. Назовите единицу измерения содержания витаминов.
7. На какие классы подразделяются витамины?
8. Перечислите водорастворимые витамины.
9. Назовите физиологические функции аскорбиновой кислоты.
10. Назовите физиологические функции тиаминa.
11. Назовите физиологические функции рибофлавина.
12. Перечислите физиологические функции пантотеновой кислоты.
13. Назовите физиологические функции пиридоксина.
14. Назовите физиологические функции фолиевой кислоты.
15. Перечислите физиологические функции цианокобаламина.
16. Назовите физиологические функции ниацина.
17. Назовите физиологические функции биотина.
18. Перечислите жирорастворимые витамины.
19. Назовите физиологические функции ретинола.
20. Назовите физиологические функции токоферола.
21. Перечислите физиологические функции кальциферола.
22. Назовите физиологические функции филлохинона.
23. Перечислите витаминоподобные соединения. Назовите их физиологические функции.
24. Сформулируйте цель проведения витаминизации пищи.

## 6 Минеральные вещества

### 6.1 Общая характеристика и классификация минеральных веществ

Минеральные вещества являются микронутриентами и играют важную роль в жизнедеятельности организма человека. Они входят в состав опорных тканей (кальций, фосфор, магний, фтор); принимают участие в кроветворении (железо, кобальт, фосфор, медь, марганец, никель); влияют на водный обмен (натрий, калий), определяют осмотическое давление плазмы крови (натрий, калий, кальций), являются составными частями ряда гормонов, витаминов, ферментов. Общее содержание минеральных веществ составляет 3-5 % массы тела человека. Общая масса всех минеральных веществ в организме человека в среднем составляет 3 кг, из них на долю кальция приходится около 1 кг.

Так как минеральные вещества не синтезируются организмом (т.е. являются незаменимыми или эссенциальными), они должны поступать в необходимом количестве с пищей ежедневно

В зависимости от содержания (массовой доли) в организме и потребности человека в минеральных веществах их разделяют на три класса (рисунок 30).

Если массовая доля элемента в организме превышает  $10^{-2}$  %, его относят к *макроэлементам*.

Если массовая доля элемента в организме составляет  $10^{-2}$ - $10^{-5}$  %, его считают *микроэлементом*.

Микроэлементы делят на две группы:

- абсолютно или жизненно необходимые – при их отсутствии или недостатке нарушается нормальная жизнедеятельность организма человека;

- вероятно или условно необходимые – жизненная необходимость не доказана безусловно.

Причем деление на жизненно необходимые и вероятно необходимые микроэлементы достаточно условно. Иногда происходит перемещение микроэлементов из одной группы в другую. Например, в настоящее время очень

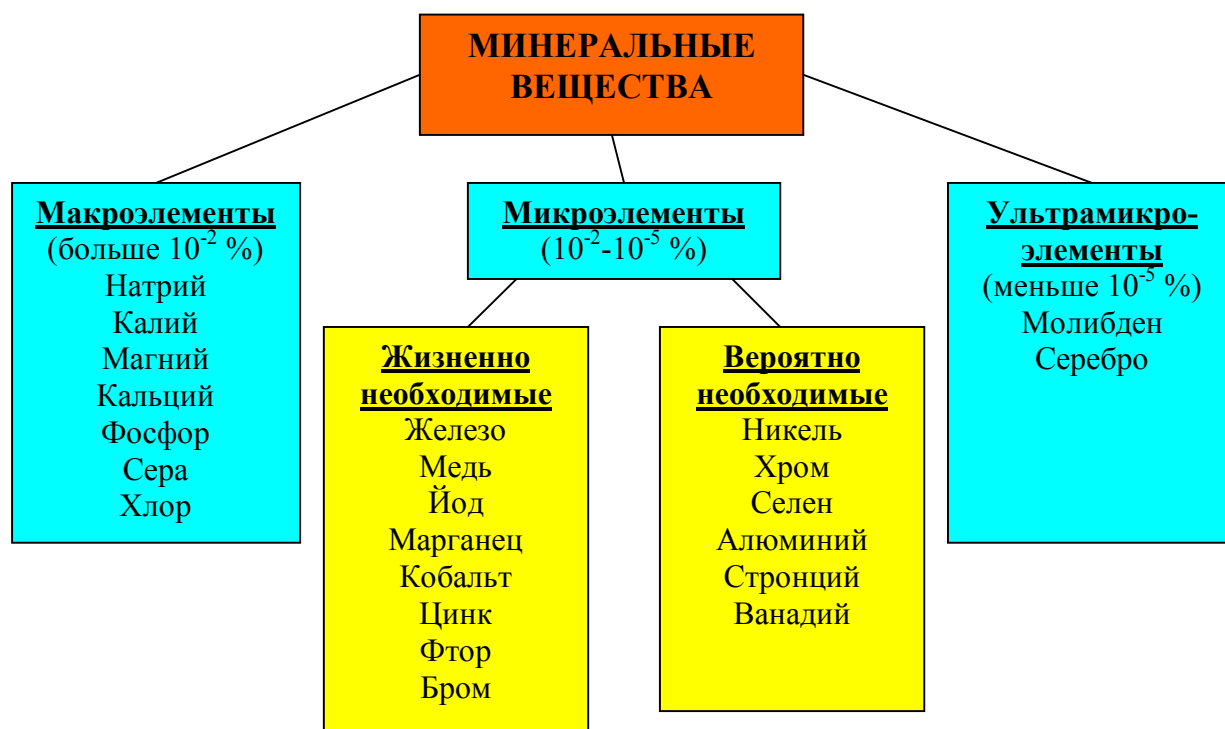


Рисунок 30 – Классификация минеральных веществ

много внимания ученые уделяют селену, обосновывают его активное влияние на процессы жизнедеятельности. Не исключено, что через некоторое время он переместится из группы вероятно необходимых микроэлементов в группу абсолютно необходимых.

Если массовая доля элемента в организме меньше  $10^{-5}$  %, он является *ультрамикроэлементом*.

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 5 приведены симптомы отклонений в организме человека при дефиците минеральных веществ.

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

Таблица 5 – Симптомы отклонений в организме человека при дефиците минеральных веществ

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

Суточная потребность человека в важнейших микро- и макроэлементах представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Суточная потребность человека в минеральных веществах

Минеральные вещества	Суточная потребность, мг/сут
Кальций	800
Фосфор	1200
Магний	400
Натрий	2000
Калий	3000
Хлор	1000
Сера	1000
Железо	14
Медь	2
Йод	0,1
Марганец	5
Кобальт	0,1
Цинк	20
Фтор	1
Молибден	0,2
Хром	0,15
Селен	0,07

## 6.2 Макроэлементы

*Натрий.* Влияет на буферность крови, играет важную роль в поддержании осмотического давления внеклеточной жидкости, участвует в водном обмене (удерживает влагу в организме), поддерживает оптимальное значение рН крови. Улучшает работу мышц, быстро усваивается из пищи. В организм поступает в основном за счет поваренной соли. В молоке содержится 50 мг/100 г продукта, в мясе и рыбе – 70 мг/100 г продукта.

*Калий.* Участвует в передаче нервных импульсов, участвует в водном обмене (способствует выведению влаги), улучшает работу мышц. Легко усваивается организмом из пищи. Содержится в картофеле – 570 мг/100 г продукта, сухофруктах – 1000 мг/100 г продукта, бобовых культурах – 800 мг/100 г продукта, крупах – 200-300 мг/100 г продукта.

*Магний.* Участвует в процессах углеводного, белкового, фосфорного обменов, входит в состав ряда ферментов, участвующих в гликолитическом расщеплении глюкозы, регулирует уровень фосфора в крови. Участвует в нормализации возбудимости нервной системы, стимулирует деятельность кишечника, снижает риск развития атеросклероза. Широко распространен в растительных продуктах. Главным источником в пище являются: зерновые продукты – 80 мг/100 г продукта, бобовые культуры – 100 мг/100 г продукта. Овощи и фрукты, мясо, яйца, рыба, молочные продукты сравнительно им бедны – 10-30 мг/100 г продукта.

*Кальций.* Содержится в организме человека в большем количестве, чем другие минеральные вещества. Основная масса его находится в костях, зубах. Является наиболее трудноусвояемым элементом. Его усвоению способствует высокое содержание в пище белков и лактозы. Существенное влияние на всасываемость оказывает соотношение его с фосфором и магнием в пищевых продуктах. Оптимальное соотношение  $Ca : P = 1 : 1,5$ ;  $Ca : Mg = 1 : 0,5$ . Следствием несоответствия количества кальция и фосфора в рационе человека является разжижение костной ткани, кариес зубов. Главным источником в пище является

молоко – 120 мг/100 г продукта и молочные продукты – до 1000 мг/100 г продукта, зерновые продукты – 30 мг/100 г продукта.

*Фосфор.* Усваивается значительно легче, чем кальций. Важным является соотношение между количеством фосфора и кальция. 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: нуклеопротеидов, фосфопротеидов, фосфолипидов. Главным источником являются молоко – 90 мг/100 г продукта и молочные продукты – до 500 мг/100 г продукта, мясо – 180 мг/100 г продукта, рыба – 250 мг/100 г продукта, зерновые продукты – 200 мг/100 г продукта.

*Сера.* Находится в организме в виде неорганических сульфатов и органических соединений –серосодержащих аминокислот, сульфоллипидов и др. Является важным структурным компонентом некоторых витаминов: тиамина, биотина, липоевой кислоты, входит в состав гормонов, ферментов. Участвует в белковом обмене, в тканевом дыхании и энергетическом обмене, способствует выведению из организма токсических веществ. Оказывает антиоксидантное действие, совместно с цинком и кремнием определяет состояние волос и кожи. Основными источниками являются продукты животного происхождения. Сыр содержит серы 260 мг/100 г продукта, яйца – 200 мг/100 г продукта, мясо и рыба – 220 мг/100 г продукта, бобовые культуры – 220 мг/100 г продукта.

*Хлор.* Анионы хлора играют важную роль в поддержании осмотического давления внеклеточной жидкости, участвуют в поддержании рН крови. Важную роль играет в пищеварении, в виде соляной кислоты он обеспечивает необходимую кислую среду в желудке для активации пищеварительных ферментов, например пепсина. Содержание в пищевых продуктах незначительно. Потребность в нем удовлетворяется за счет поваренной соли. В овощах, молоке, мясе содержится 50-150 мг/100 г продукта.



### 6.3 Микроэлементы

*Железо.* Входит в состав гемоглобина, окислительных ферментов и обеспечивает перенос кислорода, тканевое дыхание. Недостаточность в организме проявляется анемией. Основными источниками в организме являются: субпродукты и мясо – 3-5 мг/100 г продукта, зерновые продукты – 4 мг/100 г продукта, бобовые культуры – 9 мг/100 г продукта.

*Медь.* Совместно с железом участвует в процессах кроветворения и тканевого дыхания, входит в состав окислительно-восстановительных ферментов, участвует в синтезе гемоглобина, эритроцитов, ускоряет усвоение железа, стимулирует действие гормонов. Содержится в говяжьей печени 2 мг/100 г продукта, в рыбе – 0,6 мг/100 г продукта.

*Йод.* Основное физиологическое значение – участие в образовании гормона щитовидной железы – тироксина. Основным источником являются морепродукты: морская капуста, рыба – 50 мкг/100 г продукта, рыбий жир – 770 мкг/100 г продукта. В мясе содержится 10 мкг/100 г продукта, в овощах – 10 мкг/100 г продукта. Обогащение продуктов питания йодом необходимо для профилактики заболеваний гипертонической и зубной болезней, атеросклероза.

*Марганец.* Основное биологическое значение заключается в его активном участии в окислительно-восстановительных реакциях, он активизирует некоторые ферменты, участвует в образовании костной и соединительной ткани. Стимулирует процессы роста, усиливает действие инсулина, вместе с железом и медью участвует в кроветворении. Основные источники – растительные продукты: зерновые продукты и бобовые культуры – 400-1000 мкг/100 г продукта, зеленые культуры, свекла – 200 мкг/100 г продукта.

*Кобальт.* Является составной частью цианокобаламина (витамин В<sub>12</sub>). Стимулирует процессы кроветворения, активизируя образование гемоглобина и эритроцитов, оказывает влияние на обмен веществ. Источником в пищевых продуктах являются продукты, богатые цианокобаламином: печень, бобовые культуры, ягоды, свекла.

*Цинк.* Участвует 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 его в среднем 1-10 мг/100 г продукта, наиболее богаты зерновые культуры – 4 мг/100 г продукта, бобовые культуры – 3 мг/100 г продукта, мясо – 3 мг/100 г продукта, печень – 5 мг/100 г продукта, яичный желток – 9 мг/100 г продукта.

*Фтор.* Играет важную роль в формировании зубной эмали, в образовании костей, нормализует фосфорно-кальциевый обмен. Поступление 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 в продуктах составляет 0,02-0,05 мг/100 г продукта, больше его находится в морепродуктах, в рыбе – 500 мкг/100 г продукта. 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. Содержится в морепродуктах – 5-10 мкг/100 г продукта, в субпродуктах, в овощах и фруктах содержится 5-10 мкг/100 г продукта, в зерновых культурах – 30-80 мкг/100 г продукта.

*Хром.* Участвует в основном в обмене углеводов, липидов и аминокислот. Он является глюкозо-толерантным фактором, т.к. он облегчает усвоение глюкозы. Имеет важное значение в профилактике легких форм диабета, атеросклероза. Пищевым источником хрома является печень – 10-80 мкг/100 г продукта, 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. Повышает антиокислительную активность токоферола. При недостатке особенно страдает сердечно-сосудистая система, это проявляется развитием атеросклероза и слабостью сердечной мышцы.

Активизирует иммунную систему, является детоксикантом. Пищевым источником являются зерновые продукты – 200 мкг/100 г продукта.

#### **6.4 Значение минеральных веществ для организма человека**

Роль минеральных веществ в организме человека разнообразна. Минеральные вещества содержатся в протоплазме и биологических жидкостях, играют основную роль в обеспечении постоянства осмотического давления, что является необходимым условием для нормальной жизнедеятельности клеток и тканей. Они входят в состав сложных органических соединений (гемоглобина, гормонов, ферментов), являются пластическим материалом для построения костной и зубной ткани. В виде ионов минеральные вещества участвуют в передаче нервных импульсов, обеспечивают свертывание крови и другие физиологические процессы организма.

Распределение минеральных веществ в организме человека зависит от химических свойств. Многие элементы действуют на человека косвенно, т.е. 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 микроэлементы (молибден, медь марганец) принимают участие в активности репродуктивной функции, а их недостаток в организме отрицательно влияет на человека.

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, связанные с определенными физическими нагрузками или условиями труда;

- нарушение процесса усвоения минеральных веществ.

Наиболее эффективный способ профилактики дефицита минеральных веществ – обогащение микро- и макроэлементами продуктов питания, пользующихся массовым спросом. Не редко наряду с минерализацией осуществляют витаминизацию продуктов, внося одновременно с минеральными веществами дефицитные витамины. При минерализации продуктов питания повышается их качество, сокращаются расходы на медицинское лечение, расширяется круг лиц, постоянно потребляющих дефицитные минеральные вещества, восполняются потери минеральных веществ, происходящие при технологической переработке продовольственного сырья. Минерализации и витаминизации можно подвергать практически все продукты питания, начиная с безалкогольных напитков, и заканчивая хлебобулочными изделиями.

### **Контрольные вопросы**

1. Чему равно общее содержание минеральных веществ в организме человека?
2. Какое минеральное вещество преобладает в организме человека? Почему?
3. На какие классы подразделяются минеральные вещества? Что лежит в основе их классификации?
4. На какие группы подразделяются микроэлементы? Что лежит в основе их классификации?
5. Перечислите минеральные вещества, которые относят к макроэлементам.
6. Перечислите минеральные вещества, которые относят к микроэлементам.
7. Перечислите минеральные вещества, которые относят к ультрамикроэлементам.
8. Назовите наиболее дефицитные минеральные вещества.

9. Назовите минеральные вещества, поступающие в организм в избыточном количестве.
10. Сформулируйте физиологические функции кальция.
11. Назовите физиологические функции калия.
12. Назовите физиологические функции натрия.
13. Назовите физиологические функции магния.
14. Перечислите физиологические функции фосфора.
15. Назовите физиологические функции хлора.
16. Назовите физиологические функции серы.
17. Перечислите физиологические функции железа.
18. Назовите физиологические функции йода.
19. Сформулируйте физиологические функции фтора.
20. Перечислите физиологические функции марганца.
21. Назовите физиологические функции кобальта.
22. Назовите физиологические функции цинка.
23. Перечислите физиологические функции никеля.
24. Сформулируйте физиологические функции хрома.
25. Назовите физиологические функции селена.
26. В чем заключаются причины нарушения обмена минеральных веществ?
27. Сформулируйте цель проведения минерализации пищи.

## 7 Ферменты. Ферментные препараты

### 7.1 Классификация ферментов

**Ферменты** – биокатализаторы белковой природы. Действуя в строго определенной последовательности, они катализируют сотни многостадийных реакций, в ходе которых расщепляются молекулы питательных веществ, запасается и преобразуется химическая энергия и из простых молекул строятся макромолекулы, входящие в состав клетки. С помощью ферментов обеспечивается равновесие между различными метаболическими процессами, необходимыми для поддержания жизнеспособности отдельных клеток и организма в целом.

Свое название ферменты получили от латинского слова «fermentum», что означает «закваска», «перебродивший сахар». Это соответствует первым представлениям о ферментах, которые были получены при изучении брожения. Синоним термина «ферменты» – энзимы – происходит от греческого слова, означающего «закваска», «дрожжи», с помощью которых начали изучать спиртовое брожение.

В настоящее время известно и изучено 2000 различных ферментов, многие из которых успешно применяются в медицине, пищевой технологии, перерабатывающей промышленности, бытовой химии и других отраслях народного хозяйства.

**Классификация по химическому составу.** По химическому составу различают:

- *однокомпонентные ферменты* – простые белки, сходные с глобулинами, которые при гидролизе дают только  $\alpha$ -аминокислоты;

- *двухкомпонентные ферменты* – представляют собой сложные белки и состоят из двух частей апофермента (белковая часть) и кофермента (небелковая составляющая); в качестве кофермента могут выступать витамины, ароматические и алифатические углеводороды, гетероциклические соединения, нуклеотиды, нуклеозиды, металлы и т. д.

**Классификация по типу катализируемых реакций.** В основе классификации лежат три положения:

1. Ферменты делятся на 6 классов по типу катализируемой реакции (рисунок 31).

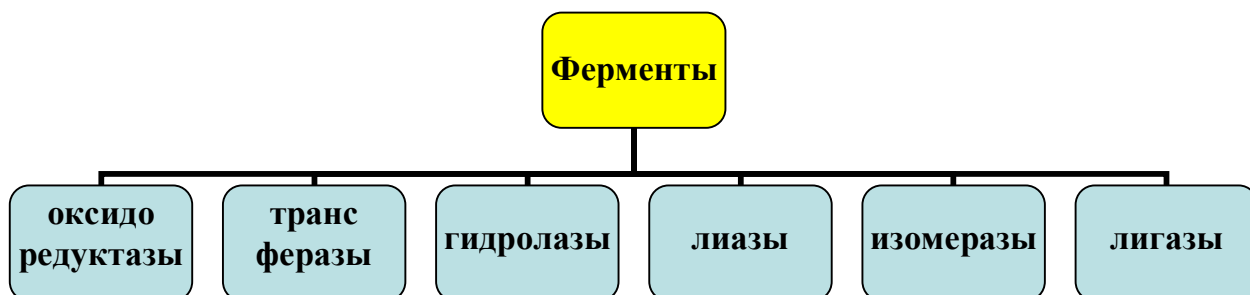


Рисунок 31 – Классификация ферментов

2. Каждый фермент получает систематическое название, включающее название субстрата, на который он действует, тип катализируемой реакции и окончание «-аза». Некоторые ферменты сохранили исторически сложившиеся названия.

3. Каждому ферменту присвоен четырехзначный шифр (код). Первое число указывает на класс фермента, второе – на подкласс, третье – на подподкласс, четвертое – на порядковый номер фермента в подподклассе.

Например,  $\alpha$ -амилаза (Н.Ф.3.2.1.1):

- первая цифра 3 – класс гидролаз,
- вторая цифра 2 – подкласс гликозидаз,
- третья цифра 1 – подкласс полиаз,
- четвертая цифра 1 - порядковый номер фермента  $\alpha$ -амилаза.

Следовательно,  $\alpha$ -амилаза ускоряет гидролиз (первая цифра 3) гликозидной связи (вторая цифра 2) в полисахаридах (третья цифра 1).

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

**2 класс – трансферазы** – ферменты, катализирующие перенос атомных группировок от одного соединения к другому, т.е. межмолекулярный перенос (остатков моносахаридов, аминокислот, фосфорной кислоты, метильные группировки и т.д.); примером служит метилтрансфераза;

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

Класс гидролаз весьма обширен, и его подразделяют на ряд подгрупп (рисунок 32).

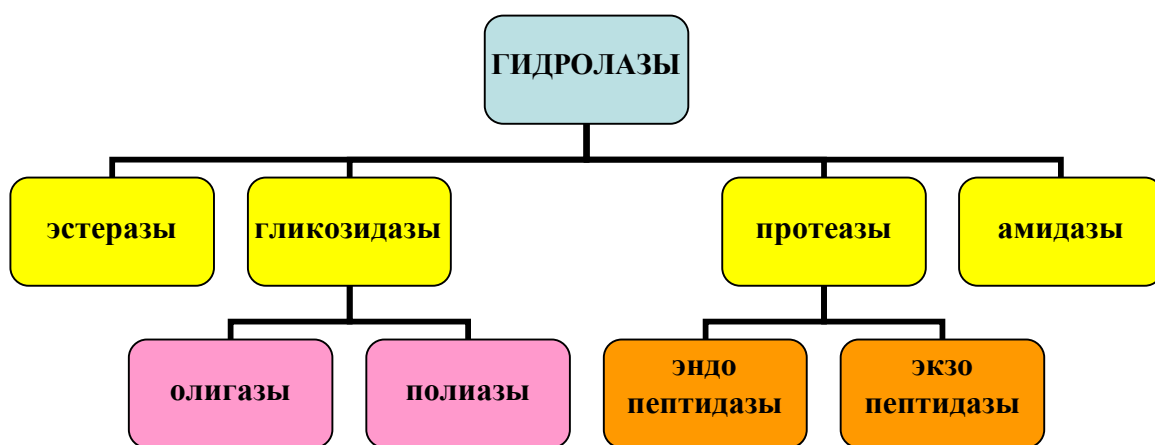
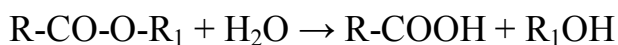
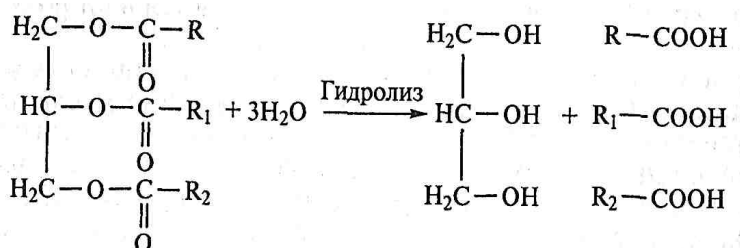


Рисунок 32 – Классификация гидролаз

**Эстеразы** – ферменты, катализирующие реакции расщепления и синтеза сложной эфирной связи в соответствии с уравнением:

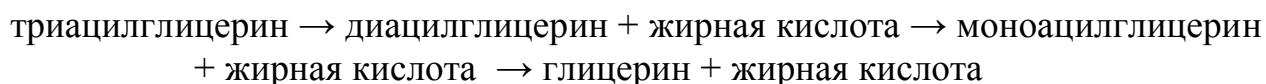


Среди эстераз прежде всего необходимо отметить липазы – ферменты, катализирующие гидролитическое расщепление и синтез жиров в соответствии с суммарным уравнением:

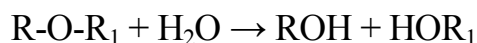




По стадийный гидролиз ацилглицерина под действием липазы можно представить в виде схемы:



*Гликозидазы* – ферменты, катализирующие реакции расщепления и синтеза гликозидной связи в соответствии с уравнением:

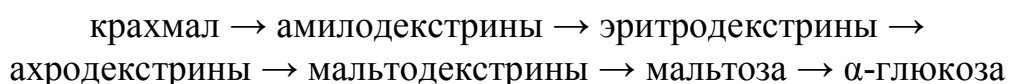


Гликозидазы разделяют на олигазы и полиазы.

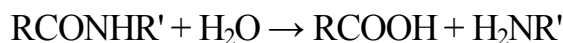
Олигазы – ферменты, расщепляющие гликозидную связь в гликозидах и олигосахаридах. Например, гидролиз сахарозы ускоряет  $\beta$ -фруктофуранозидаза (сахараза).

Полиазы катализируют реакции гидролиза полисахаридов. Примером полиаз являются ферменты, под действием которых происходит гидролиз крахмала с образованием декстринов и мальтозы. В настоящее время установлено наличие трех амилаз:  $\alpha$ -амилазы,  $\beta$ -амилазы и глюкоамилазы; различаются они по свойствам, способу действия на крахмал. Фермент  $\alpha$ -амилаза гидролизует крахмал действуя хаотично, разрывает 1,4-гликозидную связь с образованием декстринов и небольшого количества мальтозы. Фермент  $\beta$ -амилаза гидролизует крахмал действуя с нередуцирующего конца цепочки, разрывает 1,4-гликозидную 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-гликозидную связь, в местах разветвления амилопектина действие глюкоамилазы прекращается и остается небольшое количество непрогидролизированных декстринов.

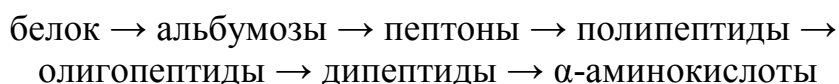
Гидролиз крахмала под действием комплекса амилаз можно представить в виде схемы:



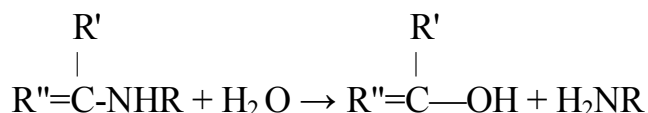
*Протеазы* – ферменты, катализирующие реакции расщепления и синтеза пептидной связи в соответствии с уравнением:



Протеазы разделяют на эндопептидазы и экзопептидазы. Эндопептидазы катализируют расщепление внутренних пептидных связей, а экзопептидазы – внешних. Гидролиз белка под действием эндо- и экзопептидаз можно представить в виде схемы:



*Амидазы* – ферменты, катализирующие следующую реакцию:



**4 класс – лиазы** – ферменты, катализирующие реакции негидролитического отщепления атомов и групп атомов от субстрата с образованием кратной связи (отщепление воды, углекислого газа, аммиака) или присоединение группировок по месту разрыва кратных связей; примером служит фумарат-гидратаза;

**5 класс – изомеразы** – ферменты, катализирующие реакции изомеризации, т.е. перенос химических группировок внутри молекулы; примером служит рибозофосфат-изомераза;

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

При переработке пищевого сырья чаще всего приходится иметь дело с ферментами 1 класса – оксидоредуктазами, такими как каталаза, пероксидаза, липоксигеназа; и с ферментами 3 класса – гидролазами, такими как липазы (ферменты гидролизующие липиды), амилазы (ферменты гидролизующие крахмал) дисахаридазы (ферменты, гидролизующие дисахариды), протеазы (ферменты, гидролизующие белок).

## 7.2 Классификация ферментных препаратов

В пищевой промышленности активно применяют ферментные препараты. Отличие ферментного препарата от фермента заключается в том, что ферментный препарат включает в себя несколько ферментов, что значительно расширяет область его применения и дает больше возможностей технологу. Применение ферментных препаратов позволяет интенсифицировать технологические процессы, улучшать качество готовой продукции, увеличивать ее выход, экономить ценное пищевое сырье, так как их применение позволяет ускорять одновременно несколько процессов.

По происхождению их можно разделить на три группы (рисунок 33).



Рисунок 33 – Классификация ферментных препаратов

*Ферментные препараты растительного происхождения* представлены солодом и препаратами на основе солода. Солод – это искусственно пророщенное зерно, при определенных температуре и влажности. В процессе прорастания в зерновке активизируются ферментные системы, находящиеся до этого в зимогенном (неактивном) состоянии. Эти изменения создают в солодовом зерне мощную ферментную систему, содержащую ферменты разного действия, в основном гидролазы. При изготовлении солодовых препаратов с помощью растворителей, чаще воды, извлекают ферментные комплексы из солода, вытяжки сгущают и получают солодовые экстракты и сиропы. Препараты на основе солода обладают более ярко выраженной ферментативной активностью по сравнению с солодом.

**Ферментные препараты животного происхождения** выделяют из отделов желудочно-кишечного тракта животных. По сути – это пищеварительные ферменты.

Вырабатывают свиной пепсин, сычужный фермент.

Пепсин в чистом виде это фермент, выделяемый в желудках млекопитающих, который сворачивает молоко для лучшего его усвоения.

Сычужный фермент от слова «сычуг» (сычужок) – засоленный и высушенный желудок жвачных животных, имеет два активных компонента: химозин и пепсин. Химозин (ренин) – фермент из класса гидролаз, который вырабатывается в желудочных железах жвачных животных (железами сычуга (4-го отдела желудка)). Основным источником природного ренина – желудка молочных телят, ягнят, козлят, возраст которых не более 10 дней. В более позднем возрасте наряду с ренином вырабатывается значительное количество пепсина, который ухудшает свойства сычужного фермента.

Ферментные препараты животного происхождения обладают молокозвертывающим свойством, поэтому применяются, например, в сыроделии. Раньше сыр делали именно с применением кусочков засоленных и высушенных сычужков, которые клали в молоко для его сворачивания. Нужно отметить, что в некоторых местах так делают и до сих пор – например, в горных селениях Кавказа.

**Ферментные препараты микробного происхождения.** В пищевой промышленности широко применяются ферментные препараты, полученные при культивировании 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 микробного происхождения состоит из четырех частей:

1. Название основного фермента.
2. Название микроорганизма-продуцента, т.е. микроорганизма, в процессе жизнедеятельности которого был получен ферментный препарат.

3. Способ культивирования микроорганизма (Г – глубинное, П – поверхностное).

4. Степень очистки – X (2X, 3X, 10X, 15X и т.д.); чем выше цифра или число, тем чище и, следовательно, активнее ферментный препарат.

Например: протосубтилин Г10Х содержит основной фермент – протеазу, продуцентом является бактериальная палочка *Bacillus subtilis*, получен глубинным культивированием, степень очистки 10Х.

### **7.3 Использование ферментов и ферментных препаратов в пищевой промышленности**

В процессах хранения продовольственного сырья, его переработки в продукты питания и при хранении готовых продуктов происходят многочисленные изменения, связанные с действием различных ферментов. Ферменты и ферментные препараты широко применяются в различных отраслях пищевой промышленности.

Гидролизаты желатина используют для приготовления низкокалорийных напитков, где негидролизованный желатин применять нельзя. Процесс гидролиза раствора желатина проводят смесью щелочной и нейтральной протеаз.

Получить хлеб хорошего качества можно только в том случае, когда в процессе тестоведения оптимально сочетаются скорости микробиологических процессов и биохимических превращений. Ферментативный гидролиз белков и углеводов в определенной степени способствует интенсификации этих превращений и положительно сказывается на качестве хлеба. Если раньше в качестве источника ферментов использовали солод, то сейчас все большие масштабы приобретает применение ферментных препаратов микробного происхождения. Основным препаратом, широко внедренным в хлебопекарную промышленность, является амилоризин П10Х.

Крахмалопаточная промышленность вырабатывает большой ассортимент продукции: сухой крахмал, модифицированные крахмалы, декстрины, различные виды крахмальных паток, глюкоза, глюкозо-фруктозные сиропы. Для ведения

технологического процесса используют ферменты и ферментные препараты: глюкозоизомеразу, амилосубтилин Г10Х, глюкавомарин Г20Х, амилоризин П10Х.

Комплексные ферментные препараты, содержащие активные протеазы и  $\alpha$ -амилазу (например, амилоризин П10Х), применяют при производстве мучных кондитерских изделий с целью ускорения процесса брожения и корректировки физических свойств клейковины муки, изменения реологических свойств теста, ускорения его созревания. При производстве галет, крекеров, кексов, целесообразно применение комплексных препаратов с преобладанием протеолитического действия, но содержащих в своем составе и  $\alpha$ -амилазу. Совместное действие этих ферментов обеспечивает дрожжи сбраживаемыми сахарами и низкомолекулярными продуктами гидролиза белка. Часть неиспользованных при брожении сахаров и азотистых веществ вступает в реакцию меланоидинообразования, благодаря чему галеты и крекеры приобретают интенсивную окраску и приятный аромат.

Инвертаза применяется в кондитерской промышленности для производства помадных конфет и жидких фруктовых начинок. Она необходима для того, чтобы получить полумягкую или жидкую консистенцию при высоких концентрациях сахара.

Применение ферментных препаратов при производстве плодово-ягодных соков, вин и безалкогольных напитков используется для повышения выхода сока, осветления и стабилизации соков, безалкогольных напитков и вин, предотвращения окислительных процессов в соках, для инверсии сахарозы при производстве безалкогольных напитков и сиропов. Для достижения этих целей применяют пектолитические, протеолитические, мацерирующие (расщепляющие протопектин, но не снижающие вязкость сока) ферменты, глюкооксидазы, каталазы, инвертазы.

При производстве пива по обычной технологической схеме необходимые ферментные системы содержатся в солоде. Применение ферментных препаратов микробного происхождения (амилоризин ПХ, амилоризин П10Х, амилосубтилин Г10Х, амилосубтилин Г20Х, протосубтилин Г10Х, цитороземин ПХ) позволяет заменить часть солода несоложенным ячменем. Для борьбы с холодным помутнением в пивоваренном производстве используются растительные ферменты – папаин, фицин, бромелин, а также грибные (продуцируемые микроскопическими

грибами рода *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*, *Amylomyces*) и бактериальные (производимые *Bacillus subtilis*) протеазы.

При производстве спирта из зернового сырья для разжижения и осахаривания крахмала активно используют солод и ферментные препараты микробного происхождения с амилолитическим, протеолитическим и цитолитическим действием.

Комплексные ферментные препараты, содержащие эндопептидазы, используются в пищевконцентратной и консервной промышленности при приготовлении концентратов из трудноразвариваемых круп, гороха, фасоли.

Размягчение мяса происходит эффективно под действием эндогенных протеаз, особенно нейтральных протеаз. Проведены исследования и доказана возможность введения фермента в кровеносную систему животных перед забоем, он быстро распространяется по тканям, в результате чего все мясные ткани становятся более мягкими. Для этого процесса можно использовать фермент папаин, который содержится в папайе. Другой способ размягчения тканей с помощью протеаз заключается в инъекционном введении ферментов в тушу после забоя. Процесс протеолиза необходимо тщательно контролировать, чтобы избежать излишнего гидролиза отдельных участков. Для размягчения мяса применяются ферменты из *Bacillus subtilis* и *Aspergillus oryzae*. Ферменты можно вносить следующими способами: посыпая мясо порошком фермента, помещая в ферментный раствор, распыляя раствор фермента на мясо или вводя инъекцию. Размягчение мяса при этом главным образом происходит во время тепловой обработки.

Разработаны процессы отделения мяса от костей с использованием протеазы, а также разделения мясных отходов на высококачественную жировую, растворимую белковую, нерастворимую белковую и костную фракции.

Ферменты применяются также в рыбоперерабатывающей, промышленности для переработки несъедобной рыбы или рыбных отходов в рыбий жир, рыбные растворы. Удаляют рыбный запах и вкус из рыбных белков путем обработки их протеолитическими ферментами.

Большинство ферментов животного происхождения, например, поджелудочные эстеразы, используются в производстве молочных продуктов;

доказана возможность применения микробных липаз в этих целях. Так, липазой из *Mucor miehei* заменяют животную поджелудочную эстеразу, вызывающую образование специфического букета в твердых итальянских сырах. Грибные липазы ускоряют созревание сыра чеддер и улучшают образование букета и окраски сыров. Развитие запаха в некоторых молочных продуктах значительно зависит от действия ферментов на молочный жир, а липолитические ферменты используются для повышенного образования запаха сыров и масла при их приготовлении на хлопковом масле и порошковом цельном молоке.

### **Контрольные вопросы**

1. Каковы функции ферментов?
2. Какова современная классификация ферментов?
3. Какой отличительный признак лежит в основе классификации ферментов?
4. Какие реакции ускоряют ферменты класса оксидоредуктаз?
5. Катализаторами каких реакций являются трансферазы?
6. Какие реакции ускоряют ферменты класса гидролаз?
7. Какие ферменты ускоряют процессы расщепления и синтеза сложноэфирной связи?
8. Перечислите промежуточные продукты гидролиза ацилглицеринов под действием липазы.
9. Какие реакции ускоряют гликозидазы?
10. На какие группы делятся гликозидазы? Приведите примеры ферментов этих групп.
11. Перечислите промежуточные продукты гидролиза крахмала.
12. Какие ферменты ускоряют процессы расщепления и синтеза пептидной связи?
13. Ускорителями каких реакций являются лиазы?
14. Какие реакции ускоряют ферменты класса изомераз?
15. Катализаторами каких реакций являются лигазы?
16. Что такое ферментные препараты, и каково их отличие от ферментов?



17. На какие группы делятся ферментные препараты по происхождению?

18. Приведите примеры ферментных препаратов растительного происхождения.

19. Расскажите о ферментных препаратах животного происхождения. Приведите примеры.

20. Приведите примеры ферментных препаратов микробного происхождения.

21. Расскажите о правилах номенклатуры микробных ферментных препаратов.

22. Расскажите о применении ферментов и ферментных препаратов в хлебопекарной промышленности.

23. Какие ферментные препараты используются при производстве мучных кондитерских изделий?

24. Расскажите о применении ферментов и ферментных препаратов при изготовлении безалкогольных напитков, пива, спирта.

25. Какие ферменты и ферментные препараты используются при переработке мяса?

26. Для каких целей применяют ферменты и ферментные препараты при переработке молока?

## 8 Вода

### 8.1 Свободная и связанная влага

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. 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.

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. 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.

*Химически связанная влага* входит в состав сухих веществ, например, в зерне это вода кристаллогидратов полисахаридов. 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.

*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. Механически связанная влага удерживается пектином, крахмалом, белком 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.

## **8.2 Активность воды**

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

Для описания свойств в пищевых продуктах используется термин «активность воды». Активность воды представляет собой ту часть общего количества содержащейся в продукте воды, которая не связана растворенными в ней веществами. Эта часть влаги, которую можно также обозначить как химически несвязанную влагу пищевого продукта, оказывает прямое воздействие на способность микроорганизмов к размножению, на их обмен веществ, а также на сопротивляемость их, например, к тепловому воздействию или облучению.

*Активность воды* определяет способность воды к улетучиванию с поверхности влажного продукта относительно способности к улетучиванию воды с поверхности чистой (дистиллированной) воды при той же температуре. И над

поверхностью продукта, и над поверхностью воды создаются давления паров воды. Отношение этих давлений и есть показатель активности воды (формула 2).

$$a_w = \frac{P_w}{P_0}, \quad (2)$$

где  $a_w$  – активность воды;

$P_w$  – давление паров воды над поверхностью продукта, Па;

$P_0$  – давление пара чистого растворителя (дистиллированной воды) над водой при той же температуре, Па.

Дистиллированная вода имеет  $a_w = 1$ , а совершенно обезвоженное вещество  $a_w = 0$ . Активность воды в пищевых продуктах представлена в таблице 7.

Таблица 7 – Активность воды в пищевых продуктах

Продукты	Влажность, %	Активность воды
Фрукты	90-95	0,97
Яйца	70-80	0,97
Мясо	60-70	0,97
Сыр	40	0,96
Джем	30-35	0,82-0,94
Хлеб	40-50	0,95
Кекс	20-28	0,83
Мука	16-19	0,80
Мед	10-15	0,75
Карамель	7-8	0,65
Печенье	6-9	0,60
Шоколад	5-7	0,40
Сахар	0-0,15	0,10

### **8.3 Активность воды и критический предел активности воды для развития микроорганизмов**

В зависимости от отношения микроорганизмов к воде (по показателю активность воды) они делятся на три группы (рисунок 34).



Рисунок 34 – Классификация микроорганизмов по активности воды

*Гидрофилы* – влаголюбивые микроорганизмы – (в основном бактериальная микрофлора) – 1,00-0,92.

*Мезофилы* – средневлаголюбивые микроорганизмы – (по большей мере различные расы дрожжей) – 0,88-0,85.

*Ксерофилы* – сухолюбивые микроорганизмы – (микроскопические грибы) – 0,70-0,65.

Анализ значений активности воды позволяет сделать вывод, что если активность воды больше 0,65, то возможно развитие микрофлоры.

#### **8.4 Активность воды и стабильность пищевых продуктов**

Многие продукты питания 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 увеличению сроков хранения продуктов.

По активности воды все пищевые продукты делятся на три группы (рисунок 35):

- продукты с активной влажностью (мясо, сыр, фрукты) – 1,0-0,9;
- продукты с промежуточной влажностью (мука, мед, кексы) – 0,9-0,6;
- продукты с низкой влажностью (кофе, сахар) – 0,6-0,0.

Величина активности воды в продуктах с высокой и промежуточной влажностью выше 0,65, следовательно, в этих продуктах возможно развитие

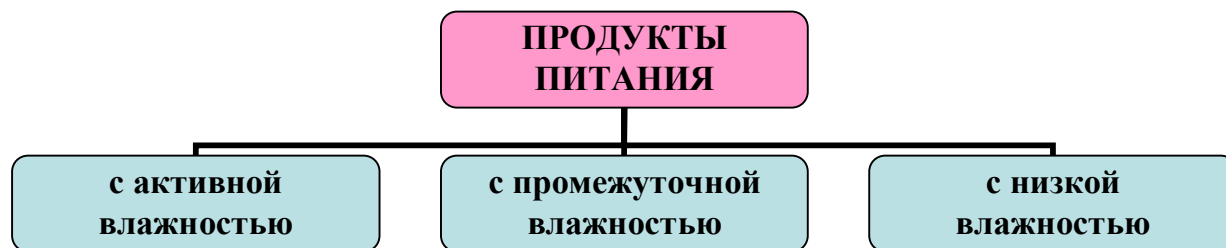


Рисунок 35 – Классификация продуктов питания по активности воды

микроорганизмов, а значит и микробиологическая порча. Но это не единственная причина нестабильности продуктов питания при хранении.

Перечислим виды порчи продуктов питания с разной активностью воды.

1. Продукты с высокой активностью воды подвергаются, в основном, микробиологической порче, ей принадлежит решающая роль.

2. Продукты с промежуточной активностью воды:

- микробиологическая порча;

- ферментативная порча – порча, вызванная активностью ферментных систем (например, гидролиз липидов под действием липазы сопровождается накоплением свободных жирных кислот, что является прокисанием жиров);

- неферментативное потемнение – реакция меланоидинообразования, в ходе которой образуются пигменты коричневого цвета – меланоидины.

3. Продукты с низкой активностью воды:

- ферментативная порча – порча, вызванная активностью ферментных систем (например, окисление липидов под действием липоксигеназы сопровождается накоплением первичных (перекиси и гидроперекиси) и вторичных (альдегиды, кетоны, спирты, карбоновые кислоты) продуктов окисления, т.е. наблюдается прогоркание жира);

- неферментативное потемнение – в ходе реакции меланоидинообразования, для осуществления которой не нужна влага, накапливаются пигменты коричневого цвета – меланоидины;

- окисление жиров – процесс протекает в присутствии кислорода, причем на скорость окисления липидов оказывает влияние присутствие металлов переменной

валентности (свинец, медь, железо, марганец, кобальт), ионов водорода, повышенная температура, наличие света;

- потеря водорастворимых веществ – получение продуктов с низкой активностью воду связано с удалением влаги из продукта, что ведет к снижению содержания водорастворимых веществ, например, водорастворимых витаминов.

## **8.5 Значение воды для жизнедеятельности организма человека**

Современное представление о роли воды в питании связано, прежде всего, с ее большим значением как очистительного средства для организма. Поэтому качеству воды следует придавать особое значение. Источники и пищевые формы воды разнообразны, включая природные, т.е. не прошедшие дополнительную обработку, и обработанные различными методами. Напитки выступают мощным фактором в питании и оздоровлении организма. Они быстро попадают в желудок и быстро усваиваются в кишечнике.

Вода не является питательным веществом, но жизненно необходима как стабилизатор температуры тела, переносчик нутриентов и отходов образующихся при переваривании пищи, реагент и реакционная среда в ряде химических превращений.

В организме взрослого человека с массой тела 65 кг содержится в среднем 40 л воды, из них около 25 л находятся внутри клеток, а 15 л – в составе внеклеточных жидкостей организма. С возрастом количество воды постепенно уменьшается: в теле трехмесячного плода 95 % воды, пятимесячного – 86 %, новорожденного ребенка – 70 %, взрослого – 55-65 %. По мере старения человека количество воды в теле продолжает снижаться. Считается, что одной из причин старения организма является понижение способности некоторых веществ организма, особенно белков (коллоидных), связывать воду.

Вода служит средой и обязательным участником реакций и процессов, обеспечивающих поддержание жизни человека. Потеря организмом более 10 % воды является угрожающей для организма. Потребность взрослого человека в воде составляет около 40 мл на 1 кг массы тела в сутки, у детей грудного возраста она значительно выше и

достигает 120-150 мл на 1 кг массы тела в сутки. Средняя потребность взрослого человека в воде составляет 2,5 л в сутки. Удовлетворяется эта потребность из трех источников:

1. Свободная жидкость (суп, чай, компот и др.) – 1-1,5 л.
2. Вода, содержащаяся в продуктах питания – 1-1,5 л.
3. *Эндогенная вода* – вода, образующаяся в организме человека при окислении макронутриентов (белков, жиров, углеводов) – 300-400 мл.

Например, при окислении углеводов выделяется вода:



Количество генерируемой организмом человека воды представлено в таблице 8.

Таблица 8 – Количество воды, образуемой в организме в ходе обмена веществ

Название макронутриента	Количество эндогенной воды, г/100 г макронутриента
Жиры	107
Углеводы	55
Белки	41

Количества потребляемой и выводимой из организма воды примерно равны. Потери воды могут возрасти при некоторых отклонениях в состоянии здоровья: рвоте, лихорадке, у больных после операции, при обширных ожогах.

Негативно влияет на организм не только дефицит воды, но и ее избыточное поступление. Чрезмерное потребление создает повышенные нагрузки на сердце и почки, из организма вместе с водой выводятся растворенные в ней минеральные вещества и витамины. При недостаточном потреблении воды уменьшается выведение из организма токсичных веществ. Хлорид натрия (поваренная соль) способствует задержке воды в организме, а соли калия и кальция способствуют, наоборот, выведению воды. Потеря организмом большого количества жидкости сопровождается сгущением крови, что ведет к возникновению чувства жажды.



## 8.6 Требования к воде, используемой в пищевых целях

Вода на пищевых предприятиях используется для технологических, хозяйственных и теплотехнических целей. В технологии вода может являться сырьем, входящим в состав готового продукта, растворителем некоторых видов сырья, средой для выполнения производственных операций.

Вода оказывает огромное влияние на органолептические свойства продукции пищевой промышленности. Используемая в производстве вода должна быть чистой, прозрачной, бесцветной, не иметь посторонних вкуса и запаха.

Качественные показатели воды, пригодной для использования в пищевой промышленности, регламентируются СанПиН 2.1.4.1074-01 "Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества" и СанПиН 2.1.4.1116-02 "Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды расфасованной в емкости. Контроль качества" (таблица 9).

Воду, содержащую взвеси или не соответствующую санитарным требованиям, очищают и обезвреживают.

### Контрольные вопросы

1. Что такое свободная и связанная влага?
2. Что такое активность воды?
3. Какую влагу количественно характеризует показатель «активность воды»?
4. Активность воды какого продукта равна единице?
5. На какие группы по активности воды подразделяют микроорганизмы?
6. Какую группу микроорганизмов называют гидрофилами?
7. Какую группу микроорганизмов называют мезофилами?
8. Какую группу микроорганизмов называют ксерофилами?
9. На какие группы по активности воды подразделяют продукты питания?
10. Каким видам порчи подвержены продукты питания с высокой активностью воды?

Таблица 9 – Основные требования к качеству воды

Показатель	Единицы измерения	ПДК (предельно допустимая концентрация)		
		по СанПиН 2.1.4.1074-01	по СанПиН 2.1.4.1116-02	
			1-я категория	2-я категория
Запах при 20 °С	балл	2	0	0
Запах при 60 °С	балл	не норм.	1	0
Цветность	градус	20 (35)*	5	5
Мутность	мг/дм <sup>3</sup>	1,5 (2)*	1,0	0,5
рН (водородный показатель)	единицы рН	6-9	6,5-8,5	6,5-8,5
Окисляемость перманганатная	мг/дм <sup>3</sup>	5,0	3,0	2,0
Алюминий	мг/дм <sup>3</sup>	0,5	0,2	0,1
Бор	мг/дм <sup>3</sup>	0,5	0,5	0,3
Барий	мг/дм <sup>3</sup>	0,1	0,7	0,1
Нитриты	мг/дм <sup>3</sup>	3,0	0,5	0,005
Нитраты	мг/дм <sup>3</sup>	45	20	5
Жесткость общая	мг-экв./л	7,0 (10)	7	1,5-7,0
Общая минерализация	мг/дм <sup>3</sup>	1000 (1500)*	1000	200-500
Хлориды	мг/дм <sup>3</sup>	350	250	150
Сульфаты	мг/дм <sup>3</sup>	500	250	150
Железо общее	мг/дм <sup>3</sup>	0,3 (1,0)*	0,3	0,3
Фториды	мг/дм <sup>3</sup>	1,5	1,5	0,6-1,2
Кальций	мг/дм <sup>3</sup>	не норм.	130	25-80
Магний	мг/дм <sup>3</sup>	не норм.	65	5-50
Натрий	мг/дм <sup>3</sup>	200	200	20
Щелочность	мг-экв./л	7,0	7,0	1,5-7,0
Марганец	мг/дм <sup>3</sup>	0,1 (0,5)	0,05	0,05
Хлор свободный	мг/дм <sup>3</sup>	0,3-0,5	0,05	0,05
Нефтепродукты	мг/дм <sup>3</sup>	0,1	0,05	0,01
Полифосфаты	мг/дм <sup>3</sup>	3,5	3,5	3,5
Сероводород	мг/дм <sup>3</sup>	0,003	0,003	0,003
Поверхностно активные вещества (ПАВ)	мг/дм <sup>3</sup>	0,5	0,05	0,05
Медь	мг/дм <sup>3</sup>	1,0	1,0	1,0
Мышьяк	мг/дм <sup>3</sup>	0,05		
Свинец	мг/дм <sup>3</sup>	0,03	0,01	0,005
Стронций	мг/дм <sup>3</sup>	7,0	7,0	7,0
Калий	мг/дм <sup>3</sup>	не норм.	20	2-20
Кислород растворенный (не менее)	мг/дм <sup>3</sup>	не норм.	5	9

\* - данная величина может быть установлена по постановлению Главного государственного санитарного врача по соответствующей территории для конкретной системы водоснабжения на основании оценки санитарно-эпидемиологической обстановки в населенном пункте и применяемой технологии водоподготовки.

11. Каким видам порчи подвержены продукты питания с промежуточной активностью воды?
12. Каким видам порчи подвержены продукты питания с низкой активностью воды?
13. Какова средняя суточная потребность взрослого человека в воде?
14. Что такое эндогенная вода?
15. Какие документы регламентируют качественные показатели воды?

## 9 Источники загрязнения пищевых продуктов

### 9.1 Безопасность продуктов питания

Проблема безопасности продуктов питания комплексная, сложная, требующая усилий со стороны ученых и производителей пищевых продуктов. Актуальность проблемы безопасности продуктов питания возрастает с каждым годом, так как является определяющей в сохранении здоровья людей.

Под безопасностью продуктов питания понимают отсутствие опасности для здоровья человека при их употреблении. Безопасными можно считать продукты питания, не оказывающие вредного, неблагоприятного воздействия на здоровье настоящего и будущих поколений. Эта опасность может возникнуть в результате отрицательного воздействия на организм человека при пищевых отравлениях и инфекциях. Опасность представляют и отдаленные во времени последствия воздействия загрязняющих веществ – канцерогенное, мутагенное, тератогенное воздействие. *Канцерогенное воздействие* приводит к возникновению раковых опухолей. *Мутагенное воздействие* приводит к качественным и количественным изменениям в генетическом аппарате клеток. *Тератогенное воздействие* приводит к аномалиям развития плода.

Пищевые продукты представляют собой сложные многокомпонентные системы, состоящие из большого числа различных по своей химической природе соединений. Эти соединения можно разбить на три группы:

- Соединения необходимые человеку (имеющие алиментарное значение). В эту группу входят белки, липиды, углеводы, витамины, минеральные вещества.
- Вещества, участвующие в формировании вкуса, аромата, цвета, предшественники и продукты распада нутриентов, биологически активные вещества.
- Чужеродные, потенциально опасные вещества антропогенного или природного происхождения. Эти вещества называют ксенобиотиками, чужеродными химическими веществами. Они могут быть неорганической и

органической природы, микробиологического происхождения. Источники и пути поступления этих веществ в продовольственное сырье и продукты питания разнообразны.

## 9.2 Токсичные элементы

Токсичные элементы (например, тяжелые металлы) составляют опасную в токсикологическом отношении группу веществ.

Загрязнение окружающей среды и продуктов питания токсичными металлами происходит за счет:

- промышленных выбросов (например, угольной, металлургической, химической промышленности);
- выбросов автотранспорта (в автомобильных выхлопных газах содержится свинец);
- применения в консервном производстве некачественной металлической тары;
- контакта сырья и готовой продукции с металлическими частями оборудования.

Наибольшую опасность из тяжелых металлов представляют ртуть, свинец, кадмий.

*Ртуть* – один из самых опасных и высокотоксичных элементов, обладающий способностью депонироваться в растениях и в организме животных и человека. Ртуть изменяет свойства или инактивирует ряд жизненно важных ферментов. Соединения ртути нарушают обмен аскорбиновой кислоты (витамин С), пиридоксина (витамин В<sub>6</sub>), токоферолов (витамин Е), белков, цистеина, кальция, меди, цинка, селена, железа, марганца. В организм человека ртуть поступает в основном с рыбопродуктами. Мясо рыбы отличается наибольшей концентрацией ртути и ее соединений, так как извлекает их из воды и корма. Ртуть может содержаться и в других видах продуктов: мясо, печень, почки, молоко, сливочное масло, яйца, овощи, фрукты, бобовые, зерновые, в шляпочных грибах.

*Свинец*. В настоящее время перечень областей его применения очень широк: производство аккумуляторов, электрических кабелей, химическое машиностроение,

атомная промышленность, производство эмалей, лаков, хрусталя, пиротехнических изделий и т. п. Основным источником загрязнения атмосферы свинцом являются выхлопные газы автотранспорта и сжигание каменного угля. Многие растения накапливают свинец, который затем обнаруживается в мясе и молоке животных. Свинец инактивирует ферменты, воздействует на кроветворную, нервную и пищеварительную системы, почки. Отравление свинцом приводит к головным болям, головокружениям, повышенной утомляемости, раздражительности, ухудшению сна, параличам, умственной отсталости.

*Кадмий* широко применяется в различных отраслях промышленности. В окружающую среду кадмий поступает при сжигании топлива, с газовыми выбросами предприятий, минеральными удобрениями. Соли кадмия применяют в ветеринарии как средство борьбы с паразитами. Доказано, что кадмий поступает в организм человека с пищей, из атмосферы и при курении. Кадмий поражает почки, нарушает обмен железа и кальция. Он вызывает гипертоническую болезнь, анемию, ишемическую болезнь сердца, почечную недостаточность.

### **9.3 Радиоактивное загрязнение**

В продукты питания могут попадать радиоактивные изотопы. К естественным источникам относят радиоактивные вещества, находящиеся в земной коре. Они могут поступать в продукты питания при применении минеральных удобрений, получаемых из фосфатных пород с высоким уровнем содержания этих радионуклидов.

Значительно более опасным источником являются загрязнения окружающей среды в результате строительства и эксплуатации ядерных реакторов и использования радиоактивных изотопов в других отраслях промышленности, а также из-за захоронения твердых и жидких отходов таких производств. Аварии на АЭС и других предприятиях ядерной промышленности являются одним из основных источников загрязнения окружающей среды радионуклидами. Авария на Чернобыльской АЭС резко обострила воздействие радиации на огромное количество людей. К этому же привела недавняя

авария на АЭС, расположенной в г. Фукусима (Япония). Подобные аварии провоцируют возникновение различных заболеваний.

Наиболее опасными для человека и животных являются стронций-90 и цезий-137.

*Стронций* имеет ряд радиоактивных изотопов, образующихся при делении урана в ядерных реакторах, а также при взрывах атомных бомб. Являясь аналогом кальция, стронций в организме включается в минеральный обмен. В организме стронций-90 хорошо всасывается в желудочно-кишечном тракте, значительные количества его откладываются в скелете. Это приводит к облучению костей, костного мозга, других тканей. Большую опасность стронций представляет для детей, в их организм он поступает с молоком и накапливается в костной ткани. При длительном поступлении стронция в организм даже в относительно небольших количествах в результате непрерывного облучения костной ткани могут развиваться лейкемия и рак костей.

*Цезий*. Содержится в радиоактивных осадках, радиоактивных отходах, сорбируется почвой. Цезий накапливается в мышцах, сердце, печени, почках, коже, крови, жировой ткани. При длительном поступлении цезия-137 отмечается постоянное увеличение общего содержания его в организме, а затем наступает состояние равновесия, когда ежедневное поступление его уравнивается выведением. Цезий вызывает нарушение функций эндокринной, кроветворной, сердечно-сосудистой, иммунной, нервной, половой, дыхательной и других систем с развитием тяжелых патологических процессов (лейкемии, злокачественных новообразований, дистрофии, ожирения и др.).

#### **9.4 Полициклические ароматические углеводороды**

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) являются сильными канцерогенами. К наиболее активным канцерогенам относят 3,4-бензапирен, который является канцерогенным компонентом сажи и смолы, а также дибензапирен.

Образуются ПАУ в процессах сгорания нефтепродуктов, угля, дерева, мусора, пищи, табака. Условия термической обработки значительно увеличивают содержание

бензапирена. Полимерные упаковочные материалы могут играть роль в загрязнении пищевых продуктов ПАУ, например, жир молока экстрагирует бензапирен из парафинобумажных пакетов или стаканчиков. Высока концентрация бензапирена в табачном дыме, в дыме, предназначенном для дымного копчения. С этой точки зрения более безопасным является бездымное копчение. Но при этом нельзя считать бездымное копчение полностью безопасным. Бензапирен обнаружен в хлебе, овощах, фруктах, маргарине, растительных маслах, в обжаренных зернах кофе, копченостях, жаренных мясных продуктах.

## 9.5 Диоксины

Диоксины являются побочными продуктами производства пластмасс, пестицидов, бумаги, дефолиантов (химические вещества, вызывающие опадение листьев у растений). Диоксины обнаружены в отходах металлургической, целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности. Они образуются при сжигании мусора на городских свалках, бензина, на тепловых электростанциях, работающих на твердом топливе, при горении синтетических покрытий и масла, т. е. везде, где ионы хлора или брома взаимодействуют с активным углеродом в кислой среде.

Диоксины интенсивно накапливаются в почве, водоемах, активно перемещаются по пищевым цепям. В организм человека диоксины попадают в основном с пищей. Среди основных продуктов, представляющих опасность из-за возможного присутствия диоксинов, находятся животные жиры, мясо, молочные продукты, рыба, корнеплоды.

Эти вещества оказывают токсичное действие при любых концентрациях. Диоксины обладают широким спектром биологического действия на человека и животного. В малых дозах вызывают мутагенный эффект, отличаются способностью накапливаться, ингибирующим или индуцирующим действием на различные ферментные системы организма. Диоксины вызывают различные заболевания, в том числе и онкологические. Их опасность очень велика, поэтому диоксины и диоксинподобные соединения относят к группе суперэкоотоксикантов.



## 9.6 Загрязнения веществами, применяемыми в растениеводстве

Сельскохозяйственные ядохимикаты присутствуют почти во всех видах пищевых продуктов. К ним относятся пестициды (бактериоциды, фунгициды, инсектициды, гербициды и др.), удобрения, регуляторы роста растений, средства против прорастания, средства, ускоряющие созревание плодов.

*Пестициды* – вещества, применяемые в сельском хозяйстве для защиты культурных растений от сорняков, вредителей и болезней. Наиболее распространены хлорорганические, фосфорорганические, ртутьорганические, медьсодержащие пестициды.

Нарушения условий хранения, транспортировки и применения пестицидов, не правильная работа с ними приводят к тому, что они накапливаются в кормах, продовольственном сырье и пищевых продуктах. В настоящее время наблюдается возрастание общего содержания пестицидов в продуктах растительного и животного происхождения. Особенно это касается картофеля, лука, капусты, томатов, огурцов, моркови, свеклы, яблок, зерновых культур, рыбы, выращенной в прудах, молока. Так как в настоящий момент отказаться от применения пестицидов невозможно, важен контроль за производством и применением пестицидов.

*Нитраты, нитриты, нитрозоамины.* Нитраты являются нормальными продуктами обмена любого живого организма. Но чрезмерное количество нитратов приводит к их восстановлению до нитритов. Нитриты в организме взаимодействуют с гемоглобином крови, образуется метгемоглобин, который не способен связывать и переносить кислород. Из нитритов могут образовываться нитрозоамины, некоторые из которых обладают канцерогенным, мутагенным, тератогенным действием.

Хроническое воздействие нитритов приводит к снижению содержания в организме витаминов А (ретинол), Е (токоферол), С (аскорбиновая кислота), В<sub>1</sub> (тиамин), В<sub>6</sub> (пиридоксин), а это вызывает снижение устойчивости организма онкогенным факторам. Основными источниками поступления нитратов и нитритов в организм человека являются растительные продукты. Мясные продукты,

колбасы, рыба, сыры так же могут содержать нитраты и нитриты. Их добавляют в эти продукты как консерванты или цветорегулирующие вещества.

*Регуляторы роста растений (РРР)* – это соединения, оказывающие влияние на процессы роста и развития растений и применяемые в сельском хозяйстве для повышения урожайности, улучшения качества продукции растениеводства, облегчения уборки урожая, увеличения сроков хранения растительных продуктов. К этой группе можно отнести и некоторые гербициды, которые в зависимости от концентрации могут проявлять и стимулирующее действие. Регуляторы роста растений делят на две группы: природные и синтетические.

Природные РРР – это естественные компоненты растительных организмов, которые выполняют функцию фитогормонов: ауксины, гибберелины, цитокинины, эндогенный этилен и др. В процессе эволюции в организме человека выработались соответствующие механизмы защиты от этих веществ, и поэтому природные РРР не представляют опасности для человека.

Синтетические РРР – это соединения, являющиеся аналогами эндогенных фитогормонов, способны влиять на гормональный статус растений. Например, используются препараты, являющиеся производными сульфанилмочевины. Синтетические РРР оказывают отрицательное влияние на организм. Однако степень опасности большинства РРР до конца не изучена.

## **9.7 Загрязнение веществами, применяемыми в животноводстве**

С целью повышения продуктивности сельскохозяйственных животных, профилактики и лечения заболеваний, сохранения качества кормов в животноводстве применяются различные лекарственные и химические препараты. Это антибиотики, гормоны, транквилизаторы, антиоксиданты. Регулярное употребление продуктов питания, загрязненных этими веществами, является причиной различных отклонений в здоровье человека (например, дисбактериозы).

*Антибиотики.* Находящиеся в пищевых продуктах антибиотики могут иметь различное происхождение:

- естественные антибиотики – это природные компоненты некоторых пищевых продуктов; например, яичный белок, молоко, мед, лук, чеснок, фрукты, пряности содержат естественные антибиотики;

- образующиеся в результате производства пищевых продуктов – это вещества, появляющиеся при осуществлении технологических процессов; например, при ферментации некоторых видов сыров;

- попадающие в пищевые продукты в результате лечения животных;

- попадающие в пищевые продукты при использовании их в качестве биостимуляторов, которые добавляют в корм для улучшения его усвояемости и стимуляции роста; антибиотики устраняют факторы, препятствующие росту животного, например, подавляют бактерии, мешающие усвоению кормов;

- применяемые в качестве консервирующих веществ – антибиотики добавляют в пищевые продукты с целью предотвращения микробиологической порчи.

*Сульфаниламиды.* Антимикробное действие сульфаниламидов менее эффективно, чем действие антибиотиков, но они более дешевы и доступны для борьбы с инфекционными заболеваниями животных. Сульфаниламиды способны накапливаться в организме животных и птицы и загрязнять животноводческую продукцию: мясо, молоко, яйца.

*Гормоны.* Гормональные препараты используют в ветеринарии и животноводстве для улучшения усвояемости кормов, стимуляции роста животных, ускорения полового созревания. Следствием применения гормонов в животноводстве является проблема загрязнения ими продовольственного сырья и пищевых продуктов. В настоящее время созданы синтетические гормоны, которые по анаболическому действию значительно эффективнее природных гормонов. Они накапливаются в организме животных в больших количествах и передаются по пищевым цепям.

*Транквилизаторы.* Успокаивающие средства применяются с целью предупреждения стрессовых состояний у животных, например при транспортировке или перед забоем. Их применение должно проводиться под строгим контролем, т.к. они способны оказывать отрицательное воздействие на организм человека. Для того

чтобы мясо не содержало остатков этих препаратов, их можно применять не позднее, чем за 6 дней до забоя животного.

*Антиоксиданты.* Это пищевые добавки, вносимые в корм животных для защиты окисляемых компонентов (в основном липидов). Используют бутилгидроксианизол, бутилгидрокситолуол, пропилгаллаты.

## 9.8 Микотоксины

Микотоксины – это продукты жизнедеятельности плесневых грибов, обладающие токсическими свойствами. Это особо опасные токсические вещества, загрязняющие корма и пищевые продукты. Опасность микотоксинов заключается в том, что они обладают токсическим эффектом в очень незначительных количествах и способны активно проникать в глубь продукта.

*Афлатоксины.* Нарушают проницаемость плазматических мембран, блокируют синтез ДНК и белка, что в итоге приводит к гибели клетки. Афлатоксины обнаруживаются в арахисе, кукурузе, семенах хлопчатника; накапливаются в орехах, семенах масличных культур, пшенице, ячмене, зернах какао и кофе. В кормах для сельскохозяйственных животных, афлатоксины также обнаруживаются, поэтому они встречаются в продуктах животного происхождения. Для удаления афлатоксинов применяют отделение загрязненного сырья, автоклавирование, ультрафиолетовое облучение и озонирование, обработка материала сильными окислителями.

*Охратоксины* обладают тератогенным эффектом. Продуцентами являются микроскопические грибы рода *Aspergillus* и *Penicillium*. Охратоксины поражают почки, печень, лимфоидные ткани, желудочно-кишечный тракт. Охратоксины обнаруживаются в кукурузе, пшенице, ячмене. Поэтому они могут содержаться в животноводческой продукции.

*Зеараленон* и его производные продуцируются микроскопическими грибами рода *Fusarium*. Зеараленон обладает выраженными гормоноподобными свойствами, обладает тератогенным действием. Наиболее часто обнаруживается зеараленон в кукурузе, комбикормах, а также в пшенице и ячмене, овсе. Среди пищевых продуктов

этот токсин был обнаружен в кукурузной муке, хлопьях и кукурузном пиве. Тепловая обработка в нейтральной или кислой среде не разрушает зеоараленон, но в щелочной среде происходит частичное разрушение.

*Патулин* обладает канцерогенными и мутагенными свойствами. Продуцентами патулина являются микроскопические грибы рода *Penicillium*. Патулин обнаружен в яблоках, грушах, абрикосах, персиках, вишне, винограде, бананах, клубнике, голубике, бруснике, облепихе, айве, томатах. В высоких концентрациях обнаруживается и в продуктах переработки фруктов и овощей: соках, компотах, пюре и джемах.

### **9.9 Антиалиментарные факторы питания. Пищевые добавки**

Антиалиментарные факторы питания – вещества природного происхождения, не обладающие токсичностью, но способные ухудшать или блокировать усвоение нутриентов.

*Ингибиторы пищеварительных ферментов.* Блокируют активность пищеварительных ферментов. Белковые ингибиторы обнаружены в семенах бобовых культур, злаковых, картофеле, яичном белке. Употребление семян бобовых культур возможно лишь после соответствующей тепловой обработки.

*Цианогенные гликозиды* – это гликозиды, которые при гидролизе выделяют синильную кислоту. Синильная кислота вызывает поражение нервной системы. Представителями цианогенных гликозидов являются *лимарин*, содержащийся в белой фасоли, и *амигдалин*, находящийся в косточках миндаля, персиков, слив, абрикосов.

*Алкалоиды* (диэтил-амид лизергиловой кислоты (ЛСД)), морфин, кофеи, соланины).

*Антивитамины.* Антивитамины делятся две группы соединений:

- соединения, являющиеся химическими аналогами витаминов;
- соединения, инактивирующие витамины.

К антивитаминам относятся:

- лейцин - нарушает обмен триптофана, в результате чего блокируется образование из триптофана ниацина (витамин РР);

- индолилуксусная кислота и ацетилпиридин являются антивитаминами по отношению ниацину; содержатся в кукурузе; чрезмерное употребление продуктов, содержащих вышеуказанные соединения, может усиливать развитие пеллагры, обусловленной дефицитом ниацина;

- аскорбатоксидаза и некоторые другие окислительные ферменты проявляют антивитаминную активность по отношению к аскорбиновой кислоте (витамин С); наиболее активна аскорбатоксидаза в огурцах, кабачках, наименее - в моркови, свекле, помидорах;

- тиаминаза – антивитаминный фактор для тиамина (витамина В<sub>1</sub>); наибольшее содержание этого фермента отмечено у пресноводных и морских рыб;

- гидрогенизированные жиры – являются факторами, снижающими сохранность ретинола (витамин А).

*Факторы, снижающие усвоение минеральных веществ* – щавелевая кислота и оксалаты, фитин и танины.

Щавелевая кислота нарушает солевой обмен, связывает ионы кальция, поэтому способствует образованию камней в почках. Содержится в шпинате, щавеле, красной свекле.

Фитин образует труднорастворимые комплексы с ионами кальция. Достаточно большое количество фитина содержится в злаковых и бобовых культурах (пшеница, горох).

Дубильные вещества (танины) так же являются факторами, снижающими усвоение минеральных веществ.

*Алкоголь* – это продукт, который имеет только энергетическую ценность (7 ккал/г), при этом не является источником пищевых веществ.

В течение дня организм человека способен синтезировать 1-9 г этанола. Эндогенный алкоголь является естественным продуктом обменных процессов, и организм легко окисляет его в энергетических целях. При поступлении в организм больших количеств алкоголя ферменты не справляются, происходит накопление

этилового спирта и уксусного альдегида, что вызывает симптомы обширной интоксикации (головная боль, тошнота, аритмия сердечных сокращений). Это дает основание считать алкоголь антиалиментарным фактором питания, так как нарушается обмен веществ. Регулярное употребление алкоголя приводит к авитаминозам, нарушению углеводного, жирового и белкового обмена и заканчивается разрушением организма.

*Пищевые добавки* стали неотъемлемой частью большинства продуктов питания. Каждая пищевая добавка перед регистрацией и присвоением E-кода проходит исследование. Наличие E-кода означает что:

- данное вещество проверено на безопасность;
- вещество может быть использовано при условии, что при применении потребитель не будет введен в заблуждение относительно типа и состава пищевого продукта, в который оно внесено;
- для данного вещества установлены критерии чистоты, необходимые для достижения определенного уровня качества продуктов питания.

Нельзя сказать, что они абсолютно безвредны, иначе как объяснить тот факт, что время от времени та или иная пищевая добавки запрещается или в отдельной стране или в целом ряде стран. Например, в настоящее время в пищевой промышленности запрещено применение следующих добавок:

- цитрусовый красный (E121) – синтетический краситель красного цвета;
- амарант (E123) – синтетический краситель красного цвета;
- эритрозин (E127) – синтетический краситель коричневого цвета;
- коричневый FK (E154) – синтетический краситель коричневого цвета;
- литолрубин BK (E180) – синтетический краситель красного цвета;
- гексаметилентетрамин (уротропин) (E239) – консервант;
- гваяковая смола (E314) – натуральный антиоксидант.

### **Контрольные вопросы**

1. Какое воздействие называется канцерогенным?
2. Какое воздействие называется мутагенным?

3. Какое воздействие называется тератогенным?
4. Перечислите наиболее опасные для организма человека тяжелые металлы.
5. Чем для организма опасна ртуть?
6. Чем для организма опасен свинец?
7. Чем для организма опасен кадмий?
8. В чем заключается опасность радиоактивного изотопа стронций-90?
9. В чем заключается опасность радиоактивного изотопа цезий-137?
10. В ходе каких процессов образуются полициклические ароматические углеводороды? Приведите примеры полициклических ароматических углеводородов.
11. Чем для организма опасны диоксины?
12. Какие вещества, применяемые в растениеводстве, могут стать причиной загрязнения продовольственного сырья и продуктов питания? Чем они опасны?
13. Какие вещества, применяемые в животноводстве, могут стать причиной загрязнения продовольственного сырья и продуктов питания? Чем они опасны?
14. Чем для организма опасны микотоксины? Назовите их.
15. Что такое алиментарные факторы питания? Перечислите их.
16. В чем заключается опасность алиментарных факторов питания?
17. Почему некоторые пищевые добавки рассматриваются как загрязняющие вещества продовольственного сырья и продуктов питания?



## 10 Биохимия пищеварения

### 10.1 Пищеварение

Совокупность процессов, связанных с потреблением и усвоением в организме веществ, входящих в состав пищи называется *пищеварением*. Пища, является для организма источником энергии и пластических материалов. Она поступает из внешней среды в виде продовольственного сырья или продуктов, подвергшихся технологической обработке. Продовольственное сырье и продукты питания включают множество пищевых веществ, а также непищевые соединения и чужеродные примеси.

Отбор и извлечение из пищи необходимых для организма веществ и превращение их в ту форму, которая будет доступна для усвоения тканями, осуществляется пищеварительной системой. В результате ее деятельности пища подвергается перевариванию, т. е. физическим, физико-химическим и химическим превращениям, которые способствуют образованию из полимеров мономеров, всасывающихся и усваивающихся организмом. Физические изменения пищи заключаются в ее измельчении, перемешивании, образовании суспензий и эмульсий и частичном растворении. Химические изменения заключаются в расщеплении белков, жиров и углеводов на более мелкие соединения.

Различают пищеварение полостное, мембранное:

полостное пищеварение → мембранное пищеварение → всасывание

*Полостным* называется пищеварение, которое происходит в пищеварительных полостях организма – ротовой, желудочной, кишечной. Этот вид пищеварения обеспечивает интенсивное начальное переваривание.

*Мембранное* (пристеночное) пищеварение осуществляется с помощью ферментов, сконцентрированных на микроворсинках в тонком кишечнике. Мембранное пищеварение осуществляет промежуточные и заключительные стадии гидролиза

компонентов пищи, а также переход конечных этапов переваривания в начальные этапы всасывания.

## 10.2 Строение желудочно-кишечного тракта

В состав пищеварительной системы входят пищеварительный канал или желудочно-кишечный тракт (ЖКТ), поджелудочная железа и печень (рисунок 36).

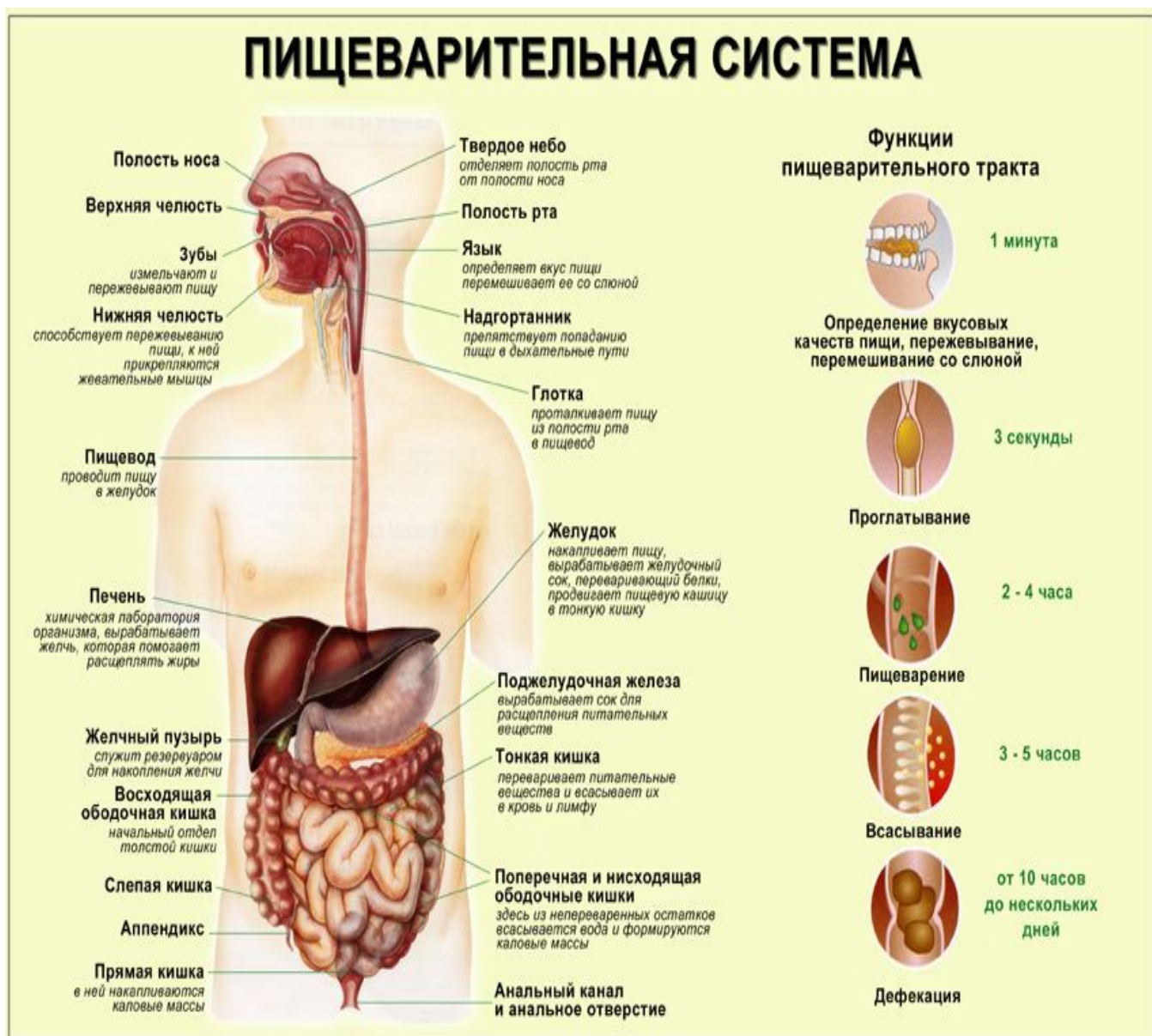


Рисунок 36 – Строение желудочно-кишечного тракта

Пищеварительный канал состоит из отдельных полостей и проходит через все тело; он начинается ротовой полостью и заканчивается отверстием прямой кишки – анальным отверстием.

Желудочно-кишечный тракт можно условно разделить на три части:

1. Ротовая полость – переходит в глотку, из которой пища поступает в пищевод.

2. Желудок.

3. Кишечник состоит из двух отделов:

- тонкий кишечник – состоит из двенадцатиперстной кишки, тощей кишки, подвздошной кишки); длина тонкого кишечника составляет 5-7 м, диаметр 3,0-3,5 см;

- толстый кишечник – состоит из слепой кишки с аппендиксом, ободочной кишки (восходящий отдел толстого кишечника, поперечный отдел толстого кишечника, нисходящий отдел толстого кишечника), сигмовидной кишки, прямой кишки, анального отверстия; длина толстого кишечника 1,5-2 м, диаметр в верхних отделах 7 см, в нижних около 4 см.

### **10.3 Ферменты желудочно-кишечного тракта**

Процесс разрушения природных биополимеров (белков, жиров, углеводов) осуществляется в организме путем ферментативного гидролиза с помощью пищеварительных ферментов, относящихся к 3 классу ферментов – гидролазам. Демполимеризуются (разрушаются до мономеров) только макронутриенты. В демполимеризации участвуют три группы ферментов класса гидролаз:

- протеазы (ферменты, расщепляющие белки);
- липазы (ферменты, расщепляющие жиры);
- амилазы (ферменты, расщепляющие углеводы).

Ферменты образуются в специальных секреторных клетках пищеварительных желез и поступают внутрь пищеварительного тракта вместе со слюной и

пищеварительными соками – желудочным, поджелудочным и кишечным, объем выделения которых составляет около 7 литров в сутки.

Для эффективного пищеварения необходим набор ферментов, обеспечивающих комплексное действие. Они вырабатываются пищеварительными железами. Перечень пищеварительных ферментов ЖКТ представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Пищеварительные ферменты ЖКТ

Пищеварительные ферменты	Оптимальное значение pH	Субстрат
<b>Ферменты, переваривающие белки</b>		
пепсин	1,0-1,5	большинство белков глобулярной природы
гастрин	2,0-3,0	большинство белков глобулярной природы
трипсин	8,0	большинство белков глобулярной природы
химотрипсин	8,0	большинство белков глобулярной природы
аминопептидаза	8,0	пептиды с N-концевого аминокислотного остатка
карбоксипептидаза	8,0	пептиды с C-концевого аминокислотного остатка
дипептидазы	8,0	дипептиды
<b>Ферменты, переваривающие углеводы</b>		
$\alpha$ -амилаза	7,0	крахмал, гликоген, декстрины
дисахаридазы	6,5-7,5	дисахариды
<b>Ферменты, переваривающие жиры</b>		
липаза	8,0	ацилглицерины

#### 10.4 Процессы, протекающие в ротовой полости

Переработка пищи начинается в ротовой полости. Здесь пища измельчается в процессе жевания и смачивания слюной, в результате чего формируется пищевой комок. В полости рта пища должна находиться не менее 20-30 с.

В ротовой полости происходят процессы измельчения пищи (гомогенизация), что увеличивает поверхность контакта пищеварительных ферментов слюны с пищевыми веществами и облегчает продвижение пищевого комка по пищеводу.

Слюна вырабатывается слюнными железами. В сутки слюны вырабатывается 0,5-2,0 л. В слюне человека содержатся ферменты, вызывающие расщепление углеводов. Под действием фермента  $\alpha$ -амилазы происходит частичное превращение крахмала в декстрины и олигосахариды:



Функции слюны заключаются также в смачивании пищи, растворении веществ, смазывании твердых частиц, склеивании их в скользкий комок (пищевой комок), благодаря чему облегчается его продвижение по пищеварительному каналу. Слюна обеспечивает также возможность удаления из пищи вредных примесей путем выброса, отмывания, разбавления.

Хотя ферменты слюны обладают высокой активностью, в ротовой полости происходит не полное расщепление крахмала до глюкозы из-за слишком короткого пребывания пищи во рту. Слюна обладает нейтральной реакцией, и это соответствует оптимальному действию  $\alpha$ -амилазы и мальтазы. Содержащий соляную кислоту желудочный сок прекращает действие ферментов слюны в желудке, так как в кислой среде они теряют свою активность. Тем не менее, ферменты  $\alpha$ -амилаза и мальтаза могут некоторое время продолжать свое действие в желудке, поскольку пищевой комок пропитывается желудочным соком постепенно.

Прожеванная, смоченная слюной и ставшая более скользкой пища в виде комка перемещается на корень языка, попадает в глотку, затем в пищевод и желудок.

## 10.5 Процессы, протекающие в желудке

Желудок представляет собой мускулистый мешок (полость), расположенный под диафрагмой.

Вся пища, съеденная за один прием, попадает в желудок, и некоторое время там находится, подвергаясь дальнейшим превращениям. Пищеварение в желудке происходит 4-8 ч и дольше. Пища, богатая углеводами, проходит желудок быстрее, чем богатая белками; жирная пища задерживается в желудке на 8-10 ч.

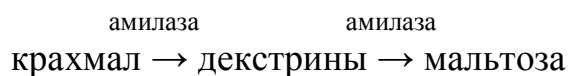
В желудке происходят химические изменения пищевых веществ под действием желудочного сока. Чистый желудочный сок представляет собой бесцветную прозрачную жидкость, которая содержит соляную кислоту. Концентрация соляной кислоты в желудочном соке человека обычно составляет 0,4-0,5 % (рН 1-3). В сутки выделяется 1,5-2,5 л желудочного сока.

Роль соляной кислоты в желудке заключается в следующем:

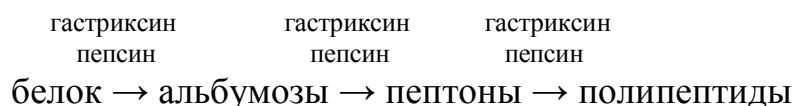
- создает кислую среду, являющуюся оптимальной для действия желудочных пищеварительных ферментов;
- вызывает денатурацию и набухание белков, тем самым облегчает процесс их гидролиза протеазами желудочного сока;
- способствует обеззараживанию пищевого комка;
- способствует усвоению железа.

В желудке активны три группы ферментов:

- амилазы (ферменты слюны) – действуют первые 30 мин, пока нейтральная реакция пищевого комка не сменится на кислую; продолжается гидролиз углеводов, начавшийся в ротовой полости:

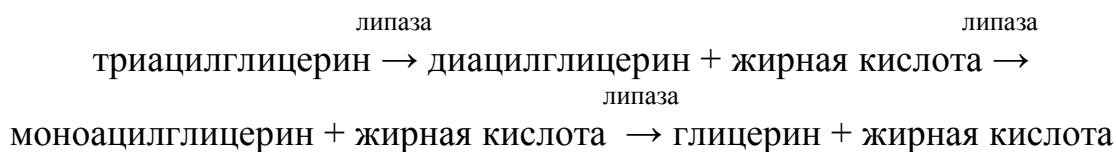


- протеазы (ферменты желудочного сока) – пепсин и гастрин расщепляют белки до полипептидов:



Желатиназа расщепляет желатин – белок, содержащийся в соединительной ткани (хрящи, сухожилия);

- липазы (ферменты желудочного сока), расщепляющие жиры; под влиянием липазы желудочного сока жиры пищи частично расщепляются на глицерин и жирные кислоты:



У взрослых людей желудочная липаза не имеет существенного значения в пищеварении, так как она действует только на эмульгированные жиры. У грудных детей желудочная липаза может расщеплять до 25 % жира молока.

## 10.6 Процессы, протекающие в тонком кишечнике

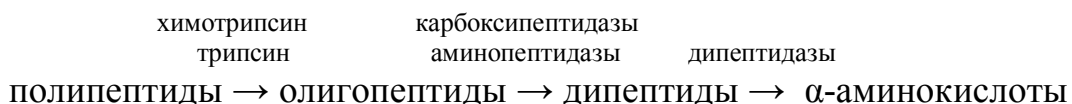
Содержимое желудка переходит в кишечник. В двенадцатиперстной кишке пища подвергается действию поджелудочного сока (вырабатывается поджелудочной железой), кишечного сока, желчи. Пока двенадцатиперстная кишка не участвует в процессе пищеварения, содержимое ее имеет слабощелочную реакцию (рН 7,2-8,0). При поступлении в эту кишку содержимого желудка реакция в ее полости становится кислой, но через непродолжительный период происходит восстановление щелочной среды в результате нейтрализации соляной кислоты поджелудочным и кишечным соками. Получается, что у человека рН среды в двенадцатиперстной кишке меняется от 4,0 до 8,5 единиц.

Поджелудочный сок представляет собой бесцветную прозрачную жидкость щелочной реакции. Значение рН чистого поджелудочного сока человека равно 7,8-8,4. Такое щелочное значение рН объясняется присутствием в нем гидрокарбонатов. Выработка поджелудочного сока начинается через 2-3 минуты после приема пищи и продолжается 6-14 часов.

Поджелудочный и кишечный сок содержат следующие пищеварительные ферменты:

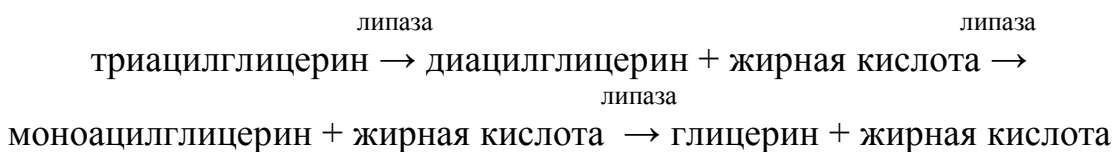
- Ферменты, расщепляющие белки и полипептиды до  $\alpha$ -аминокислот (трипсин, химотрипсин, карбоксипептидазы, аминопептидазы). Трипсин, химотрипсин в

щелочной среде расщепляют как сами белки, так и продукты их гидролиза – полипептиды. При этом образуются олигопептиды и дипептиды. Эти ферменты взаимно дополняют друг друга. Под действием карбоксипептидаз и аминопептидаз происходит отщепление от обоих концов молекул полипептидов концевых α-аминокислот. Дипептидазы расщепляют дипептиды до α-аминокислот. Схема гидролиза белка в тонком кишечнике:



Таким образом, в тонком кишечнике завершается, начавшийся в желудке, гидролиз белков.

- Липаза, расщепляющая жиры. Липаза поджелудочного сока расщепляет эмульгированные желчными кислотами жиры на глицерин и жирные кислоты; стимулятором ее действия является желчь, поступающая в двенадцатиперстную кишку из желчного пузыря. Суточное выделение желчи у взрослого человека составляет 500-700 мл. Жирные кислоты образуют с желчными кислотами, содержащимися в желчи, растворимые в воде комплексы (сами жирные кислоты нерастворимы в воде), т.е. желчь обладает эмульгирующим действием. Схема гидролиза жиров:



- Амилаза завершает полное расщепление крахмала до мальтозы:

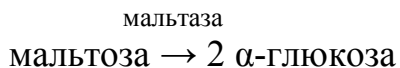


Таким образом, в тонком кишечнике завершается, начавшийся в ротовой полости, гидролиз крахмала и гликогена до мальтозы.

- Дисахаридазы, расщепляющие дисахариды до моносахаридов (сахараза (инвертаза), мальтаза, лактаза). Сахараза ускоряет процесс гидролиза сахарозы; мальтаза – мальтозы, образовавшейся из крахмала; лактаза – лактозы. В результате



образуются моносахариды, которые после всасывания в кишечнике поступают в кровоток и попадают в печень.



- Рибонуклеаза и дезоксирибонуклеаза, расщепляющие соответственно рибонуклеиновые (РНК) и дезоксирибонуклеиновые кислоты (ДНК).

Кишечный сок содержит энтерокиназу, которая является активатором всех протеолитических ферментов поджелудочного сока. Активация трипсина происходит в полости двенадцатиперстной кишки под действием энтерокиназы. Затем трипсин активирует все остальные протеолитические ферменты.

Кроме полостного пищеварения, осуществляемого ферментами в полости тонкого кишечника, большое значение имеет пристеночное пищеварение, осуществляемое теми же ферментами, но находящимися на внутренней поверхности тонкой кишки. Этот вид пищеварения называется мембранным пищеварением. Особенно большую роль оно играет в расщеплении дисахаридов до моносахаридов и в расщеплении олигопептидов и дипептидов до  $\alpha$ -аминокислот.

Передвижение пищевого комка в тонком кишечнике происходит в результате сокращений мышечных волокон, расположенных в стенке кишок. Бывают движения двух типов: маятникообразные, когда пищевой комок передвигается поочередно в обе стороны вдоль кишки, и перистальтические, когда пищевой комок двигается только в одну сторону, т.е. от желудка к анальному отверстию.

В тонком кишечнике происходит заключительный этап пищеварения – всасывание питательных веществ (продуктов расщепления макронутриентов, микронутриентов и воды).

В кишечнике может всасываться за 1 ч до 2-3 л жидкости, содержащей растворенные в ней пищевые вещества. Это возможно потому, что общая всасывающая поверхность кишечника очень велика благодаря большому

количеству особых складок и выпячиваний слизистой оболочки, которые называются ворсинками. На поверхности ворсинок расположены микроворсинки. Наличие ворсинок и микроворсинок увеличивает всасывающую поверхность слизистой оболочки кишечника до  $200 \text{ м}^2$ .

### **10.7 Процессы, протекающие в толстом кишечнике**

В толстом кишечнике пищеварение практически отсутствует.

Толстый кишечник является местом обитания и активного размножения микроорганизмов, потребляющих не переваренные остатки пищи, в результате чего образуются органические кислоты (молочная, пропионовая, масляная), газы (оксид углерода (IV), метан, сероводород), а также некоторые ядовитые вещества (фенол, индол). Кишечная микрофлора необходима для вторичного переваривания пищи и формирования каловых масс.

Микрофлора толстого кишечника снабжает организм человека некоторым количеством энергии в виде выделяемых в полость кишечника и всасываемых в кровь органических кислот (уксусной, пропионовой и масляной). Эти кислоты являются конечными продуктами жизнедеятельности кишечной микрофлоры, но для организма человека эти кислоты являются дополнительным источником энергии (энергетическая ценность этих кислот показана в таблице 1). За счет микрофлоры толстого кишечника организм человека получает 6-9 % от общей потребности в энергии. Эта энергия образуется в основном за счет пищевых волокон, которые не расщепляются пищеварительными ферментами, но используются микрофлорой.

Функции толстого кишечника:

- Всасывание воды (составляет 0,4-0,5 л/сутки). Недостаточное содержание пищевых волокон в остатках пищи приводит к чрезмерному обезвоживанию не переваренных компонентов, что приводит к атонии кишечника (запор). Атония является причиной отравления организма. Поэтому необходимо потреблять не менее 25 г пищевых волокон в сутки, которые обладают высокой влагоудерживающей способностью.

- Извлечение некоторых продуктов обмена - соли, глюкозы, некоторых витаминов и аминокислот.

- Выведение не перевариваемых остатков пищи. В толстых кишках в результате всасывания воды происходит постепенное формирование каловых масс, которые накапливаются в сигмовидной кишке. При опорожнении кишечника они выделяются из организма через прямую кишку.

- Угнетение посторонней патогенной микрофлоры собственной полезной микрофлорой. Молочнокислые бактерии, присутствующие в кисломолочных продуктах, могут существовать и в кишечнике человека. Они выделяют значительно меньше ядовитых веществ, чем обычные кишечные (большой частью гнилостные) микроорганизмы. Более того, молочнокислые бактерии уничтожают гнилостные микроорганизмы кишечника, выделяющие наибольшее количество ядовитых веществ.

- Синтез фолиевой (витамин В<sub>9</sub>) и пантотеновой кислот (витамин В<sub>3</sub>), биотина (витамин Н) и филлохинона (витамина К).

- Метаболизм желчных кислот с образованием, в отличие от патогенной микрофлоры, нетоксичных метаболитов.

- Утилизация в качестве питательного вещества некоторых токсичных для организма продуктов пищеварения.

- Стимуляция защитной функции организма (иммунитет).

Пять последних функций выполняет собственная микрофлора кишечника.

Таким образом, в каждом отделе ЖКТ перевариваются разные виды макронутриентов (рисунок 37).



7. Как называются ферменты, способствующие гидролизу белков?

Перечислите их.

8. Как называются ферменты, способствующие гидролизу углеводов?

Перечислите их.

9. Как называются ферменты, способствующие гидролизу жиров?

10. Чему равно значение рН в ротовой полости?

11. Какие ферменты содержатся в слюне?

12. Какие пищеварительные процессы протекают в ротовой полости?

13. Назовите значение рН в желудке.

14. Какие ферменты содержатся в желудочном соке?

15. Какие пищеварительные процессы протекают в желудке?

16. Перечислите функции соляной кислоты в желудочном соке.

17. Назовите значение рН в кишечнике.

18. Какие ферменты активны в кишечнике?

19. Какие пищеварительные процессы протекают в тонком кишечнике?

20. В чем заключается значение желчи?

21. Назовите функции толстого кишечника.

22. Какие функции в толстом кишечнике выполняет кишечная микрофлора?

## **11 Питание. Теории питания**

### **11.1 Питание**

Питание – одна из важнейших физиологических потребностей организма.

*Питание* включает последовательные процессы поступления, переваривания, всасывания и усвоения в организме пищевых веществ.

Пищевые вещества поступают в организм человека в составе пищевых продуктов. Пища необходима для построения и непрерывного обновления клеток и тканей, восполнения энергетических затрат организма и веществ, из которых образуются ферменты, гормоны, другие регуляторы обменных процессов и жизнедеятельности. От характера питания зависит обмен веществ, функции и структура всех клеток, тканей и органов.

Существует несколько теорий питания. Одни появились раньше, другие несколько позже. Теория сбалансированного питания А.А. Покровского является основой современной науки о питании. Но наука о питании не стоит на месте, а непрерывно развивается, так как появляются новые знания и данные. Это стало основой для новых теорий и концепций питания.

### **11.2 Теория рационального питания**

В основе теории рационального питания лежит теория сбалансированного питания, разработанная А.А. Покровским. Она направлена на обеспечение организма всеми необходимыми веществами в достаточном количестве и оптимальных соотношениях. В настоящее время она является основой и для других теорий питания.

Теория рационального питания базируется на трех основных принципах (рисунок 38).



Рисунок 38 – Принципы теории рационального питания

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

Энергия, которой обеспечивается организм при потреблении и усвоении питательных веществ (таблица 11), расходуется на осуществление трех главных функций, связанных с жизнедеятельностью организма человека: основной обмен, переваривание пищи, мышечная деятельность (рисунок 39).

Таблица 11 – Энергетическая ценность за счет пищевых веществ

Группа интенсивности труда	Энергетическая ценность за счет пищевых веществ, %		
	Белки	Жиры	Углеводы
1	12	30	58
2	12	30	58
3	11	30	59
4	11	30	59
5	11	33	56



Рисунок 39 – Расход энергии в организме человека

*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.

140-160 ккал составляют энерготраты на *переваривание пищи*, главным образом белков, в значительно меньшей степени – углеводов и жиров. Переваривание пищи связано со специфическим динамическим действием пищи в отсутствии мышечной активности.

Расход энергии на *мышечную деятельность* зависит от характера производственной и домашней работы, особенностей отдыха человека. Следует отметить прогрессирующее с возрастом уменьшение энерготрат, что обусловлено снижением обменных процессов и степени физической активности. На мышечную деятельность расходуется в среднем 1000-2500 ккал.

На выполнение всех функций организма суммарно человек затрачивает 2200-2400 ккал (женщины) и 2600-2800 ккал (мужчины). 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.

По степени энерготрат выделено 5 групп интенсивности труда (таблица 12). Работы с особо тяжелой физической нагрузкой, относящейся к 5-й группе интенсивности труда, не предусмотрены для женщин. У женщин всех профессиональных и возрастных групп потребность в пищевых веществах (кроме железа) и энергии в среднем на 15 % ниже, чем у мужчин.

**2. Удовлетворение потребностей организма в оптимальном количестве и соотношении пищевых веществ** (сбалансированность пищевого рациона). *Сбалансированным* называется питание, при котором качественный и количественный состав пищи соответствует потребностям организма. В состав полноценного пищевого рациона должны входить питательные вещества пяти классов: белки (в том числе незаменимые аминокислоты), углеводы (в том числе



Таблица 12 – Перечень основных профессий, относящихся к различным группам интенсивности труда

Группа интенсивности труда	Вид труда	Перечень основных профессий
1 группа	умственный труд	руководители предприятий и организаций, инженерно-технические работники, труд которых не требует существенной физической активности; медицинские работники, кроме врачей-хирургов, медсестер, санитарок; педагоги, воспитатели, кроме спортивных; работники науки, литературы, печати, культурно-просветительные работники; работники планирования и учета, секретари и делопроизводители; работники различных категорий, труд которых связан со значительным нервным напряжением (работники пультов управления, диспетчеры и т.д.)
2 группа	легкий физический труд	инженерно-технические работники, труд которых связан с некоторыми физическими усилиями; работники, занятые на автоматизированных процессах; работники радиоэлектронной промышленности; швейники; агрономы, зоотехники, ветеринарные работники; медсестры, санитарки; продавцы промышленных товаров; работники сферы обслуживания; работники часовой промышленности; работники связи и телеграфа; инструкторы и преподаватели физкультуры и спорта, тренеры
3 группа	средняя тяжесть труда	станочники (занятые в металлообработке и деревообработке), слесари, наладчики, настройщики, врачи-хирурги, химики, текстильщики, обувщики, водители различного вида транспорта, работники пищевой промышленности, работники коммунально-бытового обслуживания и общественного питания, продавцы продовольственных товаров; бригады тракторных и полеводческих бригад; железнодорожники, водники, работники авто- и электротранспорта; машинисты подъемно-транспортного оборудования; полиграфисты
4 группа	тяжелый физический труд	строительные рабочие, основная масса сельскохозяйственных рабочих и механизаторов; горнорабочие на поверхностных работах; работники нефтяной и газовой промышленности; металлурги и литейщики, кроме лиц, относящихся к 5 группе; работники целлюлозно-бумажной промышленности и деревообрабатывающих производств; стропальщики, такелажники; плотники; работники промышленности строительных материалов, кроме лиц, отнесенных к 5 группе
5 группа	особо тяжелый физический труд	горнорабочие, занятые непосредственно на подземных работах, сталевары, вальщики леса и рабочие на разделке древесины, каменщики, бетонщики, землекопы, грузчики, труд которых не механизирован; работники, занятые в производстве строительных материалов, труд которых не механизирован

пищевые волокна), липиды (в том числе незаменимые жирные кислоты), витамины, минеральные вещества, т.е. питание должно быть разнообразным.

Суточная потребность организма человека в белках в среднем составляет 70-90 г, в том числе в белках животного происхождения не менее 50 г. Белки, поступающие с пищей, выполняют функции строительного материала, 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 растительного и животного происхождения 45 % : 55 %.

Суточная потребность организма человека в углеводах в среднем составляет 350-400 г, на долю сахарозы приходится 10-20 % от общего количества углеводов. Углеводы являются основным источником энергии для человека. Пищевые волокна (целлюлоза, пектин, гемицеллюлозы) стабилизируют деятельность пищеварительного тракта. Целлюлоза и гемицеллюлозы очищают кишечник, а пектин связывает и выводит из организма вредные вещества (тяжелые металлы, радионуклиды). Суточная потребность в пищевых волокнах составляет не менее 25 г, в пектине – 5 г.

Суточная потребность организма человека в липидах в среднем составляет 80-100 г, в том числе в растительных 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, линоленовой) составляет 3-6 г. Физиологически ценными являются фосфолипиды, которые необходимы для обновления клеток и внутриклеточных структур. Суточная потребность в фосфолипидах составляет 5 г.

Таким образом, соотношение между белками, жирами и углеводами в среднем составляет – 1:1:4.

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. Суточная потребность в витаминах приведена в таблице 4.

Минеральные вещества необходимы для нормального питания, они выполняют различные функции: входят в структуру костных тканей, являются электролитами при поддержании водно-солевого состава крови и тканей, являются активными группами в структуре ферментов, влияют на процессы обмена веществ в организме человека. Суточное содержание в пищевом рационе минеральных веществ, представлено в таблице 6. Оптимальное соотношение основных макроэлементов – кальция, фосфора, магния должно составлять 1,0:1,5:0,5 или в граммах 800:1200:400.

Существует группа веществ, которые называют незаменимыми (эссенциальными) факторами питания:

- незаменимые аминокислоты;
- водорастворимые и жирорастворимые витамины;
- минеральные вещества;
- полиненасыщенные жирные кислоты;
- пищевые волокна (неусвояемые углеводы).

**3. Режим питания** – это соблюдение определенного времени и числа приемов пищи, рациональное распределение пищи при каждом приеме.

Режим питания базируется на четырех правилах:

- регулярность питания – связана с соблюдением времени приема пищи; у человека формируется рефлекс - к определенному времени вырабатывается пищеварительный сок, что обеспечивает полноценное переваривание и усвоение пищи; интервалы между приемами пищи не должны превышать 4-5 ч;
- рациональный подбор продуктов – при каждом приеме пищи подбор продуктов должен обеспечивать оптимальные условия для усвоения пищи; белки животного происхождения рекомендуется употреблять в первой половине дня, молочную и растительную пищу - во второй;

- дробность питания – прием пищи должен осуществляться 3-5 раз в сутки;
- оптимальное распределение суточного рациона – оно зависит от кратности приемов пищи (таблица 13).

Таблица 13 – Распределение суточного рациона

Время приема пищи	Доля от суточного рациона, %		
	3-разовое питание	4-разовое питание	5-разовое питание
Завтрак	30	25	20-25
Второй завтрак	-	15	10-15
Обед	45	35	30
Ужин	25	25	20-25
Второй ужин		-	5-10

В случае необходимости второй завтрак можно перенести на полдник.

Рекомендуемые размеры ежедневного потребления пищевых продуктов приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Рекомендуемые нормы ежедневного потребления пищевых продуктов

Пищевые продукты	Норма потребления, г/день
Хлеб и хлебобулочные изделия в пересчете на муку	279
Картофель	310
Овощи и бахчевые	381
Фрукты и ягоды	194
Сахар	112
Мясо и мясные продукты	232
Рыба и рыбные продукты	65
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

\* В скобках - коэффициент пересчета продукта в молоко.

### 11.3 Теория адекватного питания

Теория адекватного питания предложена А.М. Уголевым.

В основе теории лежат четыре принципиальных положения:

- пища усваивается как поглощающим ее организмом, так и населяющими его бактериями;

- приток нутриентов в организме обеспечивается за счет извлечения их из пищи и в результате деятельности бактерий, синтезирующих дополнительные питательные вещества;

- нормальное питание обуславливается не одним, а несколькими потоками питательных и регуляторных веществ;

- физиологически важными компонентами пищи являются пищевые волокна.

Под термином «пищевые волокна» объединяют биополимерные компоненты растительной пищи, к которым относятся не перевариваемые полисахариды (целлюлоза, гемицеллюлозы, пектины) и соединения полифенольной природы - лигнины. Целлюлозы и гемицеллюлозы являются практически нерастворимыми компонентами, пектиновые вещества и лигнины относятся к растворимым полимерам.

Эти компоненты, при технологической переработке растительного сырья в основной массе удаляются. Примерами могут являться технология переработки зерна в муку, шлифование риса, отжим сока из плодов, экстракция. В соответствии с теорией сбалансированного питания эти компоненты считались балластными (ненужными, бесполезными) веществами и их удаление из пищи в ходе технологических процессов считалось необходимым. Когда это стало технически возможным, в питании человека появилось много рафинированных продуктов. Через некоторое время это отрицательно сказалось на здоровье населения – значительно возрос уровень распространения ожирения, диабета, атеросклероза, рака толстого кишечника.

В настоящее время не вызывает сомнения необходимость употребления пищевых волокон. Суточная потребность в пищевых волокнах составляет не менее 25 г.

Специфические физиологические свойства пищевых волокон:

- стимуляция перистальтики кишечника;
- адсорбция и выведение из организма различных токсичных продуктов;
- интенсификация обмена желчных кислот, регулирующего уровень холестерина в крови;
- снижение уровня гидролиза макронутриентов (жиров и углеводов) под действием пищеварительных ферментов, что предотвращает резкое повышение их содержания в крови;
- доступность воздействию кишечной микрофлоры, в результате организм получает ценные вторичные нутриенты (витамины группы В и другие).

Функции растворимых и нерастворимых пищевых волокон имеют различия: целлюлозы и гемицеллюлозы оказывают, в основном, действие стимуляторов перистальтики, а пектины являются сорбентами и питательным субстратом для кишечной микрофлоры.

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое питание?
2. Расскажите об отличительных особенностях теории рационального питания.
3. Охарактеризуйте принцип «баланс энергии».
4. Что такое основной обмен?
5. Сколько энергии затрачивается на переваривание пищи?
6. Сколько выделено групп интенсивности труда?
7. Какое питание называется сбалансированным?
8. Назовите суточную потребность организма человека в углеводах.
9. Назовите суточную потребность организма человека в пищевых волокнах.
10. Назовите суточную потребность организма человека в липидах.
11. Назовите суточную потребность организма человека в белках.
12. Что такое эссенциальные факторы питания? Как они иначе называются?
13. Охарактеризуйте принцип «режим питания».
14. Расскажите об отличительных особенностях теории адекватного питания.

## Заключение

В последние годы произошли существенные перемены в обществе и в науке о питании. Появились новые подходы к сбору, анализу и обобщению информации крупномасштабных международных исследований по изучению физиологической роли отдельных макро- и микронутриентов, минорных компонентов пищи и генетически модифицированных источников пищи (ГМИ). Созданы и продолжают создаваться новые теории, концепции и виды питания. Широкое применение получили пищевые и биологически активные добавки к пище, позволяющие модифицировать традиционные состав и свойства пищевых продуктов.

Создание современных и совершенствование технологии получения традиционных продуктов питания требует изучения структуры питания населения России, анализа состояния пищевых и перерабатывающих отраслей агропромышленного комплекса, правильной и продуманной научно-технической политики в области здорового питания с учетом демографических изменений, развития науки в области здорового питания. Важным также является решение вопросов производства растительного белка, биологически активных добавок, пищевых добавок, организация индустрии продуктов детского питания. Без развития пищевой химии достижение этих целей и выполнение задач невозможно.

## Глоссарий

**Авитаминозы** - заболевания, которые развиваются в результате длительного качественно неполноценного питания, в котором отсутствуют соответствующие витамины.

**Азотистое равновесие** - состояние организма, при котором количество выводимого азота равно количеству азота, получаемого с пищей. По количеству поступающего с пищей и выделяющегося, главным образом с мочой, азота судят о благополучии или нарушениях белкового обмена.

**Алиментарные заболевания** - болезни, обусловленные питанием, неадекватным потребностям организма.

**Антиалиментарные факторы питания** - вещества природного происхождения, не обладающие токсичностью, но способные ухудшать или блокировать усвоение нутриентов.

**Амилазы** - ферменты, катализирующие реакции расщепления крахмала.

**Аминокислоты** - органические, содержащие аминогруппы кислоты, которые входят в состав белков животного и растительного происхождения. Аминокислоты делятся на заменимые и незаменимые. Незаменимые кислоты не синтезируются в организме и должны обязательно в определенных количествах поступать с пищей.

**Атеросклероз** - заболевание, связанное с нарушением снабжения органов и тканей кровью в результате снижения эластичности кровеносных сосудов, сужения их просвета вследствие отложения на внутренней поверхности сосудов жировых веществ (холестериновых бляшек).

**Белок** - высокомолекулярное соединение, состоящее из остатков молекул  $\alpha$ -аминокислот, соединенных пептидными связями.

**Белковое голодание** - расстройство здоровья, обычно связанное с недостаточностью в пище белка. К недостатку белка особенно чувствительны дети.

**Витаминоподобные вещества** - незаменимые пищевые биологически активные вещества, дефицит которых в отличие от витаминов не приводит к явно выраженным нарушениям.



**Витамины** - незаменимые органические вещества пищи, поступающие в организм в очень малых количествах. Витамины, как правило, не синтезируются животными организмами и либо поступают с пищей, либо образуются в результате жизнедеятельности обитающих в них микроорганизмов.

**pH (Водородный показатель)** - величина, характеризующая концентрацию ионов водорода в растворе. В чистой воде и нейтральных растворах  $pH=7$ , в кислых -  $pH < 7$ , в щелочных -  $pH > 7$ .

**Водородная связь** - особый вид химической связи, возникающей между активным водородом и высоко электроотрицательным элементом.

**Гексозы** - простые углеводы (моносахариды) с шестью атомами углерода в молекуле. Содержатся в свободном виде и входят в состав дисахаридов и полисахаридов (сложных углеводов) - крахмал, сахарозу, целлюлозу.

**Гемоглобин** - главный белок эритроцитов, придающий им красный цвет. Гемоглобин содержит железо, которое легко соединяется с кислородом и выполняет роль переносчика кислорода от легких к тканям.

**Генетическая модификация** (генетическая инженерия, генная технология) - процесс, при котором лабораторными методами вводят, изменяют или вырезают участки ДНК, содержащие один или несколько генов.

**Генетически модифицированные источники нищи (ГМИ)** - используемые человеком в пищу в натуральном или переработанном виде пищевые продукты (компоненты), полученные из генетически модифицированных организмов.

**Гидрированные жиры** - твердые жиры, полученные путем насыщения водородом двойных связей в ненасыщенных жирных кислотах растительных масел. Гидрированные жиры входят в состав маргаринов, спредов.

**Гидролазы** - ферменты, катализирующие реакции гидролиза сложных органических соединений на несколько более простых.

**Гидролиз** - химическое взаимодействие вещества с водой, при котором сложное вещество распадается на два и более новых веществ.

**Гидрофилы** - влаголюбивые микроорганизмы (в основном бактериальная микрофлора).

**Гидрофильность, гидрофобность** - характеристика интенсивности молекулярного взаимодействия поверхности тел с водой. Может быть отнесено к молекулам и отдельным группам атомов. Гидрофильностью (хорошей смачиваемостью водой) обладают вещества с полярными группами. Гидрофобностью (плохой смачиваемостью) обладает большинство органических соединений с длинноцепочечными углеводородными радикалами.

**Гиповитаминозы** - заболевания, связанные с недостаточным количеством витаминов в организме.

**Гипервитаминозы** - состояние, при котором витамины поступают в организм в количестве, превышающем физиологическую потребность.

**Гликоген** - животный крахмал; углевод из группы полисахаридов. Образуется из сахара крови в печени и мышцах и откладывается там как резервное вещество.

**Глюкоза** - виноградный сахар, углевод из группы моносахаридов, гексоза; обладает сладким вкусом; содержится в растительных и животных организмах.

**Гормоны** - биологически активные вещества. Тонкие регуляторы обменных процессов, образующиеся в железах внутренней секреции.

**Диабет** - заболевание, связанное с недостаточным использованием организмом глюкозы крови, в результате чего в крови накапливаются ацетоновые тела - продукты неполного окисления жиров.

**Дисахариды** - группа углеводов, молекулы которых состоят из двух остатков моносахаридов. К дисахаридам относятся сахароза, лактоза, мальтоза, целлобиоза.

**Дисбактериоз кишечника** - изменение количественного и качественного соотношения микрофлоры кишечника, характеризующееся уменьшением содержания или исчезновением молочнокислых бактерий и бифидобактерий при одновременном повышении количества нехарактерных кишечных микроорганизмов (включая гнилостные и условно-патогенные).

**Жизненно необходимые микроэлементы** - микроэлементы, при отсутствии или недостатке которых нарушается нормальная жизнедеятельность организма человека.

**Здоровое питание** - питание, обеспечивающее рост, нормальное развитие и жизнедеятельность человека, способствующее укреплению его здоровья и профилактике заболеваний.

**Здоровье** - состояние полного физического, психического и социального благополучия, а не только отсутствие болезней и физических дефектов.

**Идеальный белок** - белок, имеющий оптимальный для удовлетворения потребности человека аминокислотный состав.

**Изомеразы** - ферменты, катализирующие реакции изомеризации, т.е. катализирующие перенос химических группировок внутри молекулы.

**Иммунитет** - невосприимчивость организма к болезням.

**Инсулин** - белковый гормон, выделяемый поджелудочной железой; регулятор углеводного обмена в организме, поддерживающий нормальный уровень глюкозы в крови.

**Калория** - единица измерения энергии, поступающей в организм с пищей. В результате окисления 1 г углеводов выделяется 4 ккал, 1 г белков - 4 ккал, 1 г жиров - 9 ккал, 1 г алкоголя - 7 ккал энергии.

**Канцерогенные соединения** - вещества, способствующие возникновению злокачественных новообразований.

**Карбогидразы** - ферменты, катализирующие реакции расщепления и синтеза гликозидной связи.

**Катализаторы** - вещества, изменяющие скорость химической реакции.

**Крахмал** - гомополисахарид, состоящий из остатков молекул  $\alpha$ -глюкозы, соединенных 1,4- и 1,6-гликозидными связями.

**Ксенобиотики** - чужеродные вещества химической или органической природы, загрязняющие продукты питания.

**Ксерофилы** - сухолюбивые микроорганизмы (микроскопические грибы).

**Лактоза** - молочный сахар. Способствует развитию в кишечнике полезной микрофлоры, подавляющей рост болезнетворных микробов. Содержится в молоке млекопитающих.

**Лиазы** - ферменты, катализирующие реакции негидролитического отщепления атомов и групп атомов от субстрата с образованием кратной связи или присоединение группировок по месту разрыва кратных связей.

**Лигазы (синтетазы)** - ферменты, катализирующие реакции синтеза.

**Лимитирующая аминокислота** - незаменимая аминокислота, скор которой меньше 100 %.

**Липазы** - ферменты, катализирующие реакции расщепления жиров.

**Липиды** - высокомолекулярные соединения, являющиеся производными жирных кислот, спиртов, построенных с помощью сложноэфирной, простой эфирной, гликозидной, амидной и других связей.

**Липоиды** - группа жироподобных веществ природного происхождения включающая фосфолипиды, стероиды и др.

**Липопротеины** - сложные белки, в состав которых входят белки, жиры или жироподобные вещества.

**Липотропное действие** - способность ряда веществ, в частности холина, уменьшать накопление жира в печени. Это важное свойство позволило причислить холин к группе витаминов. Липотропным действием обладает не только холин, но и соединения, из которых он образуется в организме, в частности незаменимая аминокислота метионин и ряд белков.

**Макронутриенты** - это компоненты пищи, потребность в которых в сутки измеряется десятками и сотнями граммов; к ним относятся белки, углеводы, липиды.

**Макроэлементы** - содержащиеся в пищевых продуктах химические элементы, суточная потребность которых измеряется не менее чем десятками миллиграммов.

**Мезофилы** - средневлаголюбивые микроорганизмы (различные расы дрожжей).

**Мембранное пищеварение** - вид пищеварения, который осуществляется с помощью ферментов, сосредоточенных на микроворсинках, расположенных по стенкам тонкого кишечника.

**Микронутриенты** - это компоненты пищи, потребность в которых в сутки измеряется граммами, миллиграммами, микрограммами; к ним относятся витамины, минеральные вещества.

**Микроэлементы** - химические вещества, содержащиеся в организме человека и животных в низких концентрациях, составляющих микрограммы на 1 г массы тканей.

**Минорные компоненты пищи** - вещества различного химического строения, присутствующие в пищевых продуктах (флавоноиды, органические кислоты) в следовых количествах, обладающие специфическим (защитным, регуляторным) влиянием на разнообразные функции отдельных метаболических систем и организма в целом.

**Моносахариды** - простые углеводы (глюкоза, фруктоза, галактоза, арабиноза, ксилоза, рибоза).

**Мутагенное воздействие** - воздействие, приводящее к качественным и количественным изменениям в генетическом аппарате клеток.

**Насыщенные жирные кислоты** - жирные кислоты, не содержащие ненасыщенных связей. Жиры, содержащие много насыщенных жирных кислот (стеариновую, пальмитиновую), например, баранье сало, при обычной температуре имеют твердую консистенцию.

**Незаменимые аминокислоты** - это  $\alpha$ -аминокислоты, которые синтезируются только растениями и не синтезируются в организме человека, они должны доставляться с пищей. Являются эссенциальным фактором питания.

**Ненасыщенные жирные кислоты** - жирные кислоты, содержащие одну или несколько двойных связей; к ним относятся олеиновая, линолевая, линоленовая, арахионовая кислоты и др. Масла, содержащие большой процент ненасыщенных жирных кислот, при комнатной температуре имеют жидкую консистенцию. Линолевая и линоленовая жирные кислоты, содержащие по несколько двойных связей, не синтезируются в организме в достаточном количестве и относятся к незаменимым факторам питания.

**Нуклеопротеиды** - сложные белки, состоящие из простых белков и нуклеиновых кислот. В организме выполняют роль регуляторов синтеза белка и носителей наследственных свойств.

**Нутрициология** - наука о питании.

**Нутриенты** - пищевые вещества.

**Оксидоредуктазы** - ферменты, катализирующие окислительно-восстановительные реакции.

**Олигазы** - ферменты, расщепляющие гликозидную связь в гликозидах и олигосахаридах.

**Пектины** - гетерополисахариды, составная часть многих плодов и корнеплодов; в организме человека активно связывают тяжелые металлы, радионуклиды, улучшают перистальтику кишечника и способствуют ускоренному выведению токсинов из организма.

**Пептидная связь** - это связь, образуемая между карбоксильными группами и аминогруппами молекул аминокислот.

**Пептиды** - класс органических соединений, состоящих из двух (дипептиды) и более (олигопептиды, полипептиды) остатков  $\alpha$ -аминокислот. Многие полипептиды образуются при неполном гидролизе белков.

**Первая лимитирующая аминокислота** - лимитирующая аминокислота, скор которой имеет самое низкое значение.

**Пестициды** - яды химического и биологического происхождения, используемые в сельском хозяйстве для защиты культурных растений от сорняков (гербициды), насекомых (инсектициды), болезней (фунгициды).

**Питание** - это последовательные процессы поступления, переваривания, всасывания и усвоения в организме пищевых веществ.

**Пищеварение** - это совокупность процессов, связанных с потреблением и усвоением в организме веществ, входящих в состав пищи.

**Пищевая ценность продуктов питания** - содержание в продуктах белков, жиров, углеводов. Единица измерения - г/100 г продукта.

**Пищевой рацион** - совокупность пищевых продуктов, потребляемых в течение дня (суток).

**Пищевые волокна** - сложные углеводы, входящие в состав продуктов растительного происхождения, которые практически не усваиваются в кишечнике и выполняют роль естественных сорбентов, связывая многие токсические вещества, а также холестерин. Являются питательным веществом для естественной микрофлоры кишечника и тем самым, способствуют нормализации состава кишечных микроорганизмов.

**Пищевые продукты** - объекты животного, растительного происхождения, используемые в пищу в натуральном или переработанном виде в качестве источника энергии, пищевых и вкусоароматических веществ.

**Полиазы** - ферменты, катализирующие реакции гидролиза полисахаридов.

**Полиненасыщенные жирные кислоты** - незаменимые соединения, выполняющие важную роль в обмене веществ. Недостаточность полиненасыщенных кислот в пище (линолевой, линоленовой) нарушает обмен холестерина и способствует развитию атеросклероза. Недостаточность этих кислот в пище затрудняет нормальное развитие растущего организма и отражается на здоровье взрослых. Большое количество полиненасыщенных жирных кислот содержится в растительных жирах.

**Полисахариды** - группа сложных углеводов, при гидролизе распадающихся на несколько молекул моносахаридов; к ним относятся крахмал, гликоген, целлюлоза, инулин, слизи, гумми.

**Протеазы** - ферменты, катализирующие реакции расщепления и синтеза пептидной связи.

**Полостное пищеварение** - вид пищеварения, который происходит в пищевых полостях - ротовой, желудочной, кишечной.

**Режим питания** - это соблюдение определенного времени и числа приемов пищи, рациональное распределение пищи при каждом приеме.

**Резервные жиры** - жиры, которые откладываются в так называемых жировых депо, где сосредоточена жировая ткань; по мере необходимости резервные жиры мобилизуются как источники энергии.

**Сбалансированное питание** - это питание, при котором качественный и количественный состав пищевого рациона полностью соответствует потребностям организма.

**Свободная влага** - это влага не связанная полимером и доступная для протекания биохимических, микробиологических, химических процессов.

**Связанная влага** - это ассоциированная вода, прочно связанная с компонентами пищи - белками, углеводами, липидами за счет химических и физических связей.

**Стерины** - жироподобные углеводороды полициклического строения. Наиболее распространенными стеринами в организме животных являются холестерин и его эфиры.

**Тератогенное воздействие** - воздействие, приводящее к аномалиям развития плода.

**Трансферазы** - ферменты, катализирующие перенос атомных группировок от одного соединения к другому, т.е. межмолекулярный перенос.

**Ультрамикроэлементы** - содержащиеся в пищевых продуктах химические элементы, суточная потребность в которых менее чем 1 микрограмм на 1 г массы тела.

**Усвояемость пищи** - степень использования организмом содержащихся в пище нутриентов.

**Условно необходимые микроэлементы** - микроэлементы, жизненная необходимость которых не доказана безусловно.

**Ферментный препарат** - препарат, включающий в себя несколько ферментов.

**Ферменты** - биологические катализаторы, сложные органические вещества белковой природы. В состав многих сложных ферментов входят витамины. Ферменты играют важнейшую роль в обмене веществ, ускоряя химические реакции в живых организмах.

**Фосфатиды** - жироподобные вещества, в состав которых входит остаток фосфорной кислоты. Наиболее распространенный фосфатид - лецитин, в составе которого имеется холин.



**Фруктоза** - фруктовый сахар, гексоза, углевод из группы моносахаридов; обладает сладким вкусом; содержится в растительных объектах.

**Холестерин** - жироподобное вещество из группы стеридов, которое входит в состав оболочек и других частей клеток и тканей организма.

**Холин** - азотсодержащий спирт, обладающий так называемым липотропным действием, т. е. способностью уменьшать накопление жира в печени. Это свойство холина позволило причислить его к группе витаминов (витамин В<sub>4</sub>).

**Целлюлоза** - гомополисахарид, входящий в состав большинства растительных организмов, является основой клеточных стенок.

**Цианогенные гликозиды** - это гликозиды, которые при гидролизе выделяют синильную кислоту.

**Эндогенная вода** - вода, образующаяся в организме человека при окислении макронутриентов (белков, жиров, углеводов).

**Энергетическая ценность пищевого продукта** - это энергия, которая освобождается из пищевых веществ (белков, жиров, углеводов) в процессе биологического окисления. Единица измерения - ккал/г или кДж/г.

**Эссенциальные вещества** - компоненты пищи не синтезирующиеся в организме человека. Иначе называются незаменимыми.

**Эстеразы** - ферменты, катализирующие реакции расщепления и синтеза сложной эфирной связи.

## Список использованных источников

1. Пищевая химия : учебник для вузов / под ред. А. П. Нечаева .- 4-е изд., испр. и доп. - СПб. : ГИОРД, 2007. - 640 с. - ISBN 5-98879-011-9.
2. Скурихин, И. М. Все о пище с точки зрения химика : справочник / И. М. Скурихин, А. П. Нечаев. - М. : Высш. шк., 1991. - 288 с. - ISBN 5-06-000673-5.
3. Дроздова, Т. М. Физиология питания : учеб. для вузов /Т. М. Дроздова, П. Е. Влощинский, В. М. Позняковский. - Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2007. - 352 с. - ISBN 5-94087-693-5.
4. Рогов, И. А. Химия пищи : учеб. для вузов / И. А. Рогов, Л. В. Антипова, Н. И. Дунченко. - М.: КолосС, 2007. - 854 с. - ISBN 978-5-9532-0408-8.