

Е.Д. Амбросьева

# ФИЗИОЛОГИЯ ПИТАНИЯ

Рекомендовано

Экспертным советом УМО в системе ВО и СПО

в качестве **учебника** для студентов, обучающихся

по направлениям «Технология продукции

и организация общественного питания» и «Товароведение»

УДК 612.3(075.8)  
ББК 28.707.3я73  
А61

**Рецензент**

**В.И. Криштафович**, заведующая кафедрой товароведения и экспертизы товаров  
АНО ОВО Центросоюза РФ «Российский университет кооперации», д-р техн.  
наук, проф.

**Амбросьева, Елена Дмитриевна.**

Физиология питания : учебник / Е.Д. Амбросьева. — Москва : КНОРУС,  
А61 2018. — 306 с. — (Бакалавриат).

**ISBN 978-5-406-05926-5**

Рассмотрены основы физиологии человека; химический состав и структура пищевых веществ; их пищевая и биологическая ценность; нормы потребления нутриентов; изменения, происходящие с нутриентами при кулинарной обработке; энергетический обмен, связанный с пищевыми веществами; основные концепции питания населения и методы оценки его адекватности; дифференцированное питание различных групп населения. Приведены признаки патологических состояний, связанных с избыточным и недостаточным потреблением пищевых веществ, даны основы лечебно-профилактического питания. Рассмотрены вредные компоненты пищи и вопросы, связанные с генетически модифицированными продуктами питания.

Соответствует ФГОС ВО последнего поколения.

*Для студентов бакалавриата, обучающихся по направлениям «Технология продукции и организация общественного питания», «Товароведение», а также по другим технологическим направлениям пищевого профиля. Может быть полезен преподавателям, научным сотрудникам и специалистам, связанным с продуктами питания и пищевыми производствами.*

УДК 612.3(075.8)  
ББК 28.707.3я73

Амбросьева Елена Дмитриевна

**ФИЗИОЛОГИЯ ПИТАНИЯ**

Изд. № 8613. Подписано в печать 27.10.2017. Формат 60×90/16.

Гарнитура «Newton». Печать офсетная.

Усл. печ. л. 19,5. Уч.-изд. л. 15,2. Тираж 500 экз.

ООО «Издательство «КноРус».

117218, г. Москва, ул. Кедрова, д. 14, корп. 2.

Тел.: 8-495-741-46-28.

E-mail: office@knorus.ru <http://www.knorus.ru>

Отпечатано в АО «Т8 Издательские Технологии».

109316, г. Москва, Волгоградский проспект, д. 42, корп. 5.

Тел.: 8-495-221-89-80.

**ISBN 978-5-406-05926-5**

© Амбросьева Е.Д., 2018

© ООО «Издательство «КноРус», 2018

|                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Предисловие .....                                                                            | 5   |
| <b>Глава 1. ПИЩЕВЫЕ ВЕЩЕСТВА И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В ПИТАНИИ</b> .....                               | 8   |
| 1.1. Химическая организация живых систем .....                                               | 8   |
| 1.2. Белки .....                                                                             | 12  |
| 1.2.1. Основные функции белков .....                                                         | 12  |
| 1.2.2. Химический состав и структура белков .....                                            | 16  |
| 1.2.3. Биологическая и пищевая ценность белков.....                                          | 22  |
| 1.2.4. Нормы потребления белков .....                                                        | 30  |
| 1.3. Жиры .....                                                                              | 31  |
| 1.3.1. Основные функции жиров.....                                                           | 32  |
| 1.3.2. Химический состав и структура жиров.....                                              | 34  |
| 1.3.3. Характеристика жиров и жироподобных веществ .....                                     | 38  |
| 1.3.4. Пищевая и биологическая ценность жиров .....                                          | 43  |
| 1.3.5. Нормы потребления жиров и жироподобных веществ .....                                  | 44  |
| 1.4. Углеводы .....                                                                          | 45  |
| 1.4.1. Основные функции углеводов .....                                                      | 45  |
| 1.4.2. Химический состав и классификация углеводов .....                                     | 47  |
| 1.4.3. Характеристика простых и сложных углеводов и их значение .....                        | 47  |
| 1.4.4. Гликемический индекс.....                                                             | 54  |
| 1.4.5. Нормы потребления углеводов .....                                                     | 57  |
| 1.5. Витамины .....                                                                          | 58  |
| 1.5.1. Классификация витаминов.....                                                          | 58  |
| 1.5.2. Витамины .....                                                                        | 59  |
| 1.5.3. Характеристика водорастворимых витаминов .....                                        | 61  |
| 1.5.4. Характеристика жирорастворимых витаминов.....                                         | 69  |
| 1.5.5. Характеристика витаминоподобных веществ .....                                         | 72  |
| 1.5.6. Нормы потребления и источники витаминов.....                                          | 75  |
| 1.6. Вода .....                                                                              | 80  |
| 1.6.1. Основные функции воды .....                                                           | 81  |
| 1.6.2. Нормы потребления воды .....                                                          | 86  |
| 1.7. Минеральные вещества.....                                                               | 86  |
| 1.7.1. Характеристика макро- и микроэлементов .....                                          | 88  |
| 1.7.2. Нормы потребления и источники минеральных веществ .....                               | 97  |
| Контрольные вопросы и задания .....                                                          | 104 |
| <b>Глава 2. ИЗМЕНЕНИЯ ПИЩЕВЫХ ВЕЩЕСТВ</b><br><b>ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ</b> ..... | 106 |
| 2.1. Изменения пищевых веществ при хранении .....                                            | 106 |
| 2.2. Изменения пищевых веществ при тепловой обработке .....                                  | 108 |
| 2.3. Изменения пищевых веществ при холодильной обработке .....                               | 110 |
| Контрольные вопросы и задания .....                                                          | 111 |
| <b>Глава 3. ОСНОВЫ ФИЗИОЛОГИИ ЧЕЛОВЕКА</b> .....                                             | 112 |
| 3.1. Система пищеварения .....                                                               | 112 |

|                                                                                                             |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.1.1. Строение и функции органов пищеварительного тракта .....                                             | 113        |
| 3.1.2. Процессы всасывания и усвоения пищевых веществ .....                                                 | 123        |
| 3.2. Опорно-двигательная система .....                                                                      | 127        |
| 3.3. Сердечно-сосудистая система .....                                                                      | 131        |
| 3.4. Выделительная система .....                                                                            | 135        |
| 3.5. Дыхательная система .....                                                                              | 138        |
| 3.6. Нервная система .....                                                                                  | 141        |
| 3.7. Эндокринная система .....                                                                              | 146        |
| 3.8. Анализаторы .....                                                                                      | 151        |
| Контрольные вопросы и задания .....                                                                         | 155        |
| <b>Глава 4. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОБМЕН ОРГАНИЗМА .....</b>                                                        | <b>157</b> |
| 4.1. Суточный расход энергии человека .....                                                                 | 158        |
| 4.2. Энергетическая ценность пищи .....                                                                     | 160        |
| Контрольные вопросы и задания .....                                                                         | 163        |
| <b>Глава 5. ТИПЫ ПИТАНИЯ ЗДОРОВОГО ЧЕЛОВЕКА .....</b>                                                       | <b>164</b> |
| 5.1. Рациональное питание .....                                                                             | 164        |
| 5.2. Альтернативное питание .....                                                                           | 171        |
| Контрольные вопросы и задания .....                                                                         | 183        |
| <b>Глава 6. ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЕ ПИТАНИЕ<br/>РАЗЛИЧНЫХ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ .....</b>                              | <b>185</b> |
| 6.1. Факторы, определяющие потребности человека<br>в пищевых веществах и энергии .....                      | 185        |
| 6.2. Пищевой статус организма .....                                                                         | 188        |
| 6.3. Особенности питания различных групп населения .....                                                    | 197        |
| Контрольные вопросы и задания .....                                                                         | 219        |
| <b>Глава 7. ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЕ ПИТАНИЕ .....</b>                                                      | <b>220</b> |
| 7.1. Основные принципы диетического питания .....                                                           | 221        |
| 7.2. Питание при различных заболеваниях .....                                                               | 227        |
| 7.3. Характеристика стандартных диет .....                                                                  | 229        |
| 7.4. Лечебно-профилактическое питание рабочих,<br>занятых на производствах с вредными условиями труда ..... | 233        |
| Контрольные вопросы и задания .....                                                                         | 243        |
| <b>Глава 8. ЗАЩИТНЫЕ И ТОКСИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ ПИЩИ .....</b>                                                | <b>244</b> |
| 8.1. Защитные компоненты пищевых продуктов .....                                                            | 244        |
| 8.2. Вредные компоненты пищи природного происхождения .....                                                 | 249        |
| 8.3. Вредные компоненты пищи искусственного происхождения .....                                             | 253        |
| Контрольные вопросы и задания .....                                                                         | 256        |
| <b>Глава 9. ГЕНЕТИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННЫЕ<br/>ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ .....</b>                                     | <b>257</b> |
| Контрольные вопросы и задания .....                                                                         | 264        |
| Список литературы .....                                                                                     | 265        |
| Предметный указатель .....                                                                                  | 267        |
| Приложения .....                                                                                            | 274        |

Пища является одним из важнейших биологических факторов, обеспечивающих все аспекты жизнедеятельности человека: его рост, развитие и обновление тканей, здоровье, работоспособность, творческую реализацию, отдых, профилактику преждевременного старения, предупреждение и лечение болезней. Кроме того, что компоненты пищи — конструктивный и энергетический материал, она является источником многих регуляторных и защитных факторов, обеспечивающих удивительную согласованность деятельности всех систем организма и его борьбу против неблагоприятных воздействий. Кроме обоснованной пользы для здоровья, еда — один из факторов, формирующих эмоциональное состояние человека: вкус пищи, ее аромат, внешний вид, время потребления влияют на настроение. Однако при неграмотном подходе к потреблению пищи она становится нашим врагом. Великий просветитель древности Пифагор говорил: «Никто не должен преступать меру ни в пище, ни в питании». Питание недостаточное или избыточное по качественному и количественному составу пищевых веществ и других компонентов пищи приводит к развитию целого ряда так называемых болезней неправильного питания, снижению устойчивости организма к инфекционным заболеваниям и воздействию различных неблагоприятных факторов окружающей среды. Нарушение сбалансированности питания особо опасно тем, что последующие патологические изменения организма проявляются не сразу — поврежденные звенья обмена веществ накапливаются медленно, но неуклонно и со временем приводят к недугам, зачастую трудноизлечимым. Поэтому развитие наук, занимающихся изучением продовольственных товаров и закономерностей питания человека, в настоящее время является одной из наиболее актуальных проблем современной науки.

Наука о питании по праву считается одной из самых древних. Когда человечество научилось добывать огонь и стало подвергать пищу тепловой обработке, произошло открытие способа улучшения усвояемости пищевых веществ и началась эра технологической обработки пищевых продуктов. Многие крупные естествоиспытатели древности, Средних веков и последующих исторических периодов внесли свой вклад в науку о питании. Гиппократ, Гален, Пифагор, Сократ, Авиценна, Аристотель и другие не только прекрасно знали о важности питания, но и делали попытки систематизировать эти знания. Например, Гиппократ (460—377 гг. до н.э.) утверждал, что количество принимаемой пищи зависит от конституции тела, возраста, времени года, погоды, местности;

Аристотель (384—322 гг. до н.э.) ввел понятия необходимых и вредных веществ пищи; Авиценна (980—1037) считал, что пища в зависимости от состава может действовать на организм трояко: по качеству, по элементам, по некоторым субстанциям, а также выделял отдельные требования к питанию детей, стариков, больных людей и людей, работающих с различной физической нагрузкой. На основании развития химии, физики, экспериментальной медицины огромный вклад в развитие науки о питании внесли выдающиеся ученые XVII—XVIII вв. А. Лавуазье, Ю. Либих, Ф. Биддер, К. Шмидт, М. Петтенкофер, М. Рубнер, К. Фойт, Р. Реомюра, Л. Спалланцани и другие. Закон сохранения материи и энергии, сформулированный великим русским ученым М.В. Ломоносовым (1711—1765), стал основой для изучения количественных соотношений между веществами, поступающими в организм, и энергетическими затратами, необходимыми для обеспечения процессов жизнедеятельности. В России закономерности питания успешно изучали А.П. Доброславин (1842—1889), А.Я. Данилевский (1838—1923), Ф.Ф. Эрисман (1842—1915), Г.В. Хлопин (1863—1929), И.П. Павлов (1849—1936), Н.И. Лунин (1853—1937) А.А. Покровский (1916—1976), А.М. Уголев (1926—1991) и многие другие ученые.

Вопросы, связанные с различными аспектами питания, в настоящее время изучает наука физиология питания, которая давно стала самостоятельным разделом общей физиологии. **Физиология** (от греч. *physis* — «природа» и *logos* — «учение») — наука, изучающая процессы жизнедеятельности организма, его различных органов и систем, их взаимодействие друг с другом и с внешней средой. **Физиология питания** изучает процессы превращения пищевых веществ в энергию и структурные элементы тканей тела человека. **Цель науки** — определение оптимальных потребностей организма в пищевых веществах и условий переваривания пищи, а также пути дальнейшего использования ее в организме. Важнейшими **задачами**, стоящими перед физиологией питания, являются дифференцированная разработка оптимальных рационов для различных групп населения и разработка конкретных рекомендаций по применению новых продуктов и пищевых добавок. Последняя задача в настоящее время становится особенно актуальной, поскольку физиология питания — наука быстро развивающаяся, активно обогащающаяся новыми фактами и методами анализа, так как современное питание ежегодно дополняется новыми продуктами и пищевыми компонентами, способами технологической обработки, оборудованием. Поэтому для технологов, товароведов, экспертов пищевой промышленности особо важным становится творческий подход при использовании новых знаний, которые дополняют и оптимизируют

питание населения, построенное на использовании хорошо зарекомендовавших себя традиционных и современных подходов в питании.

Эксперты Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) считают, что состояние здоровья человека на 50% зависит от образа жизни, на 20% — от наследственных факторов, на 20% — от условий внешней среды, на 10% — от уровня медицинской помощи. В категории «образ жизни» и «условия окружающей среды» обязательным компонентом входит питание. Поэтому питание, как общественное, так и индивидуальное, должно в первую очередь учитывать особенности пищевых компонентов, закономерности усвоения пищевых веществ, пользу и вред пищевых добавок.

Физиология питания как наука позволяет не только расширить кругозор студентов, но и является базисом для ряда специальных дисциплин, таких как «Технологии производства продуктов общественного питания», «Специализированное питание», «Лечебно-профилактическое питание», «Товароведение продовольственных товаров» и других, связанных с этой областью народного хозяйства. Изучение дисциплины «Физиология питания» направлено на формирование у студентов таких профессиональных компетенций (ПК), как осознание социальной значимости своей будущей профессии, стремление к саморазвитию и повышению квалификации (ПК-1); умение использовать нормативные и правовые документы в своей профессиональной деятельности (ПК-3); способность использовать знания основных законов естественнонаучных дисциплин для обеспечения качества и безопасности потребительских товаров (ПК-5); умение анализировать рекламации и претензии к качеству товаров, готовить заключения по результатам их рассмотрения (ПК-8); системное представление об основных организационных и управленческих функциях, связанных с закупкой, поставкой, транспортированием, хранением, приемкой и реализацией товаров (ПК-9); знание методов идентификации, оценки качества и безопасности товаров и готовность использовать их для диагностики дефектов, выявления опасной, некачественной, фальсифицированной и контрафактной продукции (ПК-14).

В заключение хочу выразить благодарность моей сестре, Галине Дмитриевне Амбросьевой, которая была идейным вдохновителем этого творческого труда, а сам учебник посвятить ее светлой памяти.

Данный учебник написан на основе современных научных представлений о роли пищи в формировании здорового организма человека, профилактике алиментарных болезней, увеличении продолжительности жизни. При этом я далека от мысли, что написанный учебник совершенен, и буду крайне признательна коллегам за высказанные конструктивные замечания, дополнения и пожелания.

# Глава 1. Пищевые вещества и их значение в питании

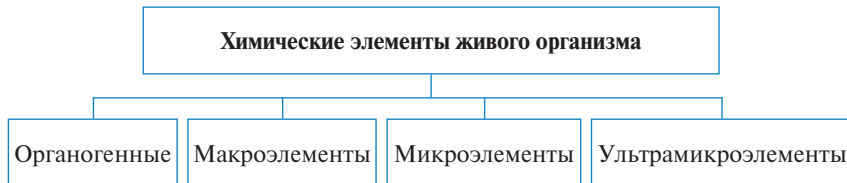
*Наши пищевые вещества должны быть лечебным средством, а наши лечебные средства должны быть пищевыми веществами.*

*Гиппократ*

## 1.1. Химическая организация живых систем

Организм человека, как и любая другая живая система, содержит определенный набор химических элементов, которые, как правило, встречаются в виде химических соединений.

В целом в клетках присутствует около 70 химических элементов, т.е. более половины Периодической таблицы Д.И. Менделеева, однако соотношение их в живом организме неравнозначно. Химические элементы в живом организме в зависимости от их количества подразделяются на несколько групп (рис. 1.1).



**Рис. 1.1.** Классификация химических элементов в живой природе

К **органогенным** относятся четыре химических элемента: углерод, кислород, водород и азот. Органогенными (от рус. «орган» + греч. *genos* — «род, происхождение») они были названы потому, что органические вещества, входящие в состав живой природы, построены преимущественно из углерода, кислорода, водорода и азота. К макроэлементам относятся те химические элементы, содержание которых в организме составляет десятки граммов, а суточная потребность в них измеряется либо в граммах, либо в десятых долях грамма. К макроэлементам принято относить пять металлов — натрий, калий, кальций, магний, железо и три неметалла — хлор, фосфор и сера.

К **микроэлементам** относятся те химические элементы, содержание которых в среднем в организме человека составляет от 10 мг до 5 г — цинк, марганец, медь, кобальт, хром, селен, молибден, йод, фтор и др.



**Ультрамикроэлементы** присутствуют в организме человека в следовых количествах — ванадий, золото, серебро, германий, платина, цезий, никель, бор, кремний и др.

В учебной литературе ультрамикронутриенты зачастую не выделяются в отдельную группу, и это правомочно, поскольку, во-первых, для микронутриентов отведен широкий весовой интервал (от 50 000 мг до 10 мг), во-вторых, абсолютно точного разделения их по количественному содержанию не существует и данная группировка является условной. Так, кобальт и хром присутствуют в организме в меньших количествах (менее 10 мг), чем пределы, ограничивающие группу микронутриентов.

На долю органогенных элементов приходится примерно 98—99% всех химических элементов организма, доля макроэлементов составляет 1—2%, доля микроэлементов не превышает 0,001%, количество ультрамикроэлементов в организме составляет менее 0,0000001% массы тела человека.

Значение химических элементов в живом организме исключительно разнообразно. Органогенные элементы являются компонентами всех органических молекул — белков, жиров, углеводов, витаминов, нуклеиновых кислот, гормонов, фосфолипидов, гликопротеидов и др. Большинство макро- и микроэлементов находятся в клетке не в чистом виде, а в виде соединений, т.е. являются компонентами как неорганических, так и органических молекул. Например:

- натрий, калий, кальций, хлор, фосфор, сера и др. — в виде солей;
- сера входит в состав серосодержащих аминокислот, пигментов, гормонов и других соединений;
- фосфор является обязательным компонентом нуклеиновых кислот, макроэргических соединений АТФ, АДФ;
- железо — компонент гемоглобина, миоглобина, ферментов «дыхательной цепи», пероксидазы, миелопероксидазы, каталазы, тиреопероксидазы, сукцинатдегидрогеназы и других ферментов и белков;
- марганец, медь, цинк — компоненты многих ферментов, например, известно, что марганец входит в состав 12 различных ферментов, медь — 30, а цинк присутствует более чем в 100 ферментах;
- магний является активатором многих ферментов, входит в состав хлорофилла; 80—90% внутриклеточного магния находится в комплексе с АТФ;
- йод участвует в процессе синтеза гормонов тироксина и трийодтиронина.

Химические соединения в живом организме значительно отличаются друг от друга по химическому составу и структуре (рис. 1.2).

В организме человека на долю воды приходится в среднем 70% общей массы, на органические вещества — приблизительно 25%, на долю минеральных веществ — около 5%. Эти показатели являются усредненными, и они могут варьироваться в различных органах и тканях в значительной степени: в одних органах преобладает вода, в других — соли, в третьих — много органических веществ (табл. 1.1).

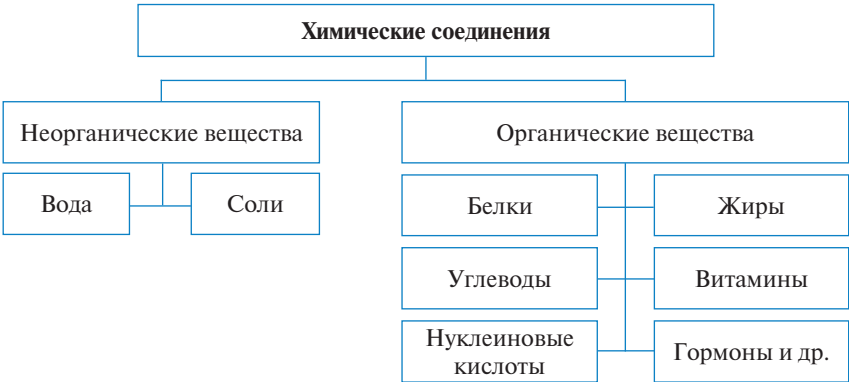


Рис. 1.2. Классификация химических соединений

Организм человека во время роста и развития должен не только построить все органы и ткани соответствующего состава, но и регулярно обновлять «используемый» материал, а также восполнять энергетические траты. Происходит это в результате питания человека, поскольку наша пища представляет собой комплекс химических соединений, называемых нутриентами, в определенном качестве и количестве.

Таблица 1.1

Содержание химических соединений в различных органах и тканях человека

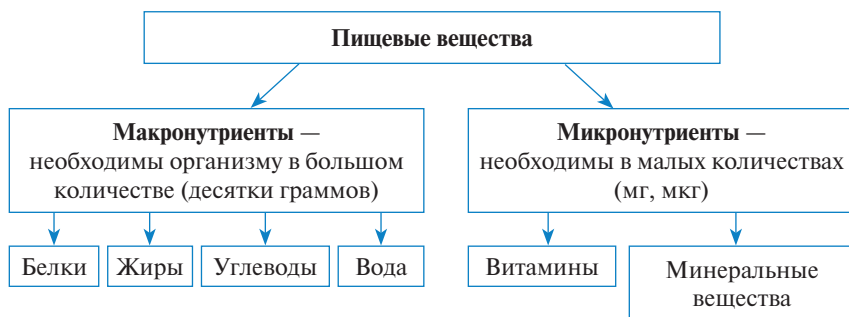
| Орган / ткань | Количество, % |         |                       |
|---------------|---------------|---------|-----------------------|
|               | Вода          | Соли    | Органические вещества |
| Печень        | 70            | менее 1 | 30                    |
| Кости         | 25            | 50      | 25                    |
| Нервная ткань | 77            | 1       | 22                    |
| Кровь         | 80            | 2       | 18                    |
| Волосы        | 15            | 3       | 82                    |

**Нутриенты (пищевые вещества)** — это химические вещества в составе пищевых продуктов, которые организм человека использует для построения, обновления своих органов и тканей, а также для получения из них энергии, необходимой для обеспечения процессов жизнедеятельности.

В зависимости от строения и функционального назначения нутриенты делятся на шесть главных групп: углеводы, белки, жиры, витамины, минеральные вещества и вода, и объединяются они в два больших класса соединений (рис. 1.3).

Основные функции, которые выполняют нутриенты, можно условно объединить в три направления:

- 1) рост и обновление тканей и органов;
- 2) регуляции процессов обмена;
- 3) источники энергии.



**Рис. 1.3. Классификация нутриентов**

Каждая разновидность нутриентов принимает участие во всех перечисленных функциях организма, однако значимость их в той или иной области метаболических процессов разная. В росте и обновлении тканей преимущественно принимают участие белки, жиры и частично — углеводы. В обменных процессах главная роль принадлежит воде, белкам, витаминам и минеральным веществам. Энергетической функцией обладают углеводы, жиры и белки. Конечно, это деление условное, поскольку, как правило, все пищевые вещества участвуют в росте и обновлении организма и регуляции процессов обмена, однако количественная значимость в этих процессах у них различна. Так, для накопления мышечной массы, роста отдельных органов и обновления их клеток необходимы строительные «кирпичики», а это в первую очередь белки и жиры; для регуляции обмена необходима жидкая среда, ферменты (белки) и их кофакторы (витамины, металлы и др.).

Источником энергии для живых объектов может быть любое органическое соединения, в том числе и витамины, однако их количество в организме настолько мало и их молекулы настолько мелки, что энергию, получаемую при расщеплении витаминов, принято не учитывать.

## 1.2. Белки

*Повсюду, где мы встречаем жизнь, мы находим, что она связана с каким-либо белковым телом...*

Ф. Энгельс

Белки — это высокомолекулярные азотсодержащие соединения, состоящие из аминокислот. Они относятся к основным пищевым веществам, без которых невозможны жизнь, рост и развитие организмов.

Значение белков в организме велико и разнообразно: они служат источником аминокислот, необходимых для образования собственных белков нашего организма; являются компонентами сложных ферментов, гормонов, антител, липопротеидов, гликопротеидов и других органических веществ; необходимы для построения клеточных оболочек и внутриклеточных структур; в виде ферментов, гормонов и медиаторов белки контролируют все процессы жизнедеятельности организма. Ф. Энгельс в конце XIX в. в одной из своих работ писал: «Жизнь есть форма существования белковых тел, и эта форма существования заключается по существу в постоянном самообновлении химических составных частей этих тел». Правильность этой мысли подтверждают все последующие научные изыскания современной науки.

Исключительная значимость белков в процессах жизнедеятельности обусловлена их свойствами и функциями.

### 1.2.1. Основные функции белков

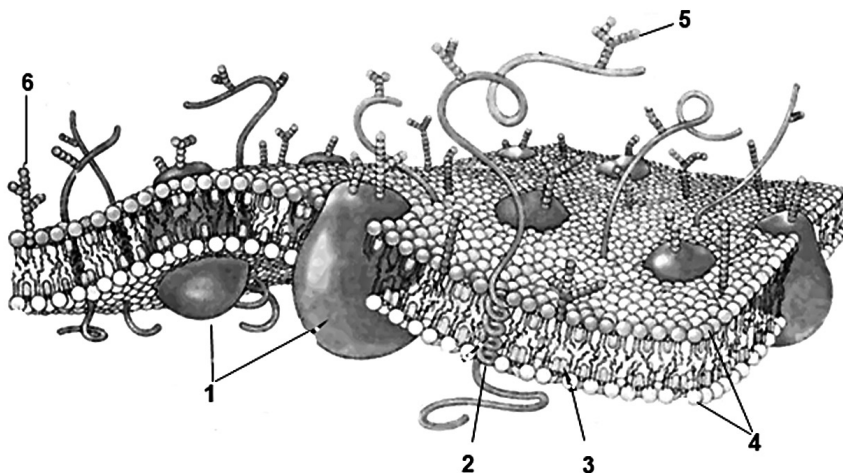
#### *Каталитическая функция*

Всю нашу жизнь можно описать языком химии, т.е. любой процесс (движение руки, переваривание пищи, дыхание, сердцебиение, борьба с инфекциями, формирование мысли, проявление эмоций и многое другое) биохимии могут изложить последовательным набором химических реакций. Все эти реакции протекают в организме с очень высокими скоростями. Некоторые из них человек научился воспроизводить в искусственных условиях, затрачивая на это колоссальные усилия, некоторые недоступны человеку и по сей день. Высокая скорость реакций в живой клетке обеспечивается отдельным

классом белков — ферментами. Ферменты — это биологические катализаторы, обладающие высокой специфичностью по отношению к веществам, вступающим в ту или иную реакцию. Например, амилаза расщепляет молекулы крахмала; липаза катализирует расщепление жиров, эстераза расщепляет сложные эфиры, пептидазы контролируют реакции гидролиза белков. Известно более 2000 ферментов, которые подразделяются на шесть классов в зависимости от характера катализируемой реакции. Изучением ферментов в настоящее время занимается отдельная область биохимии — энзимология.

### *Структурная функция*

Белки как структурные элементы участвуют в построении всех мембранных органоидов клетки — цитоплазматической мембраны, эндоплазматического ретикулума, митохондрий, аппарата Гольджи и др. На рисунке 1.4 представлено схематическое строение мембраны, в ее основе — двойной слой липидов (жиров), который пронизывают многочисленные белки различной структуры. Белки также входят в состав цитоскелета и межклеточного вещества; на органном или системном уровне белковые молекулы составляет основную часть соединительной ткани и производных эпидермиса кожи. Например, главным компонентом соединительной ткани (сухожилий, хрящей, костей, кожи и др.) является фибриллярный белок коллаген, а волосы и ногти содержат нерастворимый белок кератин.



**Рис. 1.4.** Строение клеточной мембраны:

- 1 — глобулярные белки; 2 — фибриллярные белки; 3 — холестерол;  
4 — фосфолипиды; 5 — углеводы; 6 — гликолипиды

### *Транспортная функция*

Поступление в клетки питательных веществ и вывод продуктов распада связан с транспортом, функцию которого выполняет целая группа белков. Наиболее известный пример транспортных белков — гемоглобин, который обеспечивает транспорт кислорода от легких к органам и тканям и углекислого газа в обратном направлении. Альбумин — один из главных белков сыворотки крови переносит билирубин, ионы хлора и кальция, жирные кислоты, гормоны, лекарственные вещества, пигменты.

### *Защитная функция*

В ходе эволюции организм человека выработал различные защитные механизмы от неблагоприятных факторов окружающей среды. Кожа предохраняет организм от воздействия резких колебаний температур, солнечной радиации, служит барьером для проникновения химических веществ из внешней среды и пр. Слюна и плазма крови обладают природной бактерицидной активностью, кроме того, при попадании в организм патогенных микроорганизмов начинается выработка антител — веществ, разрушающих или склеивающих болезнетворные объекты. Основу всех этих защитных веществ составляют белки. В коже — кератин, в слюне — лизоцим, в крови —  $\beta$ -лизин, альбумин и другие факторы, антитела — это  $\gamma$ -глобулины.

### *Регуляция физиологических процессов*

Эту функцию в основном выполняют гормоны. Гормоны по своей структуре не все являются белками, но часть из них либо полностью состоят из белка, либо содержат в своей структуре белковый компонент. Функции этих гормонов очень разнообразны.

*Инсулин* (от лат. insula — «остров»), вырабатываемый поджелудочной железой, снижает концентрацию глюкозы в крови, увеличивает проницаемость плазматических мембран для глюкозы, активирует ключевые ферменты гликолиза (первой стадии расщепления глюкозы), усиливает синтез жиров и белков, стимулирует образование гликогена, подавляет активность ферментов, расщепляющих гликоген и жиры.

*Адренокортикотропный гормон* (от лат. adrenalis — «надпочечный», лат. cortex — «кора» и греч. tropos — «направление»), вырабатываемый передней долей гипофиза, участвует в обмене гормонов стероидного типа, контролирует образование и выделение в кровь гормонов коры надпочечников, стимулирует секрецию инсулина поджелудочной железой, активизирует расщепление жиров.

*Соматотропный гормон* (от греч. soma (somatos) — «тело», tropos — «направление»), или гормон роста, вырабатывается клетками перед-

ней доли гипофиза, стимулирует рост организма в основном за счет увеличения длинных трубчатых костей конечностей, усиливает синтез белка и тормозит его распад, участвует в метаболизме липидов, снижая отложение подкожного жира, регулирует углеводный обмен, как антагонист инсулина.

*Кальцитонин* («кальций» + греч. tones — «напряжение, тонус») — гормон, вырабатываемый щитовидной, вилочковой и паращитовидной железами, участвует в регуляции фосфорно-кальциевого обмена.

Кроме приведенных примеров существует еще целый ряд гормонов, имеющих белковую природу, которые регулируют обмен веществ в организме. К ним относятся пролактин, меланоцитостимулирующий гормон, паратгормон, глюкагон, тиротропный гормон, фолликулостимулирующий гормон, лютеинизирующий гормон, тироглобулин.

### *Двигательная функция*

Некоторые белки способны изменять форму или перемещаться в пространстве. В мышечной ткани функцию сокращения — расслабления выполняют два белка — актин и миозин, на долю которых приходится около 75% общей массы мышечного белка. Активно двигаться могут и другие клетки организма, например, лейкоциты обладают способностью к амёбовидному движению. Такой тип перемещения обеспечивается клеточными микротубулами, которые построены из белка — тубулина.

### *Резервная функция*

К резервным белкам относятся те из них, которые откладываются в виде запасного материала для питания развивающихся клеток и организмов. Для человека наиболее известным примером резервных белков является казеин грудного молока. Кроме того, к запасным белкам принято относить миоглобин, который в основном сосредоточен в мышцах. Миоглобин способен быстро насыщаться кислородом (получая его от гемоглобина), а затем постепенно отдавать мышечной ткани. Ферритин, найденный в некоторых бактериях, а также в растениях, животных и человеке, выполняет резервную функцию как хранитель ионов железа.

### *Энергетическая функция*

При полном расщеплении 1 г белка выделяется 4,1 ккал или 17,6 кДж, которые используются организмом для обеспечения процессов жизнедеятельности. Однако следует знать, что этот путь добычи энергии клетка использует только как запасной вариант, поскольку энергия, скрытая в молекулах белков, является своеобразным «неприкосновенным запасом» и целенаправленное извлечение этой энергии из белка используется организмом лишь в критических случаях, на-

пример при голодании. Энергия, извлеченная из белковых молекул, условно говоря, является положительным побочным эффектом, поскольку при расщеплении белков организмом преследуются не энергодобывающие, а совсем другие цели, например получение строительного материала.

Перечень функций белков этим не ограничивается. Специалисты-биохимики выделяют еще целый ряд возможностей белковых молекул, однако даже приведенный список демонстрирует исключительную важность такого нутриента как белки.

Разнообразные функции белковых молекул обусловлены их химическим составом, структурой и свойствами.

### 1.2.2. Химический состав и структура белков

В состав белков входят органогенные элементы и сера. Некоторые белки содержат фосфор, селен, металлы и др. Процентное содержание химических элементов в белках может варьироваться в зависимости от ткани или органа в пределах, представленных в табл. 1.2.

Поскольку белки являются полимерами, то представляют собой цепочку, состоящую из аминокислот. Аминокислотная последовательность в белковой молекуле всегда задана генетически. При этом нить аминокислот еще не является белком как таковым, т.е. она не способна выполнять функции белка. В живой клетке белки представляют собой не бесформенные нити аминокислот, а исключительно структурированные образования, имеющие определенную пространственную конфигурацию.

Таблица 1.2

#### Содержание химических элементов в белковых молекулах

| Химический элемент | Количество в пересчете на сухое вещество, % |         |
|--------------------|---------------------------------------------|---------|
|                    | Пределы                                     | Среднее |
| Углерод            | 50,6—54,5                                   | 53,0    |
| Кислород           | 21,5—23,5                                   | 22,0    |
| Азот               | 15,0—18,4                                   | 16,0    |
| Водород            | 6,5—7,3                                     | 7,0     |
| Сера               | 0,3—2,5                                     | 1,5     |
| Фосфор             | 0,5—0,6                                     | 0,5     |

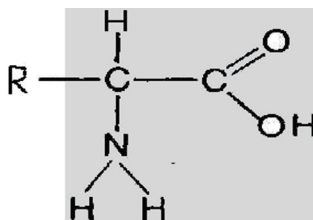
В пространственной организации белковой молекулы различают четыре уровня. *Первичная структура* — последовательность аминокислот в виде цепочки. *Вторичная структура* — цепочка аминокислот



закручена в виде  $\alpha$ -спирали. *Третичная структура* — пространственное расположение полипептидной цепи может быть в виде клубка (глобулярные белки) или в виде волокна (фибриллярные белки) (рис. 1.4). Глобулярные белки хорошо растворимы в воде, к ним относятся яичный белок, казеин молока, белки плазмы крови. Фибриллярные белки либо нерастворимы в воде, либо плохо растворимы, к ним относятся белки мышц, костей, некоторые белки крови (фибрин). *Четвертичная структура* — объединение нескольких полипептидных цепей, которые могут иметь разные первичную, вторичную и третичную структуры.

В зависимости от строения третичной и четвертичной структуры белки делят на простые и сложные. Простые белки — *протеины* состоят только из аминокислот, сложные белки — *протеиды* содержат в своем составе белковую и небелковую части. Небелковая часть — *кофактор* может быть представлена нуклеиновыми кислотами, липидами, сахарами, витаминами, фосфорной кислотой и другими соединениями.

Свойства и структура белка определяются набором входящих в него аминокислот, их общим числом, последовательностью соединения друг с другом и пространственной конфигурацией самой молекулы. Аминокислота — это мелкое органическое соединение, содержащее две функциональные группы, одна из которых имеет кислотные свойства — карбоксильная группа, другая — аминогруппа проявляет себя как основание. Общая структурная формула выглядит следующим образом:



где:

COOH — карбоксильная группа;

NH<sub>2</sub> — аминогруппа;

R — радикал.

Группировка, отмеченная серым цветом, присутствует у всех аминокислот в неизменном виде, а радикал у каждой аминокислоты свой — по строению радикала собственно и отличаются аминокислоты одна от другой

В настоящее время известно около 200 аминокислот, но в состав белка входят лишь 20 из них (табл. 1.3), в связи с чем их еще называют

«волшебными аминокислотами». Главное назначение аминокислот — это участие в построении белковых молекул организма. Но кроме этого аминокислоты самостоятельно выполняют разнообразные функции, представленные в табл. 1.3.

Часть этих аминокислот, а именно 12, могут синтезироваться в организме человека в достаточном или ограниченном количестве. Аминокислоты, которые синтезируются в организме в достаточном количестве, называются **заменимыми аминокислотами**. К ним относятся *аланин, аспарагин, аспарагиновая кислота, глицин, глутамин, глутаминовая кислота, пролин, серин, тирозин, цистеин*. Аминокислоты, которые синтезируются в организме в ограниченном количестве, получили название **частично заменимые аминокислоты**. Такими аминокислотами являются *аргинин* и *гистидин*, у взрослого человека они синтезируются в необходимом количестве, а у детей — в недостаточном.

Таблица 1.3

### Краткая характеристика аминокислот

| Название                      | Функция                                                                                                                                                | Источник                                                                                                           | Потребность, г |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 1                             | 2                                                                                                                                                      | 3                                                                                                                  | 4              |
| <b>Заменимые аминокислоты</b> |                                                                                                                                                        |                                                                                                                    |                |
| <i>Аланин</i>                 | Превращается в печени в глюкозу, участвуя в процессе глюконеогенеза                                                                                    | Крупа овсяная, крупа рисовая, молоко и молочные продукты, говядина, лосось                                         | 6,6            |
| <i>Аргинин</i>                | Участвует в белковом обмене (орнитиновый цикл). Ускоряет заживление ран. Препятствует образованию опухолей. Очищает печень, укрепляет иммунную систему | Грецкие орехи, кедровые орехи, семена тыквы, семена подсолнечника, семена кунжута, соевые бобы, молоко, мясо, рыба | 6,1            |
| <i>Аспарагин</i>              | Участвует в реакциях переаминирования. Играет важную роль в синтезе аммиака. Предшественник аспарагиновой кислоты                                      | Бобовые, спаржа, томаты, орехи, семена, молоко, мясо, яйца, рыба, морепродукты                                     | 11—14          |
| <i>Аспарагиновая кислота</i>  | Участвует в процессе глюконеогенеза и последующем запасании гликогена, в процессах синтеза ДНК и РНК. Ускоряет выработку иммуноглобулинов              | Картофель, кокос, орехи, говядина, сыр, яйца                                                                       |                |

## Список литературы

1. *Амбросьева Е.Д.* Анализ уровня безопасности пищевого сырья и продуктов, содержащих генетически модифицированные организмы // *Фундаментальные и прикладные исследования кооперативного сектора экономики*. Научно-теоретический журнал. 2008. № 3. С. 130—136.
2. *Биохимия : учебник / под ред. Е.С. Северина*. М. : ГЭОТАР-МЕД, 2004.
3. *Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов*. СанПиН 2.3.4.1078—01. М., 2002.
4. *Сборник рецептов блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания / сост. Л.Е. Голунова*. М. : Профи-информ, 2005.
5. *Дроздова Т.М., Влощинский П.Е., Позняковский В.М.* Физиология питания : учебник. М. : ДеЛи плюс, 2012.
6. *Королева М.* Правила сытой стройности. М. : Астрель, 2014.
7. *Ленинджер А.* Основы биохимии : учебник : в 3 т. М. : Мир, 1985.
8. *Лисин П.А., Молибога Е.А., Канушина Ю.А., Смирнова Н.А.* Оценка аминокислотного состава рецептурной смеси пищевых продуктов // *Аграрный вестник Урала*. 2012. № 3 (95). С. 26—28.
9. *Любимова З.В., Маринова К.В., Никитина А.А.* Возрастная физиология. Ч. 1. М. : Владос, 2004.
10. *Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации*. МР 2.3.1.2432—08 (Утверждено Главным санитарным врачом Российской Федерации 18.12.2008).
11. *Организация лечебного питания в лечебно-профилактических учреждениях : Методические рекомендации*. Департамент развития медицинской помощи и курортного дела. М., 2005.
12. *Приказ Минздравсоцразвития России от 16.02.2009 № 46н «Об утверждении перечня производств, профессий и должностей, работа в которых дает право на бесплатное получение лечебно-профилактического питания в связи с особо вредными условиями труда, рационов лечебно-профилактического питания, норм бесплатной выдачи витаминных препаратов и правил бесплатной выдачи лечебно-профилактического питания»*.
13. *Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 05.08.2003 № 330 «О мерах по совершенствованию лечебного питания в лечебно-профилактических учреждениях Российской Федерации» (с изменениями на 21.06.2013)*.

14. *Рогов И.А., Антипова Л.В., Дунченко Н.И.* Химия пищи : учебник. М. : КолосС, 2007.
15. *Скурихин И.М., Тутельян В.А.* Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания : справочник. М. : ДеЛи принт, 2008.
16. Химический состав пищевых продуктов. Кн. 2 / под ред. И.М. Скурихина, М.Н. Волгарева. М. : Агропромиздат, 1987.
17. *Спиричев В.Б.* Теоретические и практические аспекты современной витаминологии // Вопросы питания. 2005. № 5. С. 32—48.
18. Технический регламент Таможенного союза ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».
19. *Физиология человека : учебник. В 2 т. / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько.* М. : Медицина, 1997.
20. *Шангин-Березовский Г.Н., Лазарева Н.Ю.* Возможность замены минеральных удобрений на воду с памятью о них для развития растений. М. : МНТЦ Вент, 1991.
21. Эндокринология: Руководство для врачей / под ред. В.В. Потемкина. М. : Медицинское информационное агентство (МИА), 2013.
22. *Robinson H., Lawler Marilyn R., Chenoweth Wanda L., Garwick Anne E.* Normal and Therapeutic Nutrition, 17th ed. Corinne Macmillan Publishing Company, 1986.
23. <http://biofile.ru/> — Научно-информационный журнал.
24. <http://rospotrebnadzor.ru/> — Официальный сайт службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.
25. <http://www.intelmeal.ru/> — Сайт посвящен вопросам здорового образа жизни, правильному питанию, фитнесу, питанию при занятиях спортом и т.д.
26. <http://www.tryphonov.ru/> — Энциклопедия, посвященная пневмапсихо-соматологии человека.
27. <http://www.twirpx.com/> — Библиотечный сайт.
28. <http://www.vitamini.ru/> — Сайт, посвященный витаминам.
29. <https://ru.wikipedia.org/> — Свободная энциклопедия.
30. <http://www.znaytovar.ru/> — Сайт, посвященный товароведению и экспертизе товаров.