

РАЗДЕЛ 1. **БЕЛКИ. ФЕРМЕНТЫ**

Глава 1. БЕЛКИ: СТРУКТУРА, СВОЙСТВА, **БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ.**

Основные вопросы, рассматриваемые в настоящей главе

1. Элементарный состав белков
 2. Аминокислотный состав белков
 3. Связь между аминокислотами в молекуле белка
 4. Уровни организации белковой молекулы
 - 4.1. Первичная структура белков
 - 4.2. Вторичная структура
 - 4.3. Третичная структура
 - 4.4. Четвертичная структура
 - 4.5. Доменные белки
 5. Факторы стабилизации белковой молекулы
 - 5.1. Механизм возникновения электрического заряда
 - 5.2. Гидратная оболочка
 6. Осаждение белков из раствора
 - 6.1. Высаливание
 - 6.2. Денатурация
 7. Биологическая роль белков
 8. Классификация белков
- Вопросы для проверки усвоения

Уже издавна белком называли ту часть куриного яйца, которая имеет белый цвет и свертывается при нагревании. Подобные вещества были обнаружены во многих объектах живого мира – семенах и соках растений, мышцах, молоке, крови и т.д. Все они обладали сходными свойствами: образовывали вязкие растворы, свертывались при нагревании. Постепенно сложилось представление о том, что эти вещества содержатся во всех живых клетках

В связи с этим в 1838 году голландский химик и врач Я. Мульдер (G. Y. Mulder, 1802 – 1880) предложил для их обозначения термин “**ПРОТЕИНЫ**” (proteios – главный, первостепенный), так как считал, что “ ... эти вещества без сомнения – важнейшие из всех известных тел органического царства и без них, как кажется, не может быть жизни на нашей планете.

1.1. Элементарный состав белков

Изучение элементарного состава белков показало, что они содержат в определенных соотношениях следующие элементы:

<p>углерод (50 – 54%), кислород (21 – 23%), азот (15 – 17%), водород (6,5 – 7%), а также фосфор и серу.</p>
--

Исходя из этого, Мульдер предложил первую теорию строения белков, согласно которой в их состав входит одна или несколько групп – $C_{40}H_{62}N_{10}O_2$, соединенных друг с другом через атомы серы или фосфора. Однако вскоре представление о таких группах как структурных компонентах белковой молекулы было отвергнуто.

1.2. Аминокислотный состав белков

Решающую роль в расшифровке структуры протеинов, как и других высокомолекулярных соединений, сыграл метод гидролиза, позволивший установить, что:

<p>все белки состоят из аминокислот</p>
--

Так, еще в 1820 г. французский химик А. Браконно при кислотном гидролизе белка выделил аминокислоту гликокол (glycos – сладкий, colla – клей). В 1871 г. Н.Н. Любавин установил, что аминокислоты обнаруживаются также в гидролизате белков подвергнутых действию пищеварительных ферментов.

К концу XIX века из белков было выделено свыше 10, а к настоящему времени в различных тканях животных, растениях и микроорганизмах обнаружено до 300 аминокислот. Однако

в состав белков, выделенных из организма человека, входит лишь 20 различных α -аминокислот:

глицин	(гли)	аргинин	(арг)
аланин	(ала)	лизин	(лиз)
серин	(сер)	аспарагиновая кислота	(асп)
цистеин	(цис)	глутаминовая кислота	(глу)
треонин	(тре)	фенилаланин	(фен)
валин	(вал)	тирозин	(тир)
лейцин	(лей)	гистидин	(гис)
изолейцин	(изо)	триптофан	(три)
метионин	(мет)	аспарагин *	(асн)
пролин *	(про)	глутамин *	(гln)

Все они являются L – стереоизомерами α -аминокислот.

Аминокислотный состав белков чрезвычайно разнообразен. Так, коллаген (белок соединительной ткани) богат лизином и пролином, ядерные белки (протамины и гистоны) – аргинином и лизином.

По биологической значимости все аминокислоты делятся на две группы: незаменимые и заменимые.

Незаменимые аминокислоты не могут синтезироваться в организме из других соединений и должны обязательно поступать с пищей

Отсутствие хотя бы одной из них в рационе приводит к серьезным нарушениям – развитию белковой недостаточности, расстройствам центральной нервной системы и других органов.

К незаменимым аминокислотам относятся следующие десять:

Валин	Метионин	Фенилаланин
Лейцин	Аргинин	Триптофан
Изолейцин	Лизин	Гистидин
Треонин		

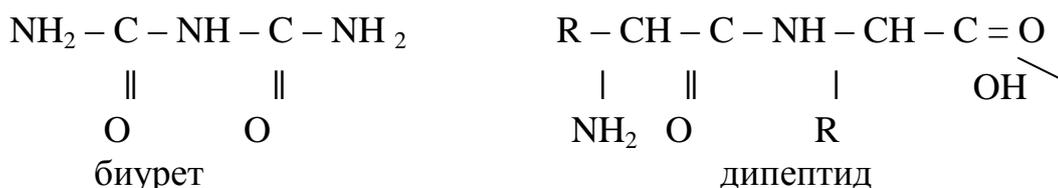
Однако аргинин и гистидин являются условно незаменимыми аминокислотами, так как в незначительных количествах могут синтезироваться в организме.

Остальные 10 аминокислот являются заменимыми, т.к. синтезируются в организме в достаточных количествах из незаменимых аминокислот или других соединений

Приведенная классификация аминокислот не носит универсального характера, поскольку справедлива лишь для организма человека. Так, для крыс и мышей незаменимых аминокислот уже 11 (к вышеперечисленным добавляется тирозин), для курицы – 12, т.е. для различных организмов возможны существенные отклонения в потребности в отдельных аминокислотах, что определяется особенностями их обмена.

1.3. Связь между аминокислотами в молекуле белка

В 1888 г. А.Я. Данилевский (1838 - 1923) выдвинул гипотезу о характере соединений аминокислот в молекуле белка, получившую название теории элементарных рядов. Изучая механизм биуретовой реакции, А.Я. Данилевский обнаружил, что помимо биурета положительную реакцию с CuSO_4 и NaOH дает ряд других соединений, в том числе и белки. Поэтому он предположил, что аминокислоты в белковой молекуле соединяются, как и в молекуле биурета, особым «углеазотистым типом» связи и образуют, таким образом, длинные цепи – углеазотные элементарные ряды.



В 1902 г. гипотеза А.Я. Данилевского была подтверждена в лаборатории Эмиля Фишера (1852-1919), который, используя представления А.Я. Данилевского, синтезировал соединение, состоящее из 18 аминокислотных остатков, названное им пептидом, а связь между остатками аминокислот – пептидной. Это соединение обладало теми же свойствами, что и белок, – с водой оно образовывало коллоидный раствор, при нагревании свертывалось и выпадало в осадок, давало положительную биуретовую реакцию, расщеплялось пищеварительными ферментами. Таким образом возникла пептидная теория строения белков. В дальнейшем она получила блестящее подтверждение синтезом пептидов и белков, обладающих высокой биологической активностью (таких, например, как фермент РНК-аза, гормоны – вазопрессин, окситоцин, АКТГ и ряд других).

Таким образом,

белки являются высокомолекулярными соединениями, состоящими из α -аминокислот, соединенных пептидными связями и имеющими сложную структурную организацию

1.4. Уровни организации белковой молекулы

Различают несколько уровней организации белковой молекулы: первичную, вторичную, третичную и четвертичную структуры.

1.4.1. Первичная структура

Первичная структура белка – последовательность аминокислот, связанных друг с другом пептидными связями.

Каждый белок обладает уникальной первичной структурой, причем его специфичность определяется длиной пептидной цепи и порядком чередования аминокислот в ней.

Первичная структура наследуется генетически: при возникновении мутации синтезируются белки с аномальной первичной структурой, что значительно изменяет свойства белка. Так, например, замена остатка глутаминовой кислоты в 6-ом положении β -цепи гемоглобина на остаток валина приводит к понижению растворимости белка и развитию серповидно-клеточной анемии.

Первичная структура определяет видовую специфичность белков. Чем дальше в эволюционном ряду расположены организмы друг от друга, тем в большей степени выражены различия в первичной структуре аналогичных белков. Так, цитохром С, состоящий из 104 аминокислотных остатков, у человека и обезьяны различается лишь одной аминокислотой, у человека и кролика – 9-ю, а у человека и лягушки – 18-ю аминокислотными остатками.

Первичная структура определяет все более высокие уровни организации белковой молекулы.

Стабильность первичной структуры обеспечивается пептидными связями; в ее образовании возможно участие и небольшого числа дисульфидных связей (- S – S –).

К настоящему времени первичная структура расшифрована у нескольких тысяч белков, первым среди которых был инсулин (Ф.Сангер, 1953), состоящий из 51 аминокислотных остатков.

Однако функционально-активное линейное расположение пептидной цепи присуще лишь ограниченному числу белков, например, фиброину шелка. В результате внутрицепочных взаимодействий полипептидная цепь приобретает определенную пространственную структуру, лежащую в основе вторичного и третичного уровня организации белковой молекулы.

1.4.2. Вторичная структура

Вторичная структура – конфигурация полипептидной цепи или способ укладки полипептидной цепи в спиральную или другие конформации.

Представление о вторичной структуре стало возможным благодаря развитию метода рентгеноструктурного анализа. Большая роль в расшифровке вторичной структуры белков принадлежит Л.Полингу (1901-1994), за что ему была присуждена Нобелевская премия (1954).

Основным типом связи, формирующим вторичную структуру белка, является водородная связь. Она устанавливается между ковалентно-связанным атомом водорода, имеющим некоторый положительный заряд, и отрицательно заряженным ковалентно-связанным атомом акцептора (кислорода).

Различают 2 типа вторичной структуры белка - α -спираль и β -структуру

α -спираль, как и β -структура, является наиболее термодинамически выгодным состоянием для данного участка пептидной цепи.

α - спиральная скрученность возникает за счет водородных связей в пределах одной полипептидной цепи.

Водородные связи образуются между карбонильным атомом кислорода каждого первого и атомом водорода аминогруппы каждого пятого α - аминокислотного остатка и удерживают полипептидную цепь в закрученном состоянии. Закручивание полипептидной цепи идет по часовой стрелке, так как в составе природных белков содержатся только L-аминокислоты. Боковые радикалы аминокислот располагаются по периферии, не участвуя в образовании α -спирали.

Виток спирали содержит 3,6 аминокислотных остатка, а шаг (расстояние вдоль оси) составляет 0,54 нм. Водородные связи ориентируются вдоль оси спирали.

Обычно белковые цепи спирализованы лишь частично. В тех участках полипептидной цепи, где расположен остаток пролина, спирализация нарушается вследствие того, что эта аминокислота не имеет водорода у атома азота в пептидной цепи и поэтому в данном участке невозможно образование водородной связи. В результате возникает участок раскрученности молекулы, не имеющий правильной

периодической пространственной организации. В этой области пептидная цепь может сравнительно легко изменять свою конформацию в отличие от жестких конформаций α -спирали и β -структуры.

Не могут сблизиться в α -спирали также одноименно заряженные радикалы аминокислот, если находятся в цепи близко друг от друга из-за взаимного отталкивания зарядов. в результате чего образование водородной связи между ними невозможно. Поэтому степень спирализации у различных белков неодинакова (у миоглобина, например, она составляет 75%, у лизоцима – 42%, а инсулина – 52%).

β - структура – разновидность вторичной структуры, которая формируется с помощью водородных связей в пределах отдельных участков одной полипептидной цепи или между рядом параллельных полипептидных цепей (структура складчатого листа, или слоисто-складчатая структура)

Если α -спираль характерна для глобулярных белков, то β -структура – для фибриллярных белков опорных тканей (волос, мышц и др.).

Водородные связи, формирующие вторичную структуру, непрочны и могут легко разрываться под действием различных физических факторов – облучения, температуры и т.д. При этом понижается степень спирализации белков, что отражается на ряде их физических свойств (вязкости, оптических свойствах и т.д.).

Спирализация белковой молекулы уменьшает размеры полипептидной цепи в 4 раза. Дальнейшее сокращение длины молекулы (уже в десятки раз) реализуется при образовании третичной структуры белка.

1.4.3. Третичная структура

Третичная структура белка – пространственная трехмерная ориентация полипептидной спирали.

Первым белком, третичная структура которого была установлена Дж. Кендрию (1957) на основании рентгеноструктурного анализа, явился миоглобин кашалота.

Третичная структура образуется путём дополнительного складывания полипептидной цепи преимущественно за счёт взаимодействия между радикалами аминокислот.

Третичная структура возникает в процессе синтеза белка автоматически и полностью предопределяется первичной структурой.

В формировании третичной структуры участвуют :

1. **ковалентные связи** (в основном – дисульфидные (-S – S-), в меньшей степени - сложноэфирные (между остатками глутаминовой и аспарагиновой кислот, с одной стороны, и оксиаминокислотами – с другой) и простые эфирные (например, между остатками серина);
2. **нековалентные взаимодействия** между радикалами аминокислот – гидрофобные, ионные (электростатические), водородные. Так, **ионные** связи возникают между разноименно заряженными (а следовательно, гидрофильными) радикалами; **водородные** – между полярными (как заряженными, так и незаряженными) радикалами; **гидрофобные** и Ван-дер-Ваальсовы взаимодействия – между гидрофобными радикалами

В результате формирования третичной структуры все части полипептидной цепи оказываются фиксированными относительно друг друга и создаётся стабильная конформация белка, отвечающая минимуму свободной энергии.

При формировании третичной структуры все гидрофобные части погружаются внутрь молекулы, а на поверхности ориентируются гидрофильные группировки, обеспечивающие взаимодействие белковой молекулы с молекулами воды.

С сохранностью третичной структуры связаны все биологические свойства белков. Именно при образовании третичной структуры происходит формирование участков связывания молекулы белка с **ЛИГАНДАМИ** – соединениями, с которыми избирательно взаимодействует данный белок. Эти участки белковой молекулы получили название **САЙТОВ**, или **АКТИВНЫХ ЦЕНТРОВ** (у белков – ферментов).

На поверхности белка может сформироваться несколько сайтов, каждый из которых избирательно взаимодействует со специфическим лигандом.

По особенностям пространственной структуры белки делятся на две группы: фибриллярные и глобулярные.

**В глобулярных белках одна или большее число полипептидных цепей свернуты в плотную компактную структуру глобулярной формы, которая близка к сферической или эллипсоидной, с отношением короткой и длинной осей
1 : 50.**

Они растворимы в воде и солевых растворах с образованием коллоидных систем. Для этих белков наиболее характерна α -спиральная структура. К ним относятся белки-ферменты, транспортные белки, антитела, пищевые белки.

Фибриллярные белки представляют собой не растворимые в воде длинные нитевидные молекулы, полипептидные цепи которых вытянуты вдоль одной продольной оси

Для них наиболее характерна β -структура. Как правило, фибриллярные белки имеют волокнистое строение и выполняют опорную функцию, обеспечивая прочность тканей. Типичными представителями этой группы белков являются коллаген, β -кератин волос, фиброин шелка.

1.4.4. Четвертичная структура

Четвертичная структура белка – способ укладки в пространстве отдельных субъединиц (протомеров) и формирование единого в структурном и функциональном отношении макромолекулярного образования.

Субъединица (протомер), входящая в состав такого белка, представляет собой олигопептидную цепь, имеющую третичную структуру, но не обладающую функциональной активностью.

Каждая субъединица кодируется отдельным геном.

Биологические свойства, типичные для данного белка, выявляются лишь при пространственном объединении входящих в его состав субъединиц. Образующуюся при этом макромолекулу называют **олигомерным, или мультимерным белком.**

Четвертичную структуру имеют лишь несколько сотен белков, как правило, обладающих молекулярной массой свыше 50 тысяч. Так, гемоглобин крови (м.м. 66 – 68 тыс.) состоит из 4 субъединиц, а белок вируса табачной мозаики – из 2130, нанизанных вокруг молекулы РНК (мол. масса около 40 млн). Четвертичной структурой обладают многие белки- ферменты.

Стабилизируется четвертичная структура нековалентными (водородными, гидрофобными, ионными и др.) связями, которые устанавливаются между полярными группами аминокислотных остатков, а также за счет взаимодействия аминокислотных радикалов, находящихся на контактирующих поверхностях субъединиц.

1.4.5. С олигомерными белками сходны так называемые **ДОМЕННЫЕ БЕЛКИ**. Как и олигомерные, они содержат в значительной мере обособленные глобулы – **ДОМЕНЫ**, подобные протомерам. Однако в отличие от олигомерных белков эти глобулы образованы одной и той же полипептидной цепью. Они соединяются между собой относительно гибкими пептидными перемычками, а также слабыми нековалентными связями, как протомеры в олигомерных белках. Как правило, домены

формируются на той полипептидной цепи, которая содержит не менее 200 аминокислот.

В отличие от олигомерных доменные белки кодируются одним геном. При взаимодействии такого белка с лигандом последний чаще всего располагается между доменами; при этом разные домены в белке могут перемещаться друг относительно друга.

Однако каждый из этих доменов может выполнять самостоятельные функции, связываясь со специфическими лигандами. Такие белки называются **многофункциональными**.

1.5. Факторы стабилизации белковой молекулы

Несмотря на большие размеры и высокую молекулярную массу, белковые молекулы удерживаются в растворе во взвешенном состоянии.

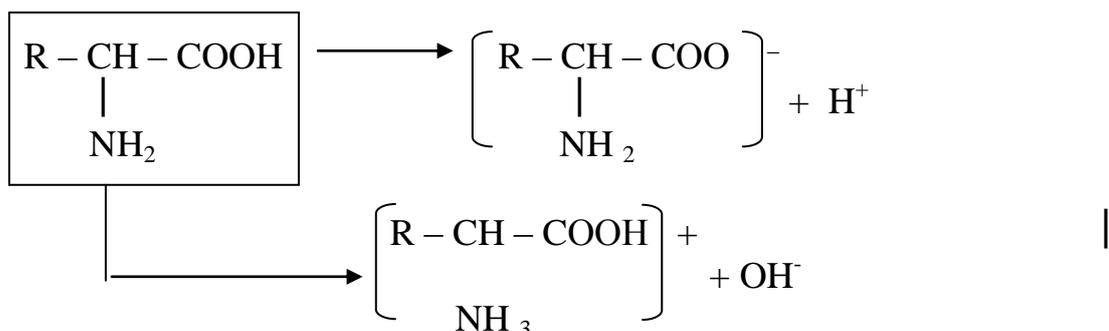
К факторам стабилизации белковой молекулы относятся электрический заряд и сольватная (гидратная) оболочка.

1.5.1. Механизм возникновения электрического заряда

Белки являются амфотерными электролитами, так как обладают одновременно свойствами и кислот, и оснований.

Это связано с тем, что белки состоят из аминокислот, которые способны образовывать соли как за счет аминогруппы, так и за счет карбоксильной группы.

Как известно, в водном растворе аминокислоты ионизированы – атомы водорода, отщепляющиеся от карбоксильной группы, присоединяются к аминогруппе с образованием биполярных ионов (цвиттерионов – гибридных ионов). Поэтому белки являются носителями одновременно и положительных, и отрицательных зарядов, а следовательно, наряду с коллоидными свойствами обладают свойствами слабых электролитов.



Факторами, оказывающими влияние на преобладание того или иного заряда в молекуле белка и, тем самым, способствующими стабилизации ее в растворе, являются:

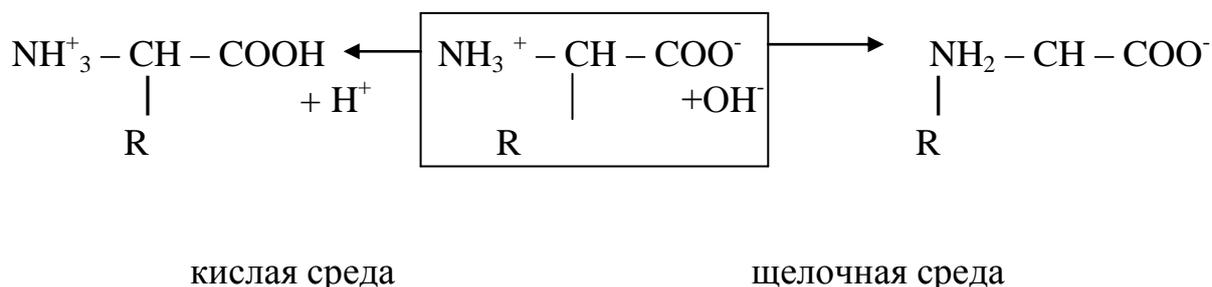
- а) особенности химического состава белков,
- б) характер среды, в которой находится белок.

а) Особенности химического состава белка.

Если в составе белковой молекулы содержится значительное количество диаминокарбоновых кислот (лизина и аргинина), белок имеет **положительный** заряд; при преобладании моноаминодикарбоновых аминокислот (аспарагиновой и глутаминовой) - **отрицательный**.

б) Характер среды, в которой находится белок.

В щелочной среде подавляется диссоциация аминогруппы, и белок приобретает отрицательный знак заряда, диссоциируя как макроанион. В кислой среде, наоборот, образуется макрокатион – молекула протонируется за счет аминогруппы и приобретает положительный заряд.



Состояние белковой молекулы, которое обусловлено равенством зарядов противоположного знака называется **изоэлектрическим**, а то значение pH среды, при котором белок находится в **изоэлектрическом состоянии** – **изоэлектрической точкой**.

Следовало бы ожидать, что изоэлектрическая точка белков должна находиться в нейтральной среде, однако для большинства белков **она сдвинута в кислую сторону и определяется при pH 4,7**. Это обусловлено тем, что в нейтральной среде у белка всегда преобладает отрицательный заряд, так как константа диссоциации карбоксильной группы несколько выше, чем у аминогруппы. Поэтому в кислой среде, когда частично подавляется диссоциация карбоксильной группы, количество положительных и отрицательных зарядов выравнивается – белок переходит в изоэлектрическое состояние.

1.5.2. Гидратная оболочка

Молекула белка окружается прочно связанной с ней гидратной оболочкой, возникающей за счет электростатического притяжения дипольных молекул воды к заряженной частице белка. Между зарядом белка и гидратацией существует тесная связь: чем больше полярных аминокислот содержится в белке, тем больше связывается молекул воды.

Образование гидратной оболочки, иногда достигающей значительных размеров (до 1/5 массы белка), повышает устойчивость белковой молекулы, так как препятствует соприкосновению отдельных частиц белка друг с другом

Та часть воды, которая прочно связана с белком, называется связанной, в отличие от свободной воды, составляющей дисперсную среду.

Связанная вода участвует вместе с белковыми молекулами в броуновском движении, передвигается при электрофорезе и не замерзает при охлаждении ниже 0°C, что предохраняет белковую молекулу от повреждения при низких температурах окружающей среды.

1.6.Осаждение белков из раствора

Существует два способа осаждения белка из раствора: высаливание и денатурация.

1.6.1. ВЫСАЛИВАНИЕ – обратимое осаждение белков под влиянием концентрированных растворов солей щелочных и щелочноземельных металлов.

При высаливании белок теряет электрический заряд и гидратную оболочку. Обратимость процесса доказывается отсутствием химических изменений структуры белка, и поэтому при отмывании электролита от выпавшего осадка белок вновь переходит в раствор и сохраняет все свои свойства.

Способностью к высаливанию обладают как катионы, так и анионы в зависимости от того, какой заряд имеет данный белок.

По силе своего высаливающего действия анионы и катионы располагаются в особые лиотропные ряды, в которых высаливающее действие каждого предыдущего члена больше, чем последующего.



Чаще всего для высаливания применяется $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ или NaCl . Высаливание широко используют для разделения и очистки белков.

1.6.2. ДЕНАТУРАЦИЯ – потеря белками своих первоначальных свойств вследствие разрушения пространственной структуры (вторичной, третичной и четвертичной), приводящего к изменению их физико-химических свойств.

В отличие от высаливания при денатурации происходит изменение структуры белка – разрываются связи, стабилизирующие вторичную, третичную и четвертичную структуры и происходит раскручивание глобулы, в результате чего гидрофобные группировки (радикалы аминокислот), находящиеся внутри молекулы, оказываются на ее поверхности.

Это приводит к изменениям ряда свойств белка:

- уменьшается его растворимость и способность к кристаллизации,
- нарушаются оптические свойства,
- белки становятся более доступными для расщепления пищеварительными ферментами,
- теряется их биологическая активность.

В отличие от высаливания денатурация, как правило, носит необратимый характер

Однако в некоторых случаях при кратковременном воздействии и быстром удалении денатурирующего агента (в частности, путём диализа) возможно восстановление физико-химических и биологических свойств белка – **ренатурация (ренативация)**.

Денатурацию можно вызвать:

- **физическими факторами** (нагреванием, ультразвуком, рентгеновским облучением, чередованием замораживания и оттаивания и др.);
- **химическими агентами:**
 - концентрированными минеральными кислотами (HNO_3 и др.);
 - органическими кислотами (трихлоруксусной, сульфосалициловой);
 - солями тяжелых металлов;
 - алкалоидными реактивами (осаждающими алкалоиды) – пикриновой кислотой, танином, железистосинеродистым калием.

На способности белков к денатурации основано их удаление из растворов и получение безбелковых фильтратов крови, а также обнаружение белка в биологических жидкостях (в частности, в моче).

Денатурирующие агенты достаточно широко применяются в медицинской практике. Высокая температура используется для стерилизации медицинских инструментов и в автоклавах; спирт, хлорамин и фенол – как антисептики для обработки поверхностей, содержащих патогенные микроорганизмы.

1.7. Биологическая роль белков

Всего в природе насчитывается огромное количество разнообразных белков ($10^{10} - 10^{12}$); в организме человека и животных присутствует свыше 50000 их отдельных представителей.

Каждый из белков обладает уникальной структурой и содержит активные центры, способные узнавать среди множества других определенную молекулу и избирательно с ней взаимодействовать. Благодаря этому белками обеспечивается структурная организация веществ в живой клетке, направленность и последовательность химических превращений и физико-химических процессов.

Белки в организме выполняют ряд важнейших функций, основными из которых являются:

- | | |
|--------------------------------|----------------------------|
| 1. Ферментативная | 5. Сократительная |
| 2. Гормональная (регуляторная) | 6. Резервная (питательная) |
| 3. Защитная | 7. Транспортная |
| 4. Структурная | 8. Рецепторная |
| | 9. Энергетическая |

Помимо перечисленных, белки выполняют ряд других специализированных функций.

1.8. Классификация белков

Все белки делятся на **простые**, в состав которых входят только аминокислоты, и **сложные**, которые наряду с аминокислотами содержат небелковую (простетическую) группу (prosthetic – прибавляю, добавляю, присоединяю).

Сложные белки часто называют *холопротеинами* (holoprotein – целый), состоящими из апопротеина (белковой части) и простетической группы.

ХОЛОПРОТЕИН —————> **АПОПРОТЕИН + ПРОСТЕТИЧЕСКАЯ ГРУППА**

Сложные белки в зависимости от характера простетической группы делятся на следующие группы:

- | | |
|------------------|--------------------|
| 1. Гликопротеины | 5. Нуклеопротеины |
| 2. Протеогликаны | 6. Хромопротеины |
| 3. Липопротеины | 7. Витаминпротеины |
| 4. Фосфопротеины | |

Вопросы для проверки усвоения

Выберите из предложенных ответов один правильный

1. Растворимость белка определяют

- а) водородные связи
- б) радикалы аминокислот
- в) наличие полярных групп на поверхности белка
- г) молекулярная масса

2. Под третичным уровнем организации белка понимают

- а) последовательность аминокислот в полипептидной цепи
- б) организацию белка из нескольких полипептидных цепей
- в) α - спиральную скрученность
- г) пространственное трехмерное расположение белковой молекулы

3. Вторичную структуру белка формируют

- а) дисульфидные связи
- б) сложноэфирные связи
- в) простые эфирные связи
- г) водородные связи

4. Третичную структуру белка формируют

- а) дисульфидные связи
- б) сложноэфирные связи
- в) водородные связи
- г) все вышеперечисленные

5. Заряд белка зависит от

- а) температуры
- б) рН раствора
- в) изоэлектрической точки
- г) количества пептидных связей

6. Высаливание белков вызывает

- а) низкая температура
- б) высокая концентрация нейтральных солей
- в) действие сильных электролитов
- г) действие органических растворителей.

7. Денатурацию белков вызывают

- а) соли тяжелых металлов
- б) нейтральные соли
- в) изменение рН в пределах 5,5 – 7,5;

г) соли щелочных металлов

8. Высаливание белков применяют для

- а) очистки белков
- б) проведения осадочных проб
- в) определения концентрации белков
- г) отделения альбуминов от глобулинов

9. Денатурация белков - это

- а) разрушение вторичной, третичной и четвертичной структур
- б) разрушение первичной структуры
- в) разрушение всех структур
- г) изменение заряда белка

10. Генетически независимо контролируется

- а) первичная структура белка
- б) вторичная и третичная структуры
- в) четвертичная структура
- г) все уровни организации

11. Незаменимыми являются аминокислоты

- а) лизин, триптофан, фенилаланин
- б) серин, глицин, гистидин
- в) аспарагиновая кислота, аспарагин
- г) глутаминовая кислота, глутамин

12. Первую гипотезу об аминокислотном строении белка предложил

- а) Данилевский
- б) Фишер
- в) Мульдер
- г) Пиотровский

13. Последствиями отсутствия незаменимых аминокислот в пище являются

- а) белковая недостаточность
- б) нарушения со стороны ЦНС
- в) нарушения со стороны других органов
- г) все вышеперечисленное

14. Деспирализация отдельных участков белковой молекулы обусловлена

- а) наличием в данном участке глицина
- б) наличием в данном участке пролина
- в) наличием в данном участке водородной связи

г) наличием в данном участке дисульфидной связи

15. Механизм высаливания заключается в том, что

- а) снимается электрический заряд и гидратная оболочка
- б) происходит разрыв водородных связей
- в) происходит разрушение третичной структуры
- г) белок распадается на отдельные субъединицы

16. Четвертичная структура характерна для

- а) белков, имеющих малую молекулярную массу
- б) фибриллярных белков
- в) гемоглобина
- г) протаминов и гистонов

ОТВЕТЫ:

1в, 2 г, 3 г, 4г, 5б, 6в, 7а, 8г, 9а, 10а, 11а,12а, 13г, 14б, 15а, 16в.