

Белковые вещества

Белками, белковыми веществами (протеинами) называются высокомолекулярные органические вещества, молекулы которых построены из остатков α -аминокислот.

Белки играют исключительную роль в жизни живого организма, выполняя весьма разнообразные функции. Из них состоит основная масса протоплазмы клеток, они выполняют каталитические, строительные, энергетические, обменные, защитные и многие другие функции. Растения синтезируют белки (их составные части - α -аминокислоты) из CO_2 и H_2O за счет фотосинтеза, остальные элементы, усваивая из почвы.

Животные организмы получают готовые аминокислоты с пищей и на их базе строят белки своего организма.

Строение белков.

Несмотря на разнообразие в строении и функциях, элементный состав белковых веществ колеблется незначительно и составляет в %:

C - 50,0 – 55,0

H - 6,0 - 7,5

N - 15,0 – 18,0 ($K = 100/16=6,25$)

O - 21,0 – 22,0

S - 0,3 – 2,5

P - 1,0 – 2,0

Согласно общепринятой теории молекула белка состоит из остатков α - аминокислот, связанных между собой пептидными связями. Впервые мысль о пептидных связях высказана выдающимся русским биохимиком А.Я. Данилевским

В составе белков идентифицировано от 20 до 30 аминокислотных остатков. Состав и последовательность расположения аминокислотных остатков в молекуле белка могут быть различными, поэтому разнообразие белков безгранично. Под понятием белок подразумевают макромолекулу (полипептид), содержащую 100 и более аминокислотных остатков, способную образовывать и самостоятельно стабилизировать свою пространственную структуру.

Пептидные связи являются не единственными связями в белках. Отдельные пептидные цепи и их участки могут быть связаны между собой дисульфидными (-S-S-), солевыми и водородными связями. В молекуле белка также могут существовать и некоторые другие виды взаимодействия.

Биологические функции белков

Белки обладают множеством различных биологических функций:

каталитические белки - биологические катализаторы, которые называют ферментами или энзимами;

транспортные белки выполняют функции переноса веществ из одного компонента клетки в другой или между органами целого организма;

регуляторные белки осуществляют регуляторные функции, к ним относятся гормоны белково-пептидной природы;

защитные белки представлены антителами или иммуноглобулинами, эти белки синтезируются в костном мозге и предохраняют организм от чужеродных веществ;

сократительные белки определяют способность некоторых клеток и организмов сокращаться и перемешиваться, к таким белкам относятся, в частности, актин и миозин, функционирующие в сократительной системе мышечной ткани;

структурные белки входят в состав мембран клеток и отличаются высокой степенью гидрофобности, к ним относятся так называемые интегральные белки, белки межклеточного матрикса (коллаген и ретикулин), а также эластин (белок связок) и коллаген (белок кожи);

рецепторные белки играют важную роль при передаче нервного или гормонального сигнала в клетку, рецепторы локализованы в мембранах, механизмы передачи информации связаны с изменением конформации белка, поглощением или выделением тепла;

запасные и питательные белки используются клетками в качестве резервного, питательного материала;

токсические белки - это токсины яда змей, скорпионов, пчел, характеризуются низкой молекулярной массой (до 10000 дальтон), наиболее распространенные из них - дифтерийные и холерные токсины.

Классификация белков

Белки можно классифицировать как по структуре, так и по выполняемым функциям. Функциональное разнообразие показано ранее, структурное разнообразие связано с формой молекул и наличием в их составе небелковых компонентов.

По форме молекулы белка делятся на два класса: глобулярные и фибриллярные. Фибриллярные белки имеют вытянутую, нитевидную форму и состоят из нескольких полипептидных цепей. Глобулярные белки в отличие от фибриллярных, выполняющих в основном структурные функции, имеют более сложную конформацию и гораздо более разнообразные функции. Их полипептидные цепи свернуты в компактные глобулы, и поверхностные радикалы аминокислот обладают высокой реакционной способностью.

Простые и сложные белки

Простые белки - это макромолекулы, состоящие только из аминокислот. Представители: альбумины, глобулины, гистоны, протамины.

Сложные белки содержат небелковый компонент, классифицируются по характеру небелкового компонента. Представители: **липопротеины** (липидный компонент соединен с белком при помощи нековалентных связей различной природы); **гликопротеины** (гликозидные компоненты различной природы, ковалентно связаны с белком); **фосфопротеины** (содержат ортофосфорную кислоту, связанную с гидроксилом серина или треонина); **хромопротеины** - сложные белки, в состав которых входят окрашенные небелковые компоненты и другие.

Современные представления о строении белков

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

Под первичной структурой белка понимают строго определенный порядок чередования аминокислотных остатков, соединенных пептидными (ковалентными) связями в полипептидной цепи белка. Это конкретная последовательность аминокислотных остатков в полипептидной цепи - генетический код. Определяется с помощью прибора, называемого секвинатором.

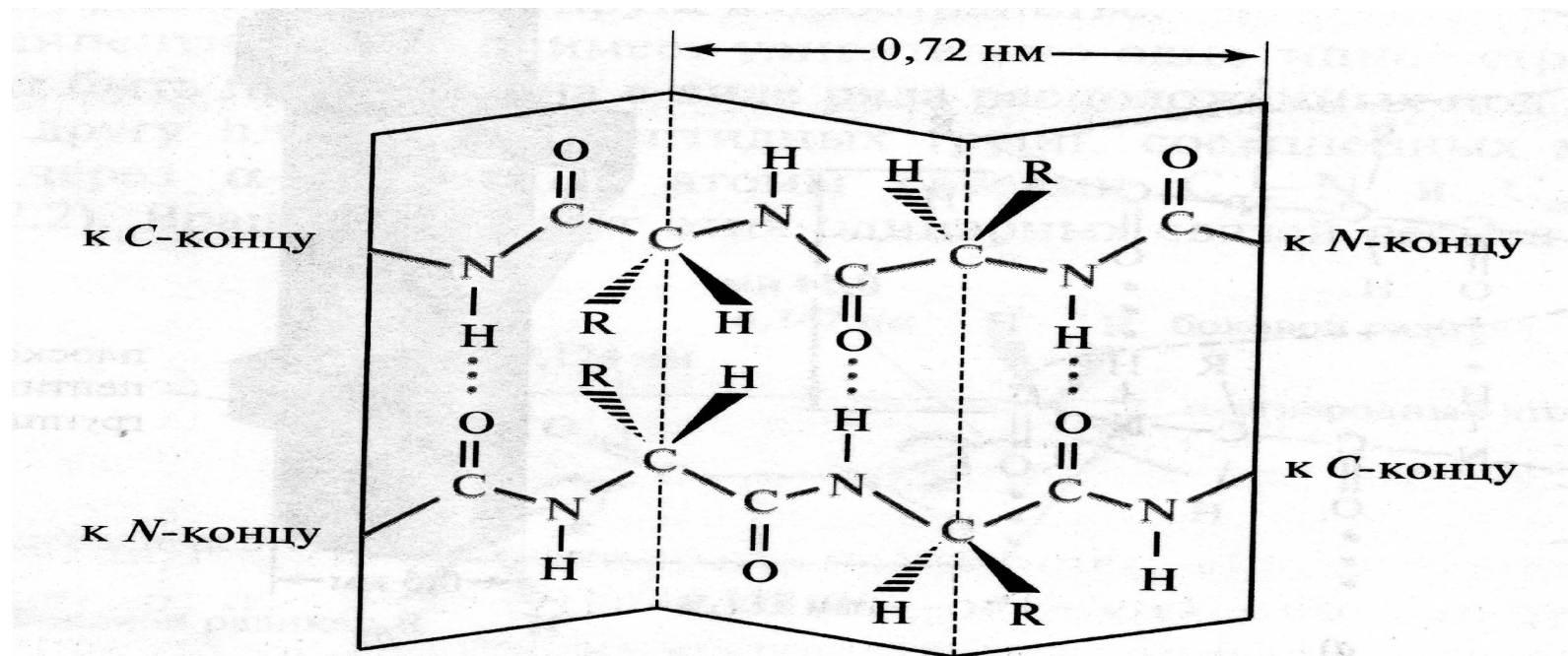
Вторичная структура белка – это пространственная двухмерная ориентация аминокислотных остатков, соединенных в полипептидную цепь. Полипептидные цепи белков, организованные во вторичную структуру, стабилизированы водородными связями. Атом кислорода одной пептидной группы образует водородную связь с NH- группой другой пептидной связи. При этом формируются следующие структуры: α -спираль, β -структура и др.

α -Спираль. Наиболее термодинамически выгодной структурой является правая α -спираль. В 1950 году Л. Полинг и Р. Кори расчетным путем определили это. При образовании α -спирали полипептидная цепь закручивается вокруг оси. Стабилизация спирали достигается водородными связями между NH- группой данного остатка аминокислоты с CO- группой четвертого от него остатка. Направленность водородных связей параллельна продольной оси α -спирали.

β - структура. В отличие от α -спирали β -структура образована за счет межцепочечных водородных связей между соседними участками полипептидной цепи, так как внутри - цепочечные контакты отсутствуют. Полипептидная цепь в β - структуре сильно вытянута и имеет не спиральную, а зигзагообразную форму.

В параллельной β - структуре («складчатом листе») пептидные цепи располагаются параллельно друг другу, образуя пространственную структуру, подобную складчатому листу, сложенному гармошкой. Различают два типа структур: параллельную, если направление полипептидных цепей одинаково, и антипараллельную, если полипептидные цепи направлены навстречу друг другу.

Вторичная структура в виде складчатого листа (β - структура):



Примером антипараллельной β - структуры является вторичная структура фиброина шелка, вырабатываемого тутовым шелкопрядом.

Третичная структура белков – это пространственная трехмерная конформация белковых молекул; образуется самопроизвольно и зависит от размера, формы, полярности аминокислотных остатков, их последовательности расположения в полипептидной цепи. Она возникает в результате взаимодействия между цепочками полипептидов и поддерживается дисульфидными, ионными, гидрофобными, электростатическими и другими взаимодействиями. При образовании многие атомы, находящиеся на удаленных участках полипептидной цепи, сближаются и, воздействуя друг на друга, приобретают новые свойства, отсутствующие у индивидуальных аминокислот или небольших полипептидов. По пространственной структуре белки делятся на два больших класса – глобулярные и фибриллярные. Такое деление сложилось исторически и продолжает использоваться в настоящее время.

Четвертичная структура белков. Четвертичной структурой белков называют ассоциированные между собой две и более субъединицы, ориентированные в пространстве. Система стабилизирована всеми видами ковалентной и нековалентной связи. В определенных условиях они способны диссоциировать на более мелкие «субмолекулы», которые могут опять соединиться в первоначальную молекулу, но не у всех белков встречаются все четыре уровня структурной организации. Белки, имеющие четвертичную структуру, часто называют олигомерными.

Примеры белков, имеющих четвертичную структуру:

каталаза состоит из четырех абсолютно равноценных субъединиц; **гемоглобин** – из четырех полипептидных цепей (из них две цепи α и две цепи β); белок **РНК-полимераза** – из пяти субъединиц различного строения и с неодинаковыми функциями.

Физико-химические свойства белков

Химические свойства белков определяются химическими свойствами аминокислот, образующих полипептидную цепь. Сохранение свободных аминогрупп и карбоксильных групп в молекулах белка обуславливает их амфотерность, возможности взаимодействия как с кислотами, так и основаниями. Различное соотношение NH_2 -групп и COOH -групп в молекулах белка определяет три их типа - кислые, нейтральные и основные. Соответственно, изоэлектрическая точка таких белков будет лежать в кислой среде, вблизи $\text{pH} = 7$ или в щелочной среде. Растворимые в воде белки могут образовывать как коллоидные растворы, так и истинные (молекулярные) растворы, что зависит от молекулярной массы, гидрофильности, концентрации макромолекул и других факторов.

Кислотно-основные свойства белков

Белки как и аминокислоты проявляют как кислотные, так и основные свойства. Являясь амфотерными электролитами, белки мигрируют в электрическом поле со скоростью, зависящей от их суммарного заряда и рН среды. При определенном для каждого белка значении рН (**изоэлектрическая точка**) его молекулы электронейтральны, т.е. то значение рН при котором белок, помещенный в электрическое поле, не движется ни к катоду, ни к аноду, называется **изоэлектрической точкой**. В изоэлектрической точке белок обладает наименьшей растворимостью и наибольшей вязкостью, в результате чего происходит наиболее легкое осаждение белка из раствора.

Изоэлектрическая точка - одна из характерных констант белков. Однако если довести раствор белка до изоэлектрической точки, то сам по себе белок все же **не выпадет в осадок**. Значение рН, отвечающее изоэлектрической точке белка, будет выше 7,0, если белок содержит большое число остатков основных аминокислот (лиз, арг), что характерно, например, для рибонуклеазы, или относительно низким, если в белке содержатся преимущественно остатки кислых аминокислот (асп, глу), как в случае пепсина. У большинства глобулярных белков изоэлектрические точки лежат в пределах рН 4,5- 6,5.

Растворимость белков

Гидрофильность белков. Способность белков связывать на своей контактной поверхности воду - одно из характерных физико-химических свойств, имеющих исключительное значение в организации биологических систем. Содержание в молекуле белка большого количества функциональных групп - аминных, гидроксильных, карбоксильных - обуславливает его высокую **гидрофильность**. С гидрофильностью связаны такие процессы, как растворимость и набухание белков, их осаждение и денатурация при воздействии различных физико-химических факторов внешней среды.

В растворах белки проявляют такие свойства, как явление светорассеяния (эффект Тендаля), поэтому почти все белковые растворы в рассеянном свете кажутся мутными и опалесцируют. Их растворы также проявляют высокую вязкость, способность к образованию гелей и неспособность проходить через полупроницаемые мембраны и другие свойства. Вместе с тем белки не являются истинными коллоидами, так как они способны образовывать молекулярные растворы.

Белки так же, как и истинные коллоиды, могут образовывать гели, представляющие собой истинные коллоиды, и могут образовывать гели, представляющие собой сетчатые структуры, заполненные водой.

Глобулярные белки сильно различаются по своей растворимости в водных системах; эти различия можно использовать для разделения белковых смесей.