Химия

Лекция

Тема: Белки. Первичная, вторичная, третичная структуры белков. Химические свойства

Белки – это природные высокомолекулярные соединения, построенные из остатков а-аминокислот, соединенных между собой пептидными (амидными) связями и имеющие высокие значения относительных молекулярных масс (Мr > 10000).

Н Н О Н Н О Н Н О

… - N – C – C - N – C – C – N – C –C –

R1 R2 R3

R1, R2, R3 – радикалы а-аминокислот

Белки имеют очень высокую относительную молекулярную массу: от нескольких десятков тысяч (альбумин сыворотки кро­ви человека — 61500) до сотен тысяч (у -глобулин сыворотки крови — 153 000), и даже несколько миллионов (гемоцианин улитки — 6660 000, а белок вируса желтухи шелковичного червя — 916 000 000). Белки построены более сложно, чем про­стейшие полипептиды. Это обусловливает и различие их свойств. Так, белки подвергаются денатурации, а полипепти­ды — нет.

Состав. Все природные белки содержат пять химических эле­ментов: углерод, водород, кислород, азот и серу. Из других элементов встречается фосфор, реже — железо. По химическому составу белки делят на две группы:

* протеины (простые) — белки, при гидролизе которых образуются только а-аминокислоты;
* протеиды (сложные) — белки, при гидролизе которых помимо аминокислот образуются и другие компоненты (остатки полисахаридов, ортофосфорной кислоты, катионы металлов и др.).

Строение. Каждый белок имеет свое индивидуальное и по­стоянное строение. Различают первичную, вторичную, третич­ную и четвертичную структуру белковой молекулы.

Первичная структура — определенная последовательность чередования аминокислотных остатков в линейной полипептидной цепи:

Нарушение последовательности (порядка) чередования остатков аминокислот в цепи резко меняет свойства белка. Например, если из 574 остатков аминокислот молекулы гемоглобина произойдет изменение места взаимного расположения хотя бы только глутаминовой кислоты и валина, то человек окажете тяжелобольным.

Для каждого организма характерны «свои» (индивидуальные) белки. Это объясняется тем, что последовательность чередования различных аминокислотных звеньев может быть любым, поэтому и возможно­сти образования разных пер­вичных структур практичес­ки не ограничены. Напри­мер, для белка, содержаще­го только 10 остатков раз­ных аминокислот, возможно существование 3 628 800 изо­меров, различающихся по­рядком расположения ами­нокислот. А это очень корот­кие молекулы. Один из про­стейших белков гормон ин­сулина содержит 51 амино­кислотный остаток, который образован двадцатью разны­ми аминокислотами. Представьте, сколько миллиардов изоме­ров он может образовать. Поэтому-то и возможны для каждо­го организма индивидуальные белки.

**Вторичная структура** — форма полипептидной цепи в пространстве. Один из ее вариантов — а*-спираль,* которую можно представить в виде ленты, обвивающей поверхность цилиндра. а-Спираль возникает за счет образования водородных связей между атомами водорода —NH—групп и кислородом — СО-групп основной цепи. Образовавшиеся водородные связи обеспечивают ее устойчивость.

**Третичная структура** — это конфигурация, которую при­нимает в пространстве закрученная в спираль полипептидная цепь. Спиралеобразная цепь способна сворачиваться в клубок (это мож­но представить как спираль, которая в свою очередь свернута спиралью). Образование третичной структуры белков обусловлено тем, что в состав амино­кислот кроме амино- и карбоксильной групп могут входить и другие функциональные группы, которые взаимодействуют между собой. Например, меж­ду карбоксильной группой и гидроксиль­ной образуется сложноэфирный мостик, между атомами серы — дисульфидный мостик. Образуются и водородные свя­зи. Вследствие этого происходит стабилизация третичной структуры белка.

**Четвертичная структура** — соединенные друг с другом макромолекулы третичной структуры белков. Они образуют комплекс. Примером является гемоглобин, представляющий собой комплекс четырех макромолекул. Только при такой структуре гемоглобин способен присоединять и транспортировать кислород в организме. Четвертичная структура имеется не у всех белков. Третичная (и — где она существует — четвертичная) структура белка определяет его специфические свойства, его физиологическую активность.

Нарушение этой структуры приводит к утрате белком своих особых свойств — например, у ферментов пропадает каталитическая активность.

Что такое химическая завивка волос? Белки, из которых состоят волосы содержат цистин и имеют сернистые мостики между полипептидными цепями. При химической завивке волосы обрабатывают мягким восстановителем, при этом сернистые мостики

-s-s- разрушаются. Волосы укладывают локонами, затем обрабатывают окислителем. Сернистые мостики возникают вновь, закрепляя новую форму волос.

**Физические свойства.** По агрегатному состоянию различают твердые, жидкие или полужидкие (студнеобразные) белки. По растворимости в воде белки подразделяют на глобулярные и фибриллярные.

**Глобулярные белки** растворимы в воде либо образуют в ней коллоидные растворы. Например, белок куриного яйца (альбумин). Они имеют сложную трехмерную структуру.

**Фибриллярные белки** нерастворимы в воде. Они имеют линейное строение, т. е. их молекулы образуют длинные волокна. К ним относится, например, кератин, из которого состоят волосы, ногти, перья, роговые ткани.

**Химические свойства.** Белки содержат всевозможные функциональные группы (практически «всю органическую химию») поэтому их нельзя отнести к определенному классу соединений. **Белки** — это высшая форма существования органических веществ.

**Амфотерные свойства***.* Молекулы белков содержат амино- и карбоксильную группу, следовательно, они, подобно аминокислотам, обладают амфотерными свойствами и образуют соли, как с кислотами, так и с основаниями:

+ NaOHсвойства кислот

БЕЛОК

+НС1 свойства оснований

**Гидролиз (разрушение первичной структуры) белков** происходит при их нагревании с растворами кислот или ще­лочей по месту пептидных связей. Конечным продуктом гид­ролиза являются а-аминокислоты:

В организме человека и животных гидролиз белков протека­ет в более «мягких» условиях — под влиянием ферментов (пеп­сина, трипсина и др). Ферментативный гидролиз протекает се­лективно, т. е. позволяет расщеплять строго определенные уча­стки цепи. Поэтому изучением продуктов гидролиза белков ус­танавливают их качественный и количественный состав, а так­же последовательность соединения остатков аминокислот в мак­ромолекуле.

**Денатурация** — это разрушение вторичной и третичной струк­туры белка с сохранением первичной структуры. Она происходит под действием физических или химических факто­ров: нагревание (до 60—100 °С), радиация, действие солей тяжелых металлов, кислот, щелочей и т. д. Денатурация происходит, например, при варке мяса, яиц и при многих других процессах.

**Разложение.** При сильном нагревании происходит разложение белков с выделением летучих продуктов, обладающих запахом жженых перьев*.* На этом свойстве основано обнаружение белков, установление волокон белкового происхождения (шерсть, натуральный шелк).

**Качественные (цветные) реакции на белки.** Качественные реакции делят на две группы: универсальные и специфические.

К *первой группе* относится биуретовая реакция — это качественная реакция на пептидную группу – NH - CO—. В щелочной среде раствор белка в присутствии солей меди (II) приобретает сине-фиолетовую окраску:

раствор белка + NaOH + CuSО4 фиолетовое окрашивание

К специфическим реакциям относят:

* **ксантопротеиновую реакцию***.* Это реакция на белки, содержащие остатки ароматических аминокислот, например, фенилаланин. Такой белок при действии концентрированной азотной кислоты дает желтое окрашивание (продукт нитрования бен-зольных колец). Эту реакцию можно наблюдать на коже при неосторожном обращении с азотной кислотой:

раствор белка + HNО3(KOHц ) —> желтое окрашивание

* **реакцию на сульфид-ион S2-.** При добавлении к раствору белка щелочи и нагревании происходит гидролиз с последующим образованием сульфид-ионов S2-, которые с катионом свинца дают черный осадок PbS:

раствор белка + NaOH + Рb(СН3СОО)2 черный осадок

**Синтез белков.** Растения способны синтезировать аминокислоты и белки из неорганических соединений, человек же и животные получают белок с пищей.

Большое практическое значение имеет химический синтез белков. Это очень сложная задача, включающая в себя несколько стадий. Во-первых, необходимо установить аминокислотный состав белка, затем определить его химическое строение, т. е. расшифровать первичную структуру. Первый, сравнительно несложный белок, у которого в 1954 г. удалось расшифровать первичную структуру, был **инсулин.** Для этого английскому ученому Ф. Сенджеру потребовалось почти 10 лет. Он установил, что молекула инсулина состоит из двух полипептидных цепей (с 21 и 30 аминокислотными остатками), соединенных мостиками из атомов серы.

Вслед за инсулином было определено строение фермента рибонуклеазы*,* состоящей из 124 аминокислотных остатков. Число белков, химическое строение которых полностью расшифровано, растет с каждым годом. Уже сегодня известны первичные структуры более двух тысяч белков.

Расшифровка химического строения белков позволила решить вопрос и о их синтезе. Спустя 10 лет после определения структу­ры инсулина обе его полипептидные цепи были синтезированы. Затем был осуществлен синтез рибонуклеазы. Для ее получения было проведено более десяти тысяч отдельных операций.

В настоящее время белки преимущественно получают ***биосин­тезом.*** Так, некоторые микроорганизмы производят человеческий белок, например инсулин. Другие — способны в соответствующих условиях усваивать углеводороды, начиная с метана, превращая их в белок. По аминокислотному составу такие белки не уступают белкам животного происхождения. Они идут на корм для скота.

**Биологическая роль.** *Белок* — *носитель жизни.* В осуществ­лении жизненных процессов участвуют и другие вещества, но ни одно из них не может сравниться с белками по разнообразию твоих функций. Главной из них является **каталитическая фун­кция****белков.** Практически все реакции в организме с участием других веществ (жиры, углеводы и т. д.) протекают под действи­ем ферментов, которые по своей природе являются белками. Ферменты обладают исключительной эффективностью и специ­фичностью — для каждой реакции существует свой единствен­ный белок — фермент.

Следовательно***,* белки невозможно заменить углеводами или жирами, как последние заменяют друг друга.**

Белки служат также:

* строительным материалом клеток. Из них построены опорные, мышечные, покровные ткани;
* транспортным средством*.* Например, белок крови гемог­лобин доставляет к тканям кислород, а из тканей выносит углекислый газ;
* защитой от инфекций. Некоторые специфические белки (антитела) способны обезвреживать вирусы, бактерии, чужиеклетки;
* источником энергии: при окислении 1 г белка выделяется 17,6 кДж энергии (в этом белки значительно уступают углеводам и жирам).

Белки регулируют обменные процессы (например, инсулин р~~е~~гулирует обмен глюкозы); выполняют двигательную функцию, к которой способны клетки и организмы (например, миозин — белок мышц); а белки-рецепторы воспринимают и передают сигналы, поступающие от соседних клеток или из окружающей среды. Например, действие света на сетчатку глаза воспринимается фоторецептором родопсином.

Следовательно, благодаря белкам организм приобрел возможность двигаться, расти, усваивать пищу, размножаться, «реагировать» на внешние воздействия и т. п. Поэтому белки жизненно необходимы любому организму и являются важнейшим компонентом пищевых продуктов. Ежедневная белковая норма здорового человека не менее 100 г. Главными «поставщикам» белков служат мясо, рыба, яйца, творог и продукты зернобобовых культур. Недостаток белков в пище может вызвать заболевание, а при длительном белковом голодании могут наступить полное истощение и смерть.

**Лабораторные опыты.** **Качественные реакции на белки**

* Биуретовая реакция. Налейте в пробирку 2—3 см3 раствора белка (куриный белок, растворенный в воде) и столько же 10%-ного раствора гидроксида натрия, хорошо взболтайте, а затем добавьте несколько капель раствора сульфита меди (II). Отметьте, в какой цвет окрашивается белок.
* Ксантопротеиновая реакция. В пробирку налейте 2—3 см3 раствора белка и прибавьте несколько капель (осторожно) концентрированной азотной кислоты, затем смесь нагрейте. Отметьте цвет образовавшегося осадка. Укажите, содержание каких остатков аминокислот можно обнаружить в белках этой реакцией.
* Реакция с ацетатом свинца (II). В пробирку налейте 2—3 см3 раствора белка и по каплям при встряхивании добавьте насыщенный раствор ацетата свинца. Отметьте цвет образовавшегося осадка и укажите, какие группы можно обнаружить в белках этой реакцией.

**Вопросы.**

1. Какую роль играют водородные связи в настроении белковой молекулы?

Какие вам известны примеры зависимости свойств веществ от наличия у них водородных связей?

2. Для всех белков характерны свойства:

а) растворимость и свертывание; б) амфотерность и денатурация;

в) гидролиз и растворимость в солях; г) летучесть и горение.

3. Объясните, почему белковую пищу нельзя заменять на продолжительное время пищей, содержащей только жиры и углеводы.

4. Объясните, почему кожа желтеет при попадании на нее концентрированной азотной кислоты.

5. Как можно доказать наличие белков в продуктах питания, в шерстяных и шелковых тканях?