Лекция 3. Белки

План лекции:

1. Пептиды. Образование пептидной связи.

2. Образование первичной, вторичной, третичной и четвертичной структур.

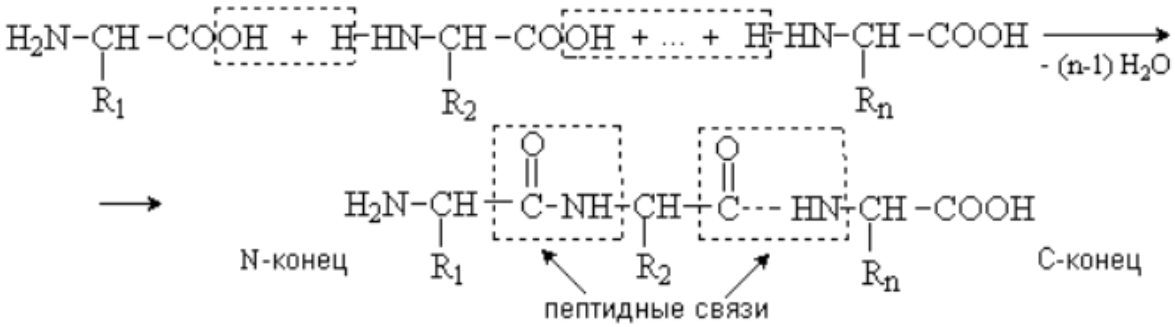
3. Классификация и функции белков.

4. Основные группы протеинов

1. Пептиды – это полиамиды, построенные из α-аминокислот. По числу аминокислотных остатков в молекуле пептида различают дипептиды, трипептиды, тетрапептиды и т.д. Пептиды, содержащие до 10 аминокислотных остатков, называют олигопептидами, более 10 аминокислотных остатков – полипептидами. Природные полипептиды, включающие более 100 аминокислотных остатков, называют белками.

Образование пептидов

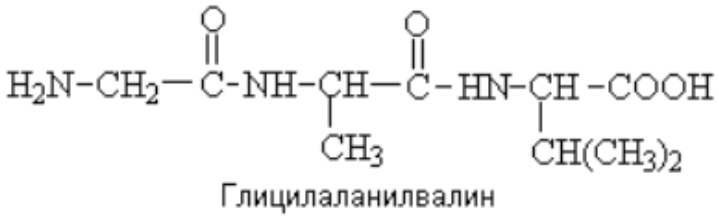
Формально пептиды можно рассматривать как продукты поликонденсации аминокислот.



Аминокислотные остатки в пептиде связаны амидными (пептидными) связями. Один конец цепи, на котором находится аминокислота со свободной аминогруппой, называют N-концом. Другой конец, на котором находится аминокислота со свободной карбоксильной группой, называют С-концом. Пептиды принято записывать и называть, начиная с N-конца.

Название пептида строят на основе тривиальных названий, входящих в его состав аминокислотных остатков, которые перечисляют, начиная с N-конца. При этом в названиях всех аминокислот за исключением С-концевой

суффикс “ин” заменяют на суффикс “ил”. Для сокращенного обозначения пептидов используют трехбуквенные обозначения входящих в его состав аминокислот.



Глицилаланилвалин

Gly-Ala-Val

Пептид характеризуется аминокислотным составом и аминокислотной последовательностью.

Аминокислотный состав пептида может быть установлен путем полного гидролиза пептида (расщепления до аминокислот) с последующим качественным и количественным анализом образовавшихся аминокислот методом ионобменной хроматографии или ГЖХ-анализом сложных эфиров аминокислот. Полный гидролиз пептидов проводят в кислой среде при кипячении их с 6н. HCl.

Одному и тому же аминокислотному составу отвечает несколько пептидов. Так, из 2-х разных аминокислот может быть построено 2 дипептида, из трех разных аминокислот – 6 трипептидов, из n разных аминокислот n! пептидов одинакового состава. Например, составу Gly:Ala:Val=1:1:1 отвечают следующие 6 трипептидов.

Gly-Ala-Val Gly- Val-Ala Val-Gly-Ala Val-Ala-Gly Ala-Gly-Val Ala-Val-Glu

Таким образом, для полной характеристики пептида необходимо знать его аминокислотный состав и аминокислотную последовательность.

2. Образование первичной, вторичной, третичной и четвертичной структур

Встречается 4 типа структуры белков:

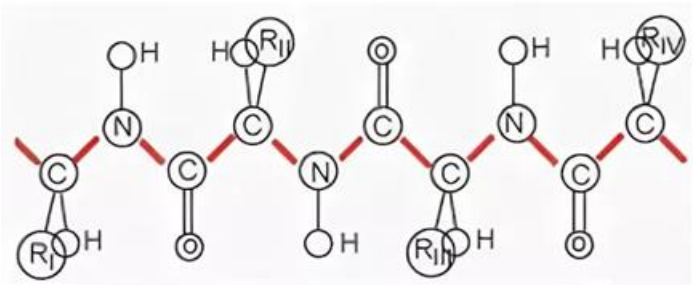
а) первичная структура;

б) вторичная структура;

в) третичная структура;

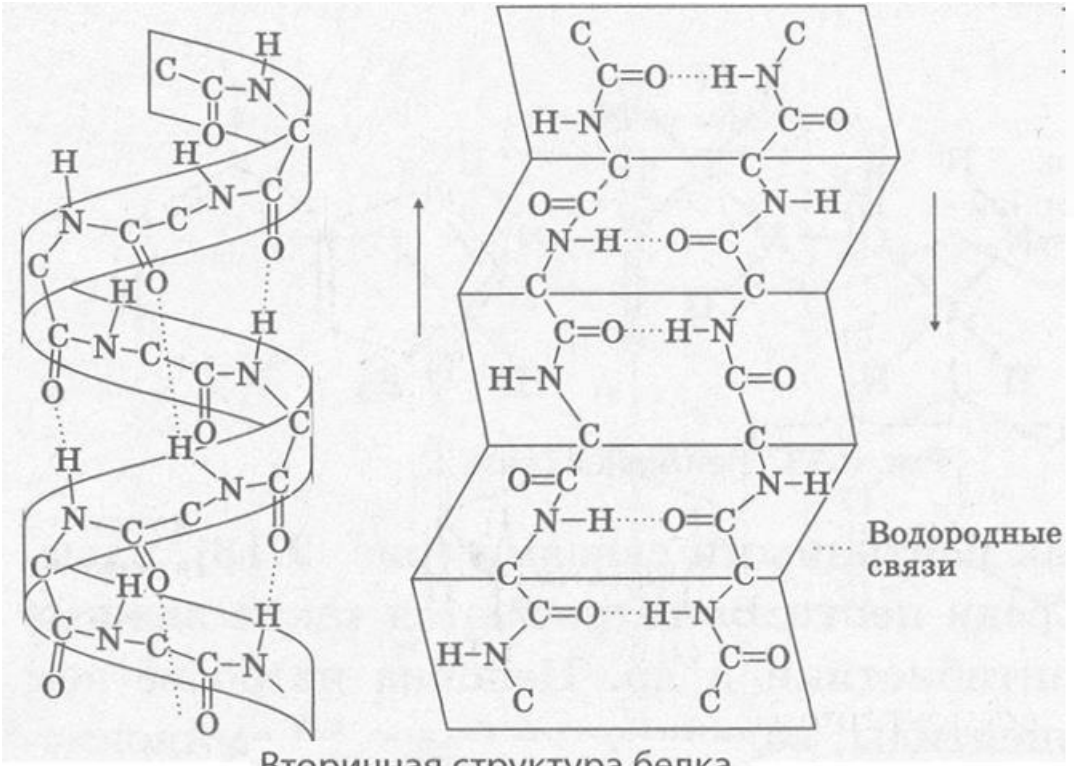
г) четвертичнаяструктура.

а) **Первичной,** самой простой структурой является полипептидная цепь, т. е. нить аминокислот, связанных между собой пептидными связями. В первичной структуре все связи между аминокислотами являются ковалентными и, следовательно, прочными.



Первичная структура молекулы белка

б) Следующий, более высокий уровень организации - это **вторичная структура**, когда белковая нить закручена в виде спирали.



Вторичная структура белка

Между группами -COOH, находящимися на одном витке спирали, и группами $-NH_2$ на другом витке образуются водородные связи. Они возникают на основе водорода, чаще всего находящегося между двумя отрицательными

атомами. Водородные связи слабее ковалентных, но при большом их числе обеспечивают образование достаточно прочной структуры. Нить аминокислот (полипептид) далее свертывается, образуя клубок, или фибриллу или глобулу, для каждого белка специфичную.

Таким образом, возникает сложная конфигурация, называемая третичной структурой.

в) Определение ее производят обычно с помощью метода рентгеноструктурного анализа, который позволяет установить положение в пространстве атомов и групп атомов в кристаллах и сложных соединениях. Связи, поддерживающие **третичную структуру** белка, также слабые.



третичная структура белков

Они возникают, в частности, вследствие гидрофобных взаимодействий. Это силы притяжения между неполярными молекулами или между неполярными участками молекул в водной среде. Гидрофобные остатки некоторых аминокислот в водном растворе сближаются, "слипаются" и стабилизируют, таким образом, структуру белка. Кроме гидрофобных сил, в поддержании третичной структуры белка существенную роль играют электростатические связи между электроотрицательными и электроположительными радикалами аминокислотных остатков. Третичная структура поддерживается также небольшим числом ковалентных дисульфидных -S-S-связей, возникающих между атомами серы серусодержащих аминокислот. Надо сказать, что и третичная; структура белка

не является конечной. К макромолекуле белка нередко оказываются присоединенными макромолекулы такого же белка или молекулы иных белков. Например, сложная молекула гемоглобина - белка, находящегося в эритроцитах, состоит из четырех макромолекул глобинов: двух альфа-цепей и двух бета-цепей, каждая из которых соединена с железосодержащим гемом. В результате их объединения образуется функционирующая молекула гемоглобина. Только в такой упаковке гемоглобин работает полноценно, т. е. способен переносить кислород.

г) Благодаря соединению нескольких молекул белков между собой образуется **четвертичная структура.** Если пептидные цепи уложены в виде клубка, то такие белки называются глобулярными. Если полипептидные цепи уложены в пучки нитей, они носят название фибриллярных белков.



четвертичная структура белков

Начиная со вторичной структуры пространственное устройство (конформация) макромолекул белка, как мы выяснили, поддерживается в основном слабыми химическими связями. Под влиянием внешних факторов (изменение температуры, солевого состава среды, pH, под действием радиации и иных факторов) слабые связи, стабилизирующие макромолекулу, рвутся, и структура белка, а следовательно, и его свойства изменяются. Этот процесс называется денатурацией. Разрыв части слабых связей, изменения конформации и свойств белка происходят и под действием физиологических факторов (например, под действием гормонов).

Таким образом регулируются свойства белков: ферментов, рецепторов, транспортеров. Эти изменения структуры белка обычно легко обратимы. Разрыв большого числа слабых связей ведет к денатурации белка, которая может быть необратимой (например, свертывание яичного белка при кипячении яиц). Иногда и денатурация белка имеет биологический смысл. Например, паук выделяет капельку секрета и приклеивает ее к какой-нибудь опоре. Затем, продолжая выделять секрет, он слегка натягивает ниточку, и этого слабого натяжения оказывается достаточно, чтобы белок денатурировался, из растворимой формы перешел в нерастворимую, и нить приобрела прочность.

3. Классификация и функции белков. Принципы классификации белков

В настоящее время еще не разработана стройная система номенклатуры и классификации белков. В соответствии с функциональным принципом различают:

Ферменты - белки, обладающие каталитической активностью.

Гормоны - биологически активные сигнальные химические вещества, выделяемые эндокринными железами непосредственно в организме и оказывающие дистанционное сложное и многогранное воздействие на организм в целом либо на определённые органы и ткани-мишени. Транспортные белки - собирательное название большой группы белков, выполняющих функцию переноса различных лигандов как через клеточную мембрану или внутри клетки (у одноклеточных организмов), так и между различными клетками многоклеточного организма. Транспортные белки могут быть как интегрированными в мембрану, так и водорастворимыми белками, секретируемыми из клетки, находящимися в пери- или цитоплазматическом пространстве, в ядре или органеллах эукариот.

Структурные белки - придают экстрацеллюлярным структурам механическую прочность, а также участвуют в построении цитоскелета. В

большинстве структурных белков преобладает одна из вторичных структур, что предопределяется их аминокислотным составом.

Сократительные белки – миозины, актин.

Защитные белки - Белки участвуют во всех стадиях иммунного ответа: распознавании антигена, развитии и регуляции процесса, эффекторной стадии. Основные группы иммунологически активных белков составляют иммуноглобулины (антитела), антигены и рецепторы поверхности лейкоцитов, цитокины и белки системы комплемента.

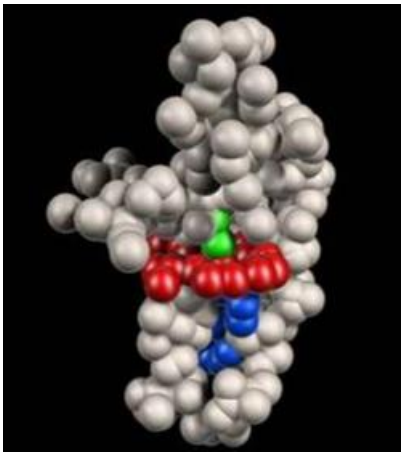
Токсины - вещества бактериального, растительного или животного происхождения, способные угнетать физиологические функции, что приводит к заболеванию или гибели животных и человека.

4. Основные группы протеинов

Альбумины - простые растворимые в воде белки, умеренно растворимые в концентрированных растворах соли и свёртывающиеся при нагревании (денатурация белка). Их относительная молекулярная масса составляет примерно 65000, не содержат углеводов. Вещества, содержащие альбумин, такие как яичный белок, называются альбуминоиды. Альбуминоидами являются также сыворотка крови, семена растений.



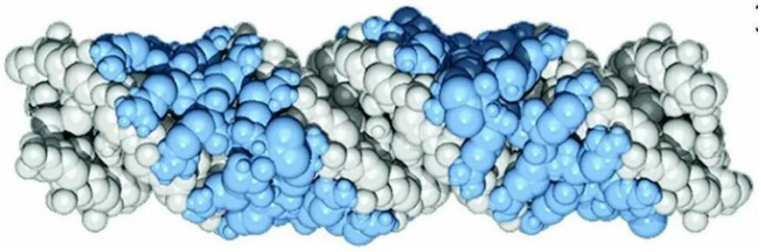
Глобулины - группа животных и растительных белков, наиболее широко распространённых в природе. Относятся к глобулярным белкам; растворимы в слабых растворах нейтральных солей, разбавленных кислотах и щелочах; нерастворимы в воде (за исключением, например, миозина и некоторых др. глобулины). Осаждаются в полунасыщенном растворе сульфата аммония, насыщенном растворе сульфата магния (при 30°C) или сульфата натрия



(при 37°С). Молярная масса глобулина от нескольких тысяч до миллиона и более. Большинство глобулинов — простые белки, однако некоторые из них (особенно глобулины сыворотки крови) связаны с углеводами или липидами. Глобулин щитовидной железы — тиреоглобулин (молярная масса 630000) — единственный белок, содержащий йод. Глобулины. нервной ткани — нейроглобулин, нейростромин — соединены с нуклеиновыми кислотами (нуклеопротеиды).

Растительные глобулины (глицинии, эдестин, легумин и др.) более устойчивы, чем животные глобулины, к спирту и температурным воздействиям. Глобулины. входят в состав цитоплазмы, плазмы крови и лимфы (высших животных и человека), определяя их буферную ёмкость и иммунные свойства организма. В плазме крови, кроме глобулинов, имеются белки альбумины; отношение альбумин/глобулин имеет диагностическое значение; в норме оно близко к 2, а при воспалительных заболеваниях — уменьшается. Гамма-глобулины применяются с лечебными целями.

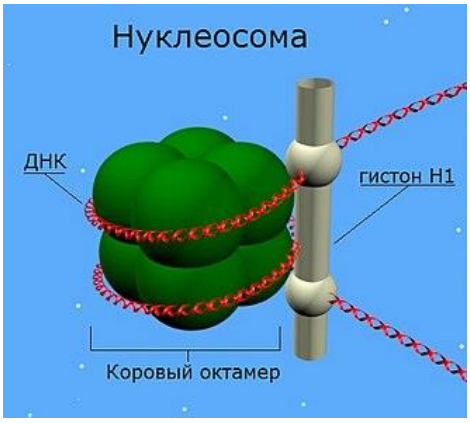
Протамины - низкомолекулярные белки, содержащиеся в ядрах сперматозоидов у рыб и птиц. Молекулярная масса 4000—12 000. Для протаминов характерно высокое содержание щелочных аминокислот, особенно аргинина (70—80%), что обусловливает основные свойства протамины.



Хорошо растворимы в воде, кислой и нейтральной среде, осаждаются щелочами, не денатурируют при нагревании. Изучены главным образом протамины. зрелой спермы рыб, в которой они составляют фракцию основного белка (почти весь белок ядер). Аминокислотный состав протаминов. специфичен для каждого вида рыб. В ядрах клеток протаминов. (подобно гистонам) ассоциированы с дезоксирибонуклеиновыми кислотами в

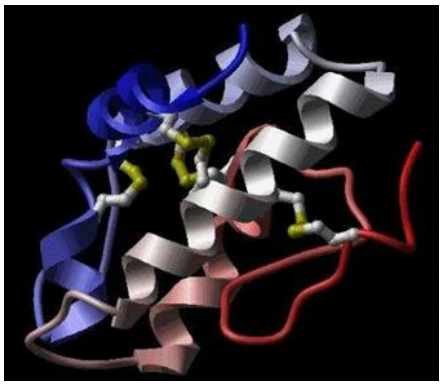
нуклеопротамины. Методом рентгеноструктурного анализа показано, что цепочка протамина. обматывается как третья нить вокруг двойной спирали ДНК. протамины. образуют соли с кислотами и комплексы с кислыми белками (малорастворимый комплекс протаминов с инсулином используют в медицинской практике для продления срока действия последнего).

Гистоны - основной класс нуклеопротеинов, ядерных белков, необходимых для сборки и упаковки нитей ДНК в хромосомы. Последовательность аминокислот в этих белках практически не различается в организмах различного уровня организации.



Гистоны — небольшие, сильно основные белки, связывающиеся непосредственно с ДНК. Гистоны принимают участие в структурной организации хроматина, нейтрализуя за счет положительных зарядов аминокислотных остатков отрицательно заряженные фосфатные группы ДНК, что делает возможной плотную упаковку ДНК в ядре.

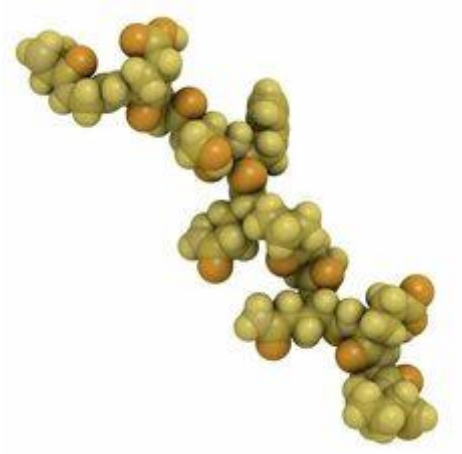
Проламины - простые запасные белки, содержащиеся лишь в семенах злаков: глиадин — в пшенице, ржи, зеин — в кукурузе, гордеин — в ячмене, авенин — в овсе, оризин — в риск, кафирин — в сорго.



Растворимы в 60—80%-ном водном этиловом спирте; содержат свыше 40% остатков глутаминовой кислоты и около 15% пролина, но очень мало лизина (с чем связана биологическая неполноценность запасных белков зерновых культур).

Проламины гетерогенны: с помощью хроматографии и электрофореза их удаётся разделить на компоненты, близкие по аминокислотному составу, но различающиеся по молекулярной массе и электрическому заряду (например проламин пшеницы разделяется на 15—30 компонентов с молекулярной массой от 81 000 до 78 000). Большинство компонентов состоит из одной полипептидной цепи; отдельные компоненты способны полимеризоваться через дисульфидные связи и входить в состав глутелинов. Компонентный состав глиадина детерминирован генетически и служит характерным признаком сорта пшеницы. В зерне пшеницы глиадин и глутенин образуют клейковину, от содержания и физических свойств которой зависят хлебопекарные качества пшеницы.

Глютелины - растительные белки, содержащиеся преимущественно в эндосперме семян злаков; глютелины обладают сравнительно сбалансированным составом аминокислот и хорошо утилизируются организмом человека.



Протеиноиды:

1) Альбуминоиды, простые белки (протеины)животного происхождения, нерастворимые в воде, растворах солей, разбавленных

кислотах и щелочах. Выполняют главным образом опорные функции (например, коллаген, кератин, фиброин), то же, что склеропротеины.

2) Белковоподобные вещества, получаемые искусственно в опытах, моделирующих условия первобытной Земли. Некоторые полученные т. о. (абиогенно) протеноиды, обладают молекулярной массой до 10 000, а также слабой каталитической и гормональной активностью. Полагают, что протеноиды. являются предшественниками белков и возникли при низкой температуре без участия ферментов.



Контрольные вопросы:

1. Что такое белки?
2. Как образуется пептидная группа?
3. Сколько структур белков известно? Дайте характеристику каждой структуре.

Рекомендуемая литература:

1. Комов, В. П. Биохимия: учебник для вузов / В. П. Комов, В. Н. Шведова; под общей редакцией В. П. Комова. — 4-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2026. — 684 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-13939-6. — Текст: электронный. — URL: https://urait.ru/bcode/588486

2. Биохимия: учебное пособие / Ф.Н. Гильмиярова [и др.]. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2025. — 418 с. — ISBN 978-5-4497-4113-4. — Текст: электронный. — URL: https://www.iprbookshop.ru/148306.html

3. Динамическая биохимия: практикум / составитель В. А. Гордеева. — Москва: Ай Пи Ар Медиа, 2024. — 84 с. — ISBN 978-5-4497-2876-0. — Текст : электронный. — URL: https://www.iprbookshop.ru/138436.html