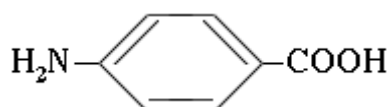


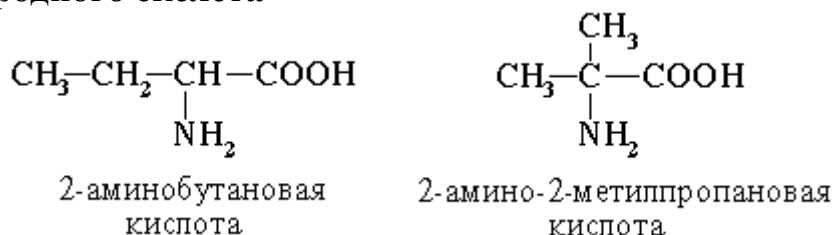


3. По характеру углеводородного радикала различают алифатические (жирные) и ароматические аминокислоты. Приведенные выше аминокислоты относятся к жирному ряду. Примером ароматической аминокислоты может служить *para*-аминобензойная кислота:

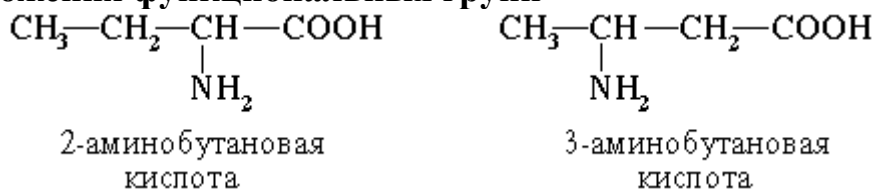


## Изомерия аминокислот

### 1. Изомерия углеродного скелета

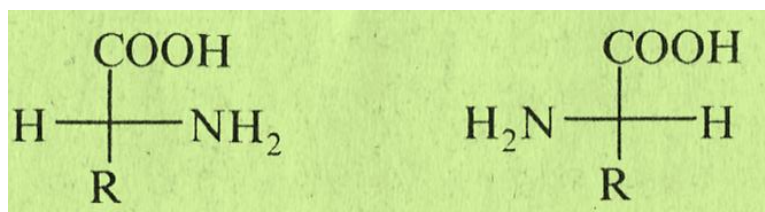


### 2. Изомерия положения функциональных групп



### 3. Оптическая изомерия

Все  $\alpha$ -аминокислоты, кроме глицина  $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$ , содержат асимметрический атом углерода ( $\alpha$ -атом) и могут существовать в виде **оптических изомеров** (зеркальных антиподов).

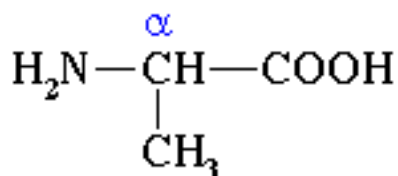


D - аминокислота

L - аминокислота

Оптическая изомерия природных  $\alpha$ -аминокислот играет важную роль в процессах биосинтеза белка. В состав белков входят только L- аминокислоты, D – аминокислоты являются небелковыми компонентами растений, грибов, микроорганизмов.

## Номенклатура аминокислот



**Систематическая** – 2-аминопропановая кислота;

**Рациональная** –  $\alpha$ -аминопропионовая кислота;

**Тривиальная** - аланин

Наиболее часто применяется тривиальная номенклатура.

**20 α-аминокислот (протеиногенные аминокислоты) входят в состав белков.**

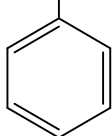


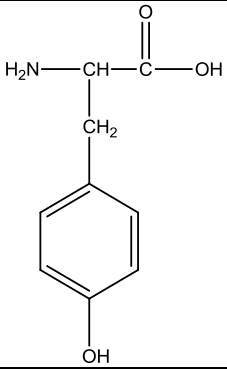
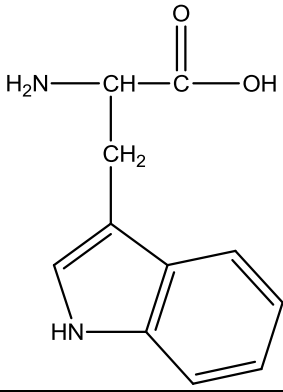
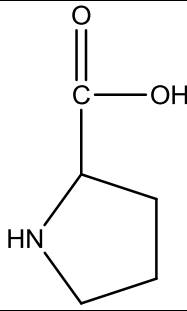
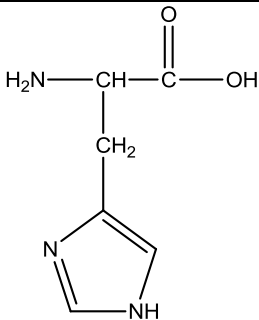
общая формула α-аминокислот, где R- углеводородный радикал.

**Формулы и тривиальные названия протеиногенных α-аминокислот(курсивом выделены формулы незаменимых аминокислот)**

| <b>Алифатические</b>   |                  |
|--|------------------|
| $\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{H} \end{array}$  | Глицин           |
| $\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$   | Аланин           |
| $\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$                     | <i>Валин</i>     |
| $\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$ | <i>Лейцин</i>    |
| $\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$ | <i>Изолейцин</i> |
| $\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{OH} \end{array}$                                 | Серин            |

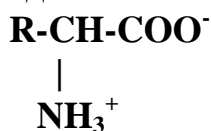
|   |                              |
|---|------------------------------|
| $  \begin{array}{c}  \text{O} \\  \parallel \\  \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{CH}-\text{OH} \\    \\  \text{CH}_3  \end{array}  $   | <b>Треонин</b>               |
| $  \begin{array}{c}  \text{O} \\  \parallel \\  \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{C}=\text{O} \\    \\  \text{OH}  \end{array}  $                         | <b>Аспарагиновая кислота</b> |
| $  \begin{array}{c}  \text{O} \\  \parallel \\  \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{C}=\text{O} \\    \\  \text{NH}_2  \end{array}  $                       | <b>Аспарагин</b>             |
| $  \begin{array}{c}  \text{O} \\  \parallel \\  \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{C}=\text{O} \\    \\  \text{OH}  \end{array}  $   | <b>Глутаминовая кислота</b>  |
| $  \begin{array}{c}  \text{O} \\  \parallel \\  \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{C}=\text{O} \\    \\  \text{NH}_2  \end{array}  $ | <b>Глутамин</b>              |

|  |                           |
|--|---------------------------|
| $  \begin{array}{c}  \text{O} \\  \parallel \\  \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{NH}_2  \end{array}  $                            | <p><i>Лизин</i></p>       |
| $  \begin{array}{c}  \text{O} \\  \parallel \\  \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{NH} \\    \\  \text{C}=\text{NH} \\    \\  \text{NH}_2  \end{array}  $ | <p>Аргинин</p>            |
| $  \begin{array}{c}  \text{O} \\  \parallel \\  \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{SH}  \end{array}  $  | <p>Цистеин</p>            |
| $  \begin{array}{c}  \text{O} \\  \parallel \\  \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{S} \\    \\  \text{CH}_3  \end{array}  $   | <p><i>Метионин</i></p>    |
| <p><b>Ароматические</b></p>  |                           |
| $  \begin{array}{c}  \text{O} \\  \parallel \\  \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{C}_6\text{H}_5  \end{array}  $  | <p><i>Фенилаланин</i></p> |

|  |                  |
|--|------------------|
|     | Тирозин          |
| <b>Гетероциклические</b>   |                  |
|    | <i>Триптофан</i> |
|   | Пролин           |
|  | Гистидин         |

## Строение

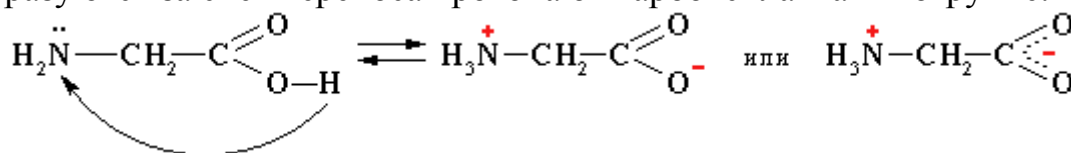
Амино-группа и карбоксильная группа вступают во внутримолекулярное взаимодействие с образованием внутренней соли (биполярный ион)



## Физические свойства

Аминокислоты – твердые кристаллические вещества с высокой температурой плавления. Хорошо растворимы в воде, водные растворы электропроводны. Эти свойства

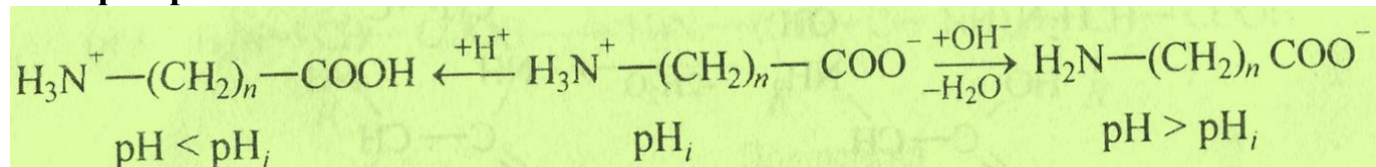
объясняются тем, что молекулы аминокислот существуют в виде внутренних солей, которые образуются за счет переноса протона от карбоксила к аминогруппе:



Аминокислоты с одной карбоксильной группой и одной аминогруппой имеют нейтральную реакцию.

## Химические свойства

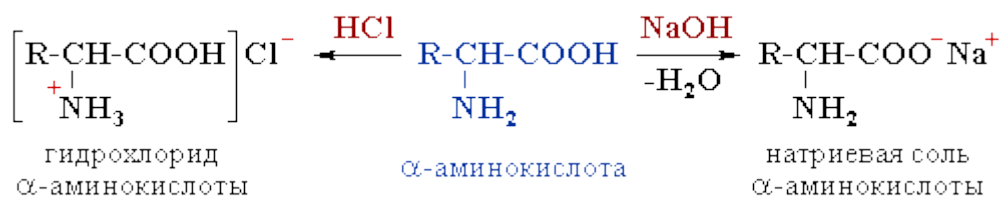
### 1 Амфотерные



**катион в кислой среде      изоэлектрическая точка      анион в щелочной среде**

Интервал значений pH, при котором аминокислота является электронейтральной и не мигрирует под влиянием электрического тока ни к аноду. Ни к катоду, называется изоэлектрической точкой.

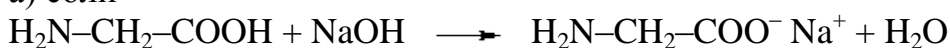
Аминокислоты как амфотерные соединения образуют соли как с кислотами (по группе NH<sub>2</sub>), так и со щелочами (по группе COOH):



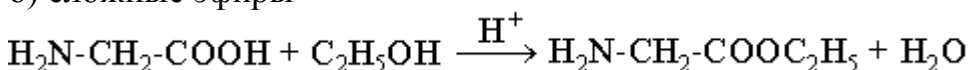
### 2. Реакции по карбоксильной группе (как карбоновые кислоты):

Как карбоновые кислоты они образуют функциональные производные, например:

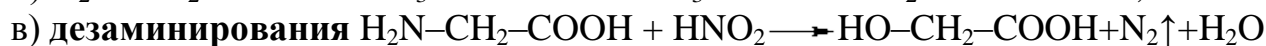
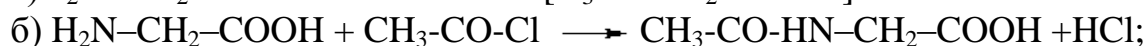
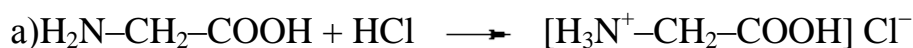
а) соли



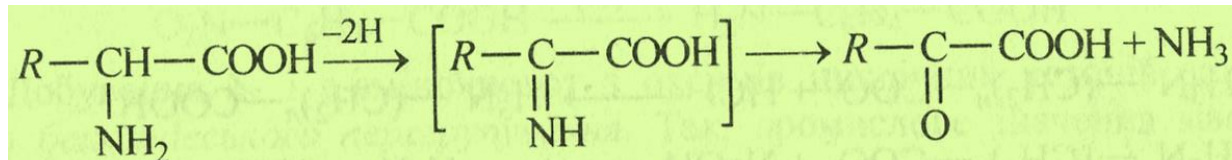
б) сложные эфиры



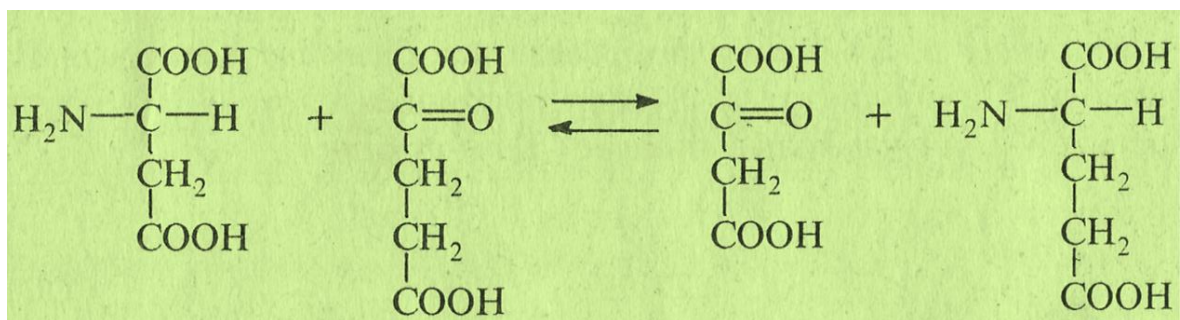
### 3. Реакции по аминогруппе (как первичные амины):



### 5. Окислительное дезаминирования



## 6. Трансаминирования (перееминирования)



**Аспарагиновая  
кислота**

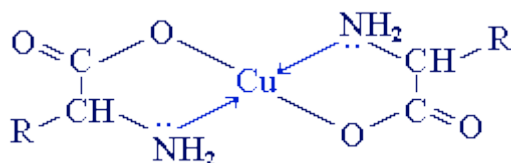
**α-кетоглутаровая  
кислота**

**щавелевоуксусная  
кислота**

**глутаминовая  
кислота**

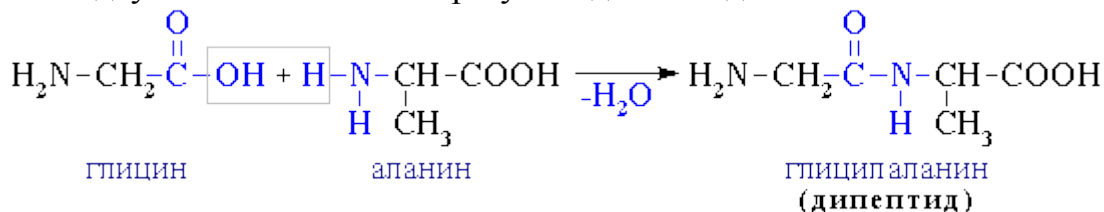
7.

С ионами тяжелых металлов α-аминокислоты образуют внутриклеточные соли. Комплексы меди (II), имеющие глубокую синюю окраску, используются для обнаружения α-аминокислот.



## 8. Образование пептидов

Межмолекулярное взаимодействие α-аминокислот приводит к образованию **пептидов**. При взаимодействии двух α-аминокислот образуется **дипептид**.

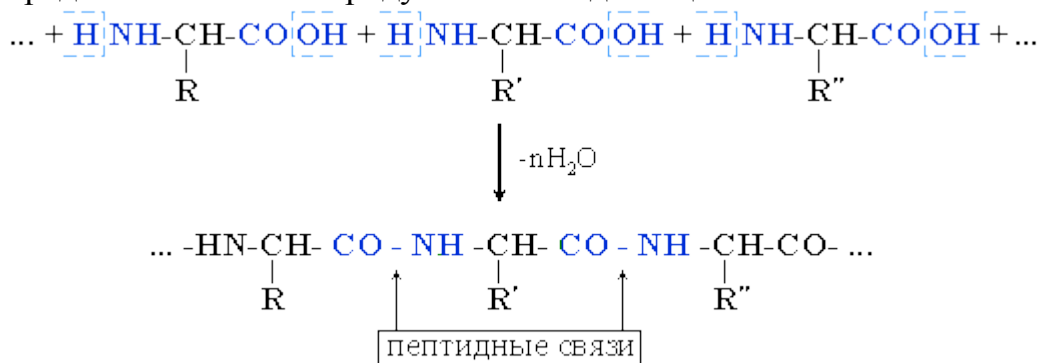


Заметим, что в искусственных условиях (вне организма) 2 различных аминокислоты могут образовать 4 изомерных дипептида (попробуйте представить их формулы).

Межмолекулярная реакция с участием трех α-аминокислот приводит к образованию **трипептида** и т.д.

Фрагменты молекул аминокислот, образующие пептидную цепь, называются аминокислотными остатками, а связь CO–NH – **пептидной связью**.

Важнейшие природные полимеры – **белки** (протеины) – относятся к полипептидам, т.е. представляют собой продукт поликонденсации α-аминокислот



В живых организмах аминокислотный состав белков определяется генетическим кодом, при синтезе в большинстве случаев используется 20 α-аминокислот.



## Пептиды

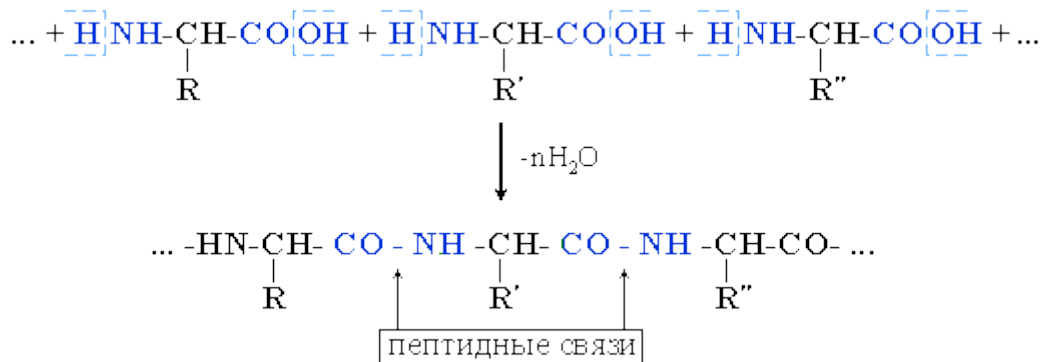
Продукты взаимодействия двух или большего числа аминокислот. В зависимости от числа аминокислотных остатков выделяют олигопептиды (ди-, три-, тетрапептиды и т.д. до 8-10 остатков) и полипептиды (с молекулярной массой до 10000). Полипептидные соединения с молекулярной массой более 10000 считают белками.

**Отдельные представители: окситоцин, вазопрессин, глюкагон, эндорфины.**

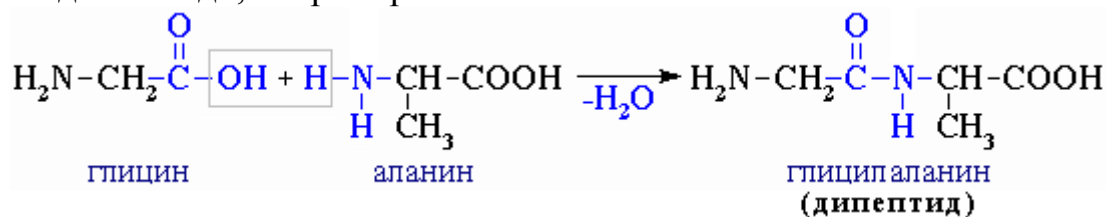
## Белки

**Белки (полипептиды) – биополимеры, построенные из остатков α-аминокислот, соединенных пептидными (амидными) связями.**

Формально образование белковой макромолекулы можно представить как реакцию поликонденсации α-аминокислот:

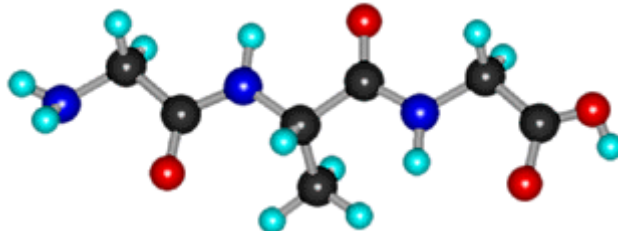


При взаимодействии двух молекул α-аминокислот происходит реакция между аминогруппой одной молекулы и карбоксильной группы - другой. Это приводит к образованию **дипептида**, например:



Следует отметить, что в искусственных условиях (вне организма) две различных аминокислоты могут образовать 4 изомерных дипептида (в данном случае - глицилаланин, аланилглицин, аланилаланин и глицилглицин).

Из трех молекул α-аминокислот (глицин+аланин+глицин) можно получить трипептид:



глицилаланилглицин

Аналогично происходит образование тетра-, пента- и полипептидов.

Количество изомерных пептидов резко возрастает с увеличением числа участвующих в их образовании неодинаковых α-аминокислот. В живом организме (in vivo) биосинтез полипептидов (белков) с заданной природой последовательностью α-аминокислотных остатков направляют дезоксирибонуклеиновые кислоты (ДНК). Непосредственно его осуществляют

рибонуклеиновые кислоты (РНК информационные, транспортные, рибосомные) и ферменты.

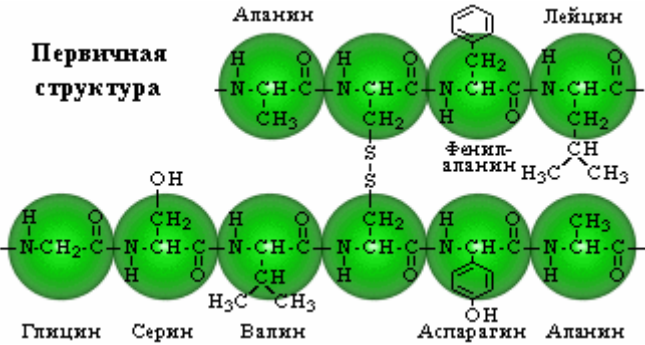
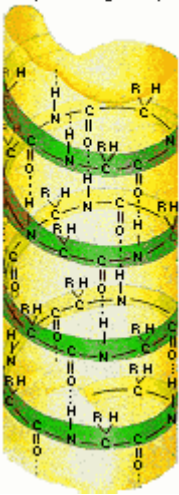
Молекулярные массы различных белков (полипептидов) составляют от 10 000 до нескольких миллионов. Макромолекулы белков имеют стеререгулярное строение, исключительно важное для проявления ими определенных биологических свойств..

**Функции белков в природе универсальны:**

- каталитические (ферменты);
- регуляторные (гормоны);
- структурные (кератин шерсти, фиброин шелка, коллаген);
- двигательные (актин, миозин);
- транспортные (гемоглобин);
- запасные (казеин, яичный альбумин);
- защитные (иммуноглобулины) и т.д.

Разнообразные функции белков определяются α-аминокислотным составом и строением их высокоорганизованных макромолекул.

Выделяют 4 уровня структурной организации белков.

|   |   |
|---|---|
| <p><b>Первичная структура</b> - определенная последовательность α-аминокислотных остатков в полипептидной цепи.</p>               | <p><b>Первичная структура</b></p>    |
| <p><b>Вторичная структура</b> (α-спираль)</p>  | <p><b>Вторичная структура</b> - конформация полипептидной цепи, закрепленная множеством водородных связей между группами N-H и C=O. Одна из моделей вторичной структуры - α-спираль. Другая модель - <b>β-форма</b> ("складчатый лист"), в которой преобладают межцепные (межмолекулярные) Н-связи.</p> |

|   |   |
|---|---|
| <p><b>Третичная структура</b> - форма закрученной спирали в пространстве, образованная главным образом за счет дисульфидных мостиков -S-S-, водородных связей, гидрофобных и ионных взаимодействий.</p> | <p><b>Третичная структура</b></p>   |
| <p><b>Четвертичная структура</b></p>   | <p><b>Четвертичная структура</b> - агрегаты нескольких белковых макромолекул (белковые комплексы), образованные за счет взаимодействия разных полипептидных цепей</p> |

### Свойства белков

- 1. Денатурация**— это разрушение третичной и вторичной структуры белка. Она может быть вызвана нагреванием, действием радиации, встряхиванием. Денатурация белка происходит при варке яиц, приготовлении пищи и т. д.
- 2. Гидролиз** белков – разрушение первичной структуры белка под действием кислот, щелочей или ферментов, приводящее к образованию α-аминокислот, из которых он был составлен.
- 3. Цветные реакции на белки**

Цветные реакции применяются для установления белковой природы веществ, идентификации белков и определение их аминокислотного состава в различных биологических жидкостях. В клинической лабораторной практике эти методы используются для определения количества белка в плазме крови, аминокислот в моче и крови, для выявления наследственных и приобретенных патологий обмена у новорожденных.

#### *Биуретовая реакция на пептидную связь.*

В основе ее лежит способность пептидных связей (-CO-NH-) образовывать с сульфатом меди в щелочной среде окрашенные комплексные соединения, интенсивность окраски которых зависит от длины полипептидной цепи. Раствор белка дает сине-фиолетовое окрашивание.

Реактивы:

- 1) яичный белок, 1% раствор (белок куриного яйца фильтруют через марлю и разводят дистиллированной водой 1:10);
- 2) NaOH, 10% раствор;
- 3) Cu(OH)<sub>2</sub>, 1% раствор.

*Ход определения.* В пробирку вносят 5 капель раствор яичного белка, 3 капли NaOH, 1 каплю Cu(OH)<sub>2</sub>, перемешивают. Содержимое пробирки приобретает сине-фиолетовое окрашивание.

### ***Нингидриновая реакция.***

Сущность реакции состоит в образовании соединения, окрашенного в сине-фиолетовый цвет, состоящего из нингидрина и продуктов гидролиза аминокислот. Эта реакция характерна для аминогрупп в  $\alpha$ -положении, присутствующих в природных аминокислотах и белках.

Реактивы:

- 1) яичный белок, 1% раствор;
- 2) нингидрин, 0,5% водный раствор

*Ход определения.* В пробирку вносят 5 капель раствора яичного белка, затем 5 капель нингидрина, нагревают смесь до кипения. Появляется розово-фиолетовое окрашивание, переходящее с течением времени в сине-фиолетовое.

### ***Ксантопротеиновая реакция.***

При добавлении к раствору белка концентрированной азотной кислоты и нагревании появляется желтое окрашивание, переходящее в присутствии щелочи в оранжевое. Сущность реакции состоит в нитровании бензольного кольца циклических аминокислот азотной кислотой с образованием нитросоединений, выпадающих в осадок. Реакция выявляет наличие в белке циклических аминокислот.

Реактивы:

- 1) яичный белок, 1% раствор;
- 2) концентрированная азотная кислота;
- 3) NaOH, 10% раствор.

*Ход определения.* К 5 каплям раствора яичного белка добавляют 3 капли азотной кислоты и (осторожно!) нагревают. Появляется осадок желтого цвета. После охлаждения добавляют (желательно на осадок) 10 капель NaOH, появляется оранжевое окрашивание.

### ***Реакция Фоля.***

Аминокислоты, содержащие сульфгидрильные группы - SH, подвергаются щелочному гидролизу с образованием сульфида натрия Na<sub>2</sub>S. Последний, взаимодействуя с плюмбитом натрия (образуется в ходе реакции между ацетатом свинца и NaOH), образует осадок сульфида свинца PbS черного или бурого цвета.



Реактивы:

- 1) яичный белок, 1% раствор;
- 2) реактив Фоля (к 5% раствору ацетата свинца прибавляют равный объем 30% раствора NaOH до растворения образовавшегося осадка).

*Ход определения.* К 5 каплям раствора белка прибавляют 5 капель реактива Фоля и кипятят 2-3 мин. После отстаивания 1-2 мин. появляется черный или бурый осадок.