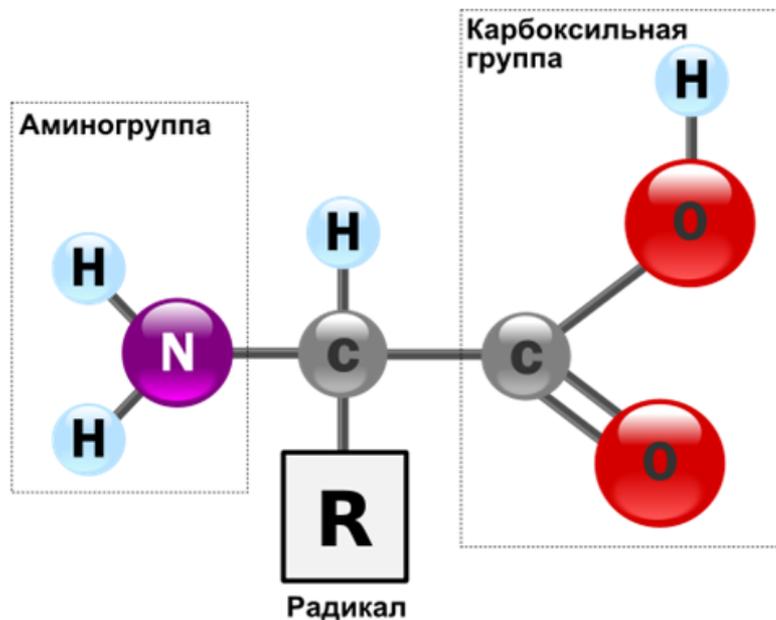


АМИНОКИСЛОТЫ, ПЕПТИДЫ, БЕЛКИ

АМИНОКИСЛОТЫ

Аминокислоты – органические бифункциональные соединения, в состав которых входят карбоксильные группа $-\text{COOH}$ и аминогруппа $-\text{NH}_2$.



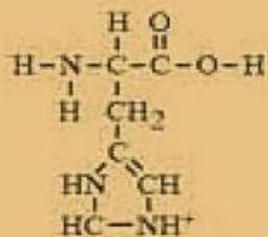
АМИНОКИСЛОТЫ

АМИНОКИСЛОТЫ

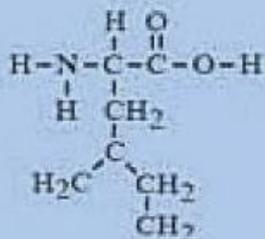
1. Заменяемые аминокислоты - они могут синтезироваться в организме

2. Незаменимые - в организме не образуются, их получают с пищей (лизин, валин, лейцин, изолейцин, тиреонин, фенилаланин, триптофан, тирозин, метионин)

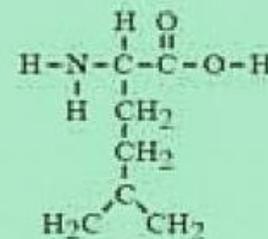
НЕЗАМЕНИМЫЕ АМИНОКИСЛОТЫ



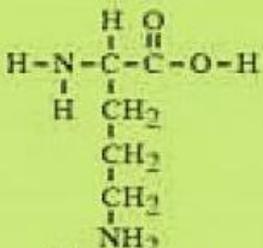
Гистидин



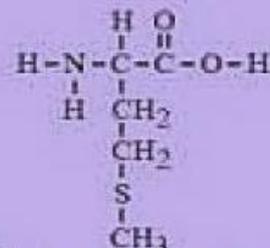
Изолейцин



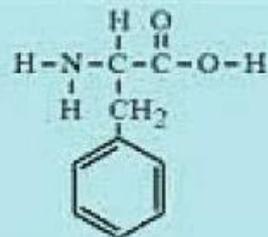
Лейцин



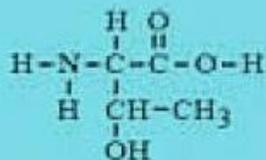
Лизин



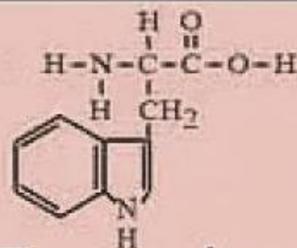
Метионин



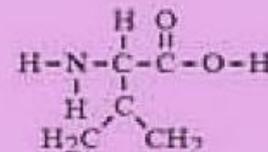
Фенилаланин



Треонин



Триптофан



Валин

НЕЗАМЕНИМЫЕ АМИНОКИСЛОТЫ

Метионин - защита печени, детоксикация организма, защита от токсикоза беременных, антиоксидантное действие, синтез гемоглобина, функция щитовидной железы, рост, обмен веществ, профилактика атеросклероза (ожирение, цирроз печени, анемия, кровотечения, атрофия мышц)

Треонин - усвоение пищевого белка, обмен коллагена и эластина, повышение иммунитета (задержка роста, снижение веса и иммунитета)

Триптофан - участвует в биосинтезе белков сыворотки крови и гемоглобина, образование никотиновой кислоты, рост, улучшает настроение, снижает депрессию (сниженный иммунитет, заболевания нервной системы)

Фенилаланин - 50% на синтез белка, синтез гормонов, умственная активность, память, улучшает работу печени и поджелудочной железы (нарушение функций щитовидной

НЕЗАМЕНИМЫЕ АМИНОКИСЛОТЫ

ИЗОЛЕЙЦИН содержится в рыбе, курином мясе, печени, миндале, кешью, в соевых белках. Изолейцин регулирует уровень сахара в крови. Участвует в синтезе гемоглобина. Повышает выносливость организма. Участвует в синтезе метаболизма в мышцах. Расщепляет холестерин.

ЛЕЙЦИН содержится в бобах, буром рисе, пшеничной муке и орехах. Лейцин является источником энергии, способствует восстановлению мышц и костей. Снижает повышенный уровень сахара в крови при диабетах.

НЕЗАМЕНИМЫЕ АМИНОКИСЛОТЫ

Лизин

- **Является незаменимой аминокислотой;**
- **Участвует в синтезе карнитина - переносчика жирных кислот из цитоплазмы в митохондрии для последующего окисления;**
- **Необходим для синтеза самого распространенного в организме белка – коллагена, участвующего в мышечном расслаблении.**

НЕЗАМЕНИМЫЕ АМИНОКИСЛОТЫ

Гистидин играет важную роль в метаболизме белков, в синтезе гемоглобина, красных и белых кровяных телец, является одним из важнейших регуляторов свертывания крови.

В большом количестве содержится в гемоглобине, используется при лечении ревматоидных артритов, аллергий, язв и анемии, способствует росту и восстановлению тканей.

Недостаток гистидина может вызвать ослабление слуха.

Из гистидина за счет декарбоксилирования синтезируется гистамин:

АМИНОКИСЛОТЫ

К «полузаменимым»

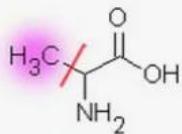
аминокислотам относят:
цистин (цистеин) и тирозин.

К «заменимым»

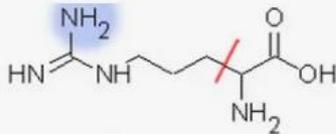
аминокислотам относят:

аланин, аргинин, аспарагин, аспарагиновая кислота, карнитин, цистеин, цистин, глутаминовая кислота, глутамин, глицин, гидроксипролин, пролин, серин, тирозин.

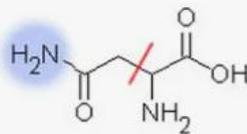
АМИНОКИСЛОТЫ



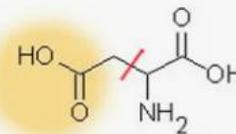
Аланин (Ala)



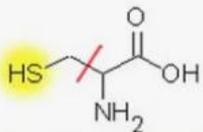
Аргинин (Arg)



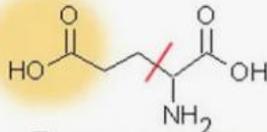
Аспарагин (Asn)



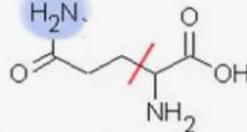
Аспарагиновая кислота (Asp)



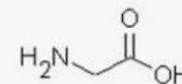
Цистеин (Cys)



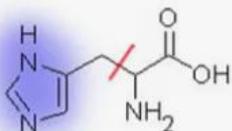
Глутаминовая кислота (Glu)



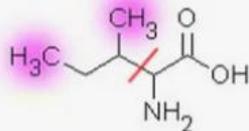
Глутамин (Gln)



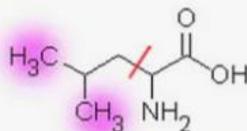
Глицин (Gly)



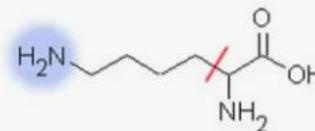
Гистидин (His)



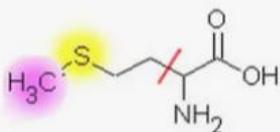
Изолейцин (Ile)



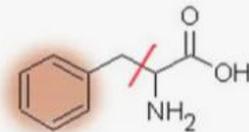
Лейцин (Leu)



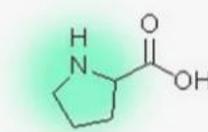
Лизин (Lys)



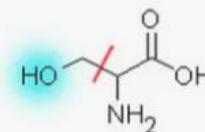
Метионин (Met)



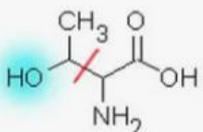
Фенилаланин (Phe)



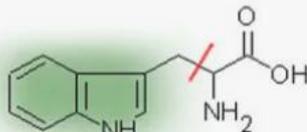
Пролин (Pro)



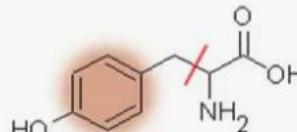
Серин (Ser)



Треонин (Thr)



Триптофан (Trp)



Тирозин (Tyr)



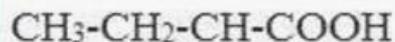
Валин (Val)

НОМЕНКЛАТУРА АМИНОКИСЛОТ

Для названия аминокислот используют три типа номенклатуры – **тривиальную, рациональную и IUPAC.**

- По *систематической номенклатуре (IUPAC)* названия аминокислот образуются из названий соответствующих кислот прибавлением приставки **амино** и указанием места расположения аминогруппы по отношению к карбоксильной группе.

- Нумерация углеродной цепи начинается с атома углерода карбоксильной группы.



2-аминобутановая
кислота

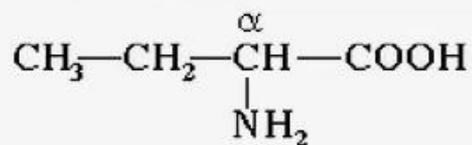


3-аминобутановая
кислота

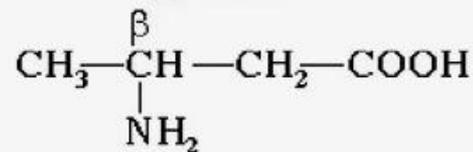
НОМЕНКЛАТУРА АМИНОКИСЛОТ

Рациональная номенклатура

За основы **выбирают тривиальное название соответствующей карбоновой кислоты**, к которому добавляют приставку «**амино-**». Положение аминогруппы обозначают греческими буквами, для чего углеродную цепь аминокислоты нумеруют, начиная с атома углерода, соседнего с карбоксильной группой.



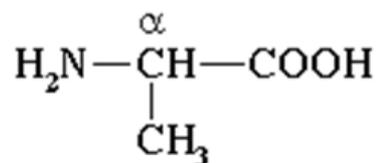
α -аминомасляная
кислота



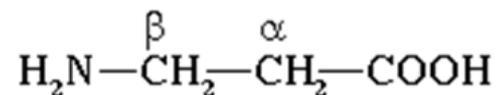
β -аминомасляная
кислота

КЛАССИФИКАЦИЯ АМИНОКИСЛОТ

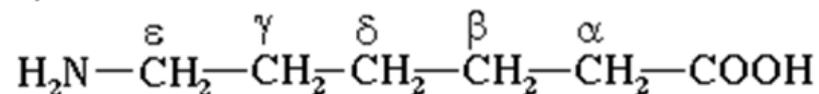
1. В зависимости от взаимного расположения амино- и карбоксильной групп аминокислоты подразделяют на α -, β -, γ -, δ и т. д.



2-аминопропановая кислота
(α -аминопропионовая,
аланин)



3-аминопропановая кислота
(β -аминопропионовая)



6-аминогексановая кислота
(ε -аминокапроновая)

КЛАССИФИКАЦИЯ АМИНОКИСЛОТ

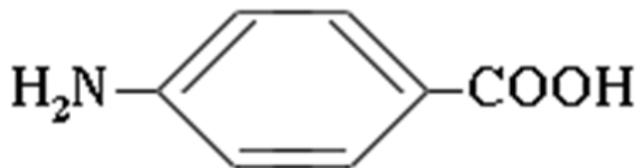
По характеру углеводородного радикала.

алифатическими

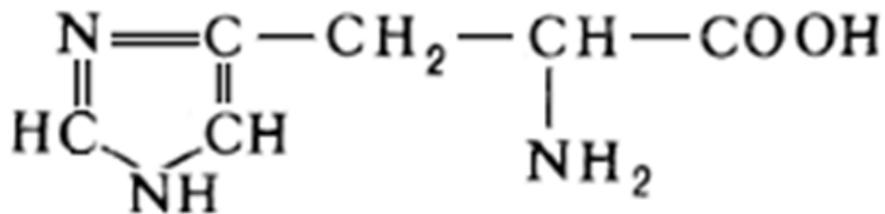
карбоциклическими

циклическими

гетероциклические



п-аминобензойная кислота



Гистидин

КЛАССИФИКАЦИЯ АМИНОКИСЛОТ

Классификация

в зависимости от

числа карбоксильных и аминогрупп

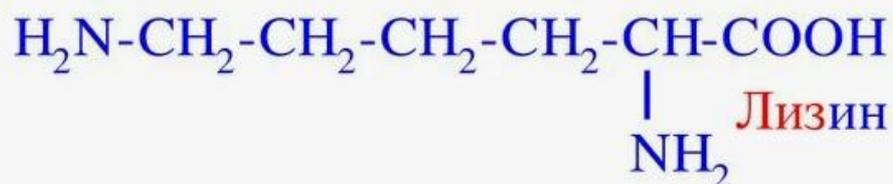
- *Нейтральные* – одна NH_2 и одна COOH группы

Моноамино-
монокарбоновые



- *Основные* – две NH_2 и одна COOH группы

Диамино-
монокарбоновые



- *Кислые* - одна NH_2 и две COOH группы

Моноамино-
дикарбоновые



КЛАССИФИКАЦИЯ АМИНОКИСЛОТ

Классификация аминокислот, основанная на полярности радикалов

Неполярные
(гидрофобные)

↓
**ала, вал,
лей, иле,
фен, три,
про, мет**

Гидрофобные
взаимодействия

Полярные
(гидрофильные)

← незаряженные
(нейтральные)
**гли, сер, тре,
тир, цис, асн,
гли**

Водородные
связи

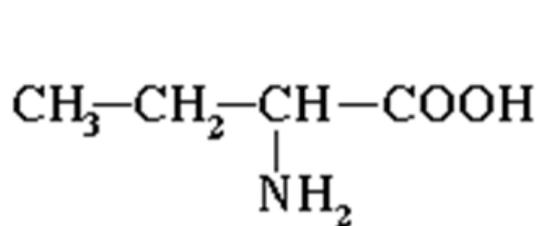
→ заряженные
(-) (+)
**асп лиз
глу арг
гис**

Ионные
связи

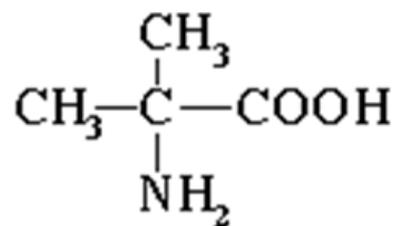
ИЗОМЕРИЯ АМИНОКИСЛОТ

Изомерия

1. Изомерия углеродного скелета

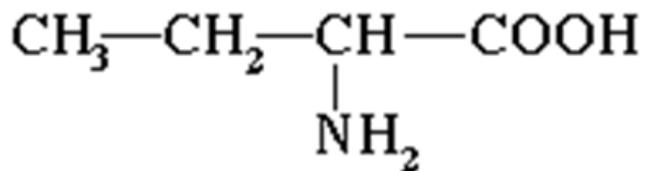


2-аминобутановая
кислота

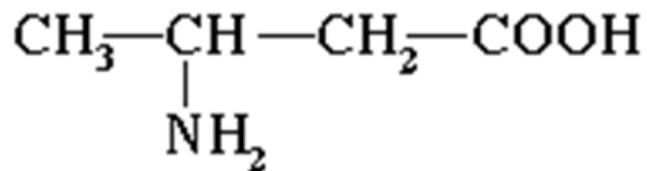


2-амино-2-метилпропановая
кислота

2. Изомерия положения функциональных групп



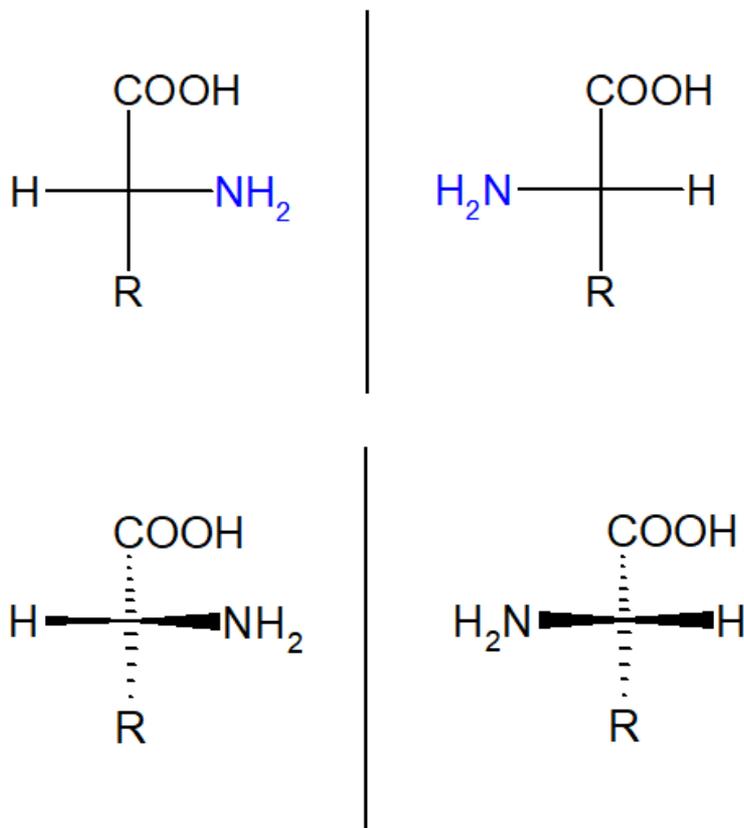
2-аминобутановая
кислота



3-аминобутановая
кислота

ИЗОМЕРИЯ АМИНОКИСЛОТ

3. Оптическая изомерия



D-аминокислота

L-аминокислота

АМИНОКИСЛОТЫ

Физические свойства

α -Аминокислоты - кристаллические вещества. Имеют высокие температуры плавления (выше 200°C), нелетучие, растворимые в воде и нерастворимые в неполярных органических растворителях. Способность α -аминокислот растворяться в воде является важным фактором обеспечения их биологического функционирования - с нею связаны всасываемость α -аминокислот, их транспорт в организме и т.п.

АМИНОКИСЛОТЫ

В твердом состоянии и водных растворах при нейтральных значениях pH α-аминокислоты существуют преимущественно в виде внутренних солей. В сильноокислой среде преобладает катионная форма, в сильнощелочной - анионная.



АМИНОКИСЛОТЫ

Положение равновесия аминокислоты в водном растворе при определенном значении pH существенно зависит от строения радикала.

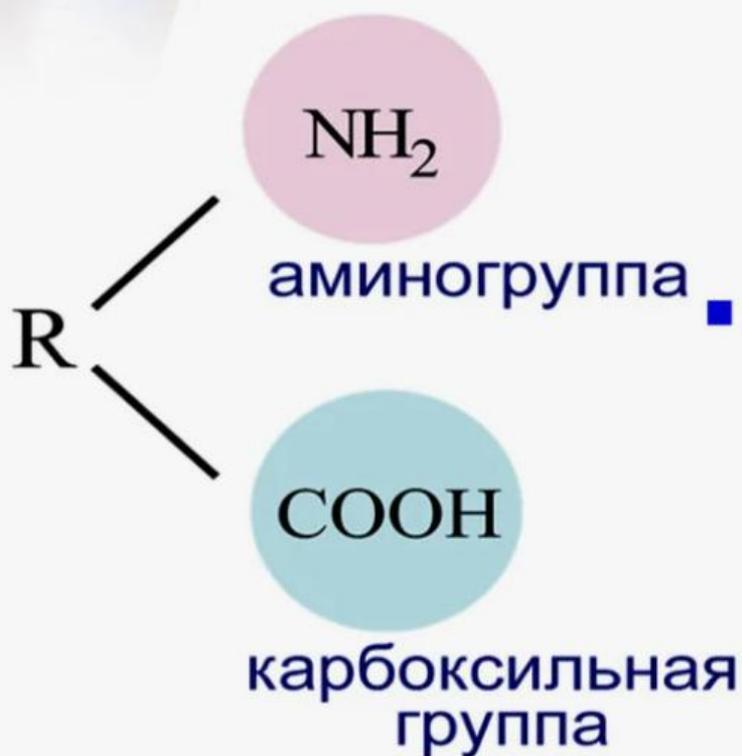
Значение pH, при котором концентрация диполярных ионов максимальна, а минимальные концентрации катионных и анионных форм α -аминокислоты равны, называется **изоэлектрической точкой** (pI).

$$pI = \frac{pK_{K1} + pK_{K2}}{2}$$

АМИНОКИСЛОТЫ

- ⦿ В **изоэлектрической** **точке** **суммарный заряд молекулы кислоты равен 0.**
- ⦿ **Состояние электронейтральности** **аминокислоты** **называют** **изоэлектрическим состоянием.**

ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АМИНОКИСЛОТ

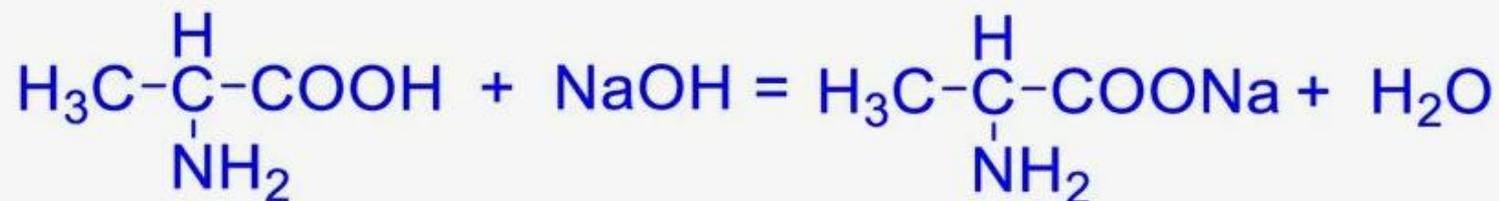


- Наличие амино- и карбоксильной групп определяет двойственность химических свойств аминокислот.
- **Амфотерность** (от греч. amphyteros – «и тот и другой») – способность некоторых веществ в зависимости от условий проявлять либо кислотные, либо основные свойства; амфотерные вещества иногда называют амфолитами.

ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АМИНОКИСЛОТ

Аминокислоты – амфотерные соединения

Кислотные свойства

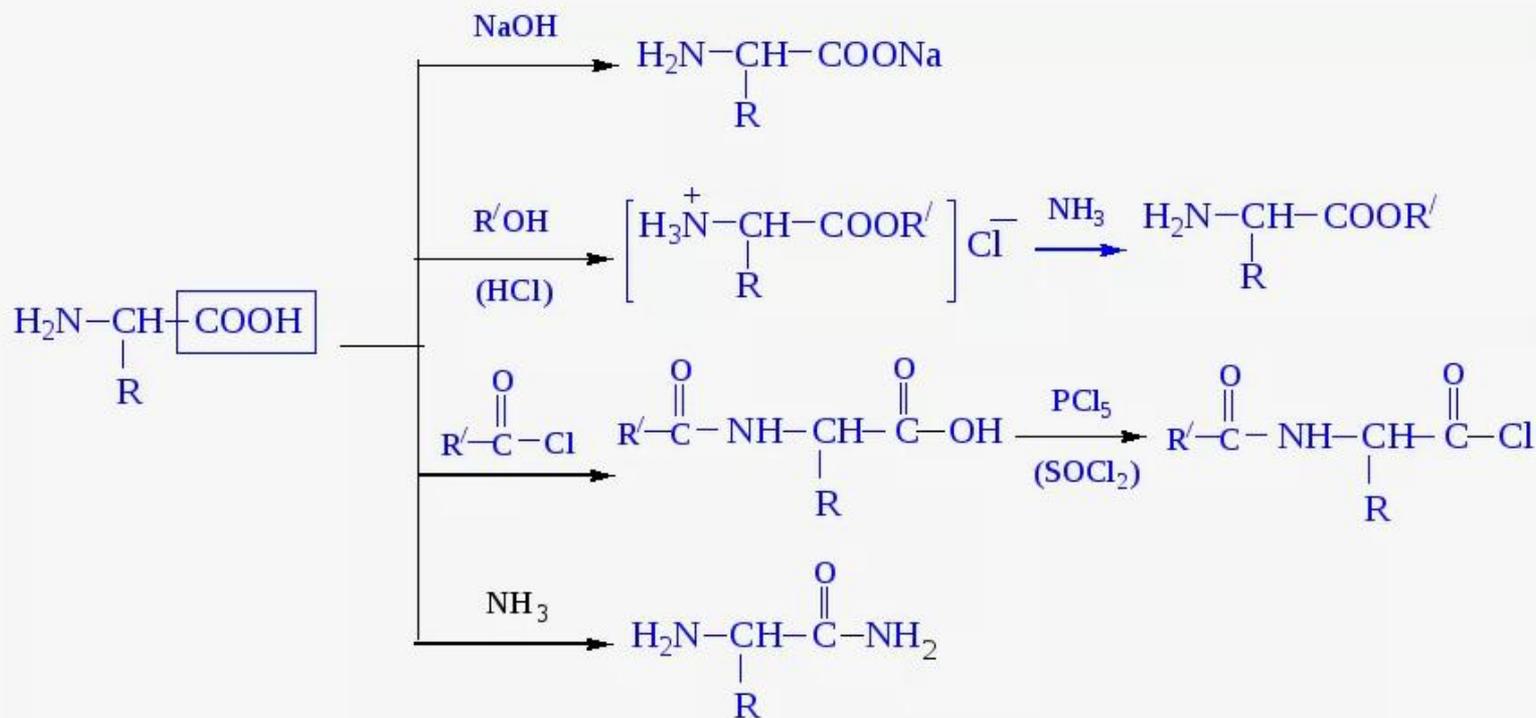


Основные свойства



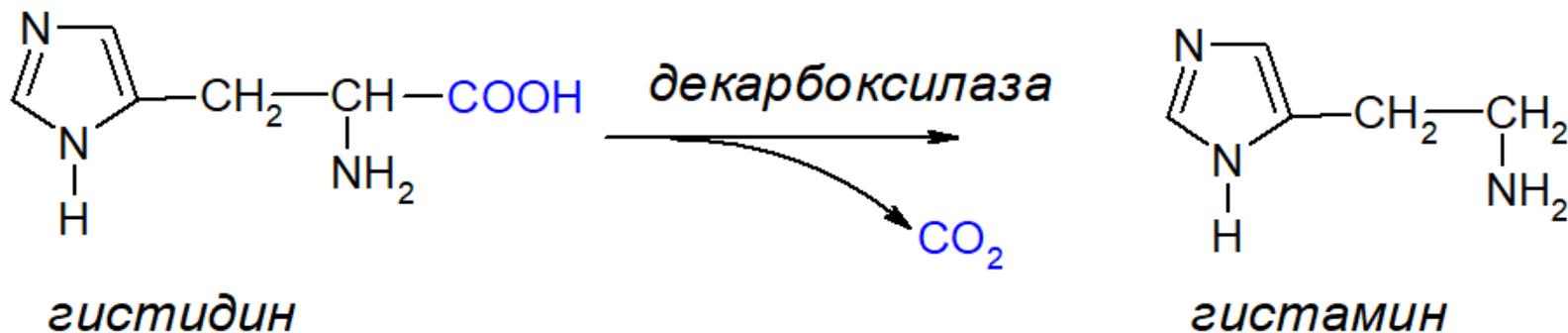
ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АМИНОКИСЛОТ

Общие реакции аминокислот по карбоксильной группе:



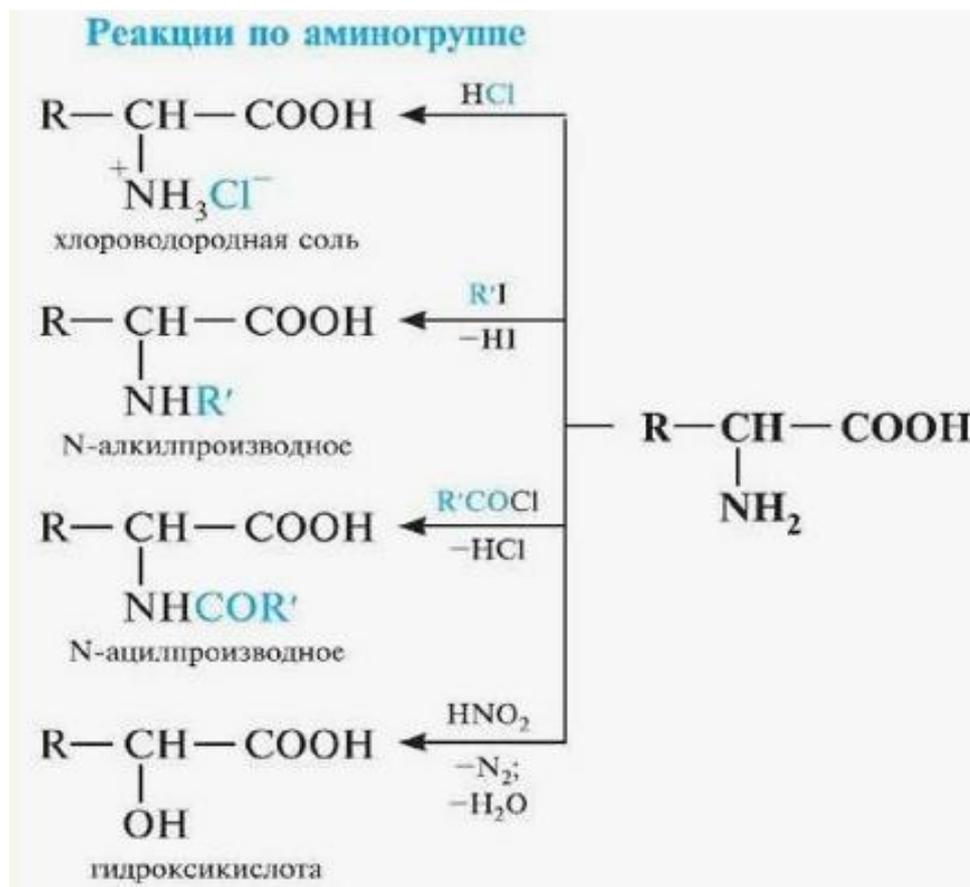
ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АМИНОКИСЛОТ

Декарбоксилирование



ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АМИНОКИСЛОТ

Общие реакции аминокислот по аминогруппе:



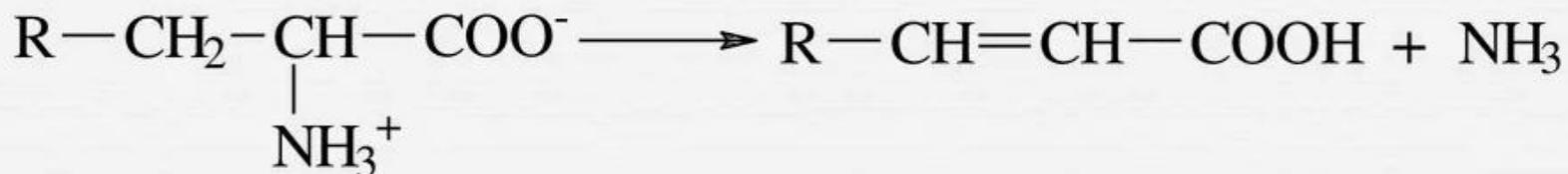
ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АМИНОКИСЛОТ

Дезаминирование аминокислот



Метод Ван-Слайка

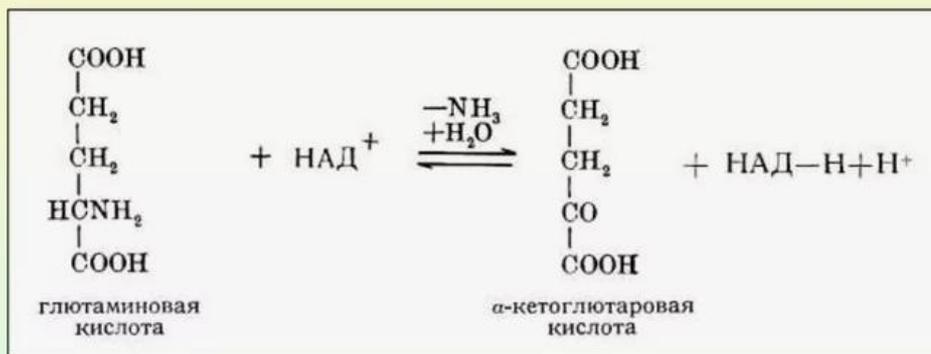
А. Внутримолекулярное дезаминирование



(таким образом у некоторых микроорганизмов и высших растений аспарагиновая кислота превращается в фумаровую)

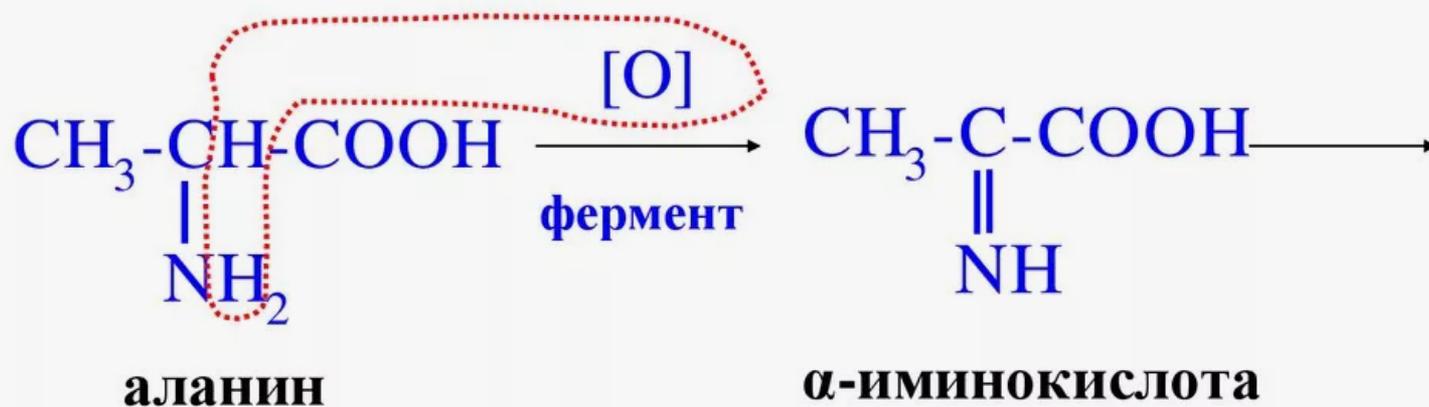
ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АМИНОКИСЛОТ

Дезаминирование (прямое)



ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АМИНОКИСЛОТ

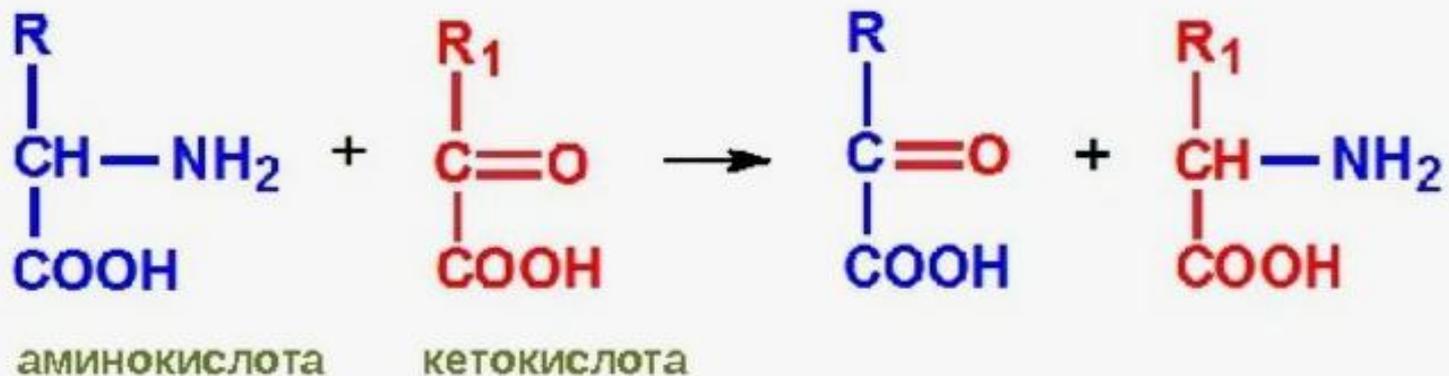
Окислительное дезаминирование



ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АМИНОКИСЛОТ

Трансаминирование - это путь синтеза необходимых АК из α -кетокислот. При этом донором аминогруппы является α -АК, находящаяся в избытке, а акцептором аминогруппы α -кетокислоты (ПВК, ЩУК, α -кетомасляная кислота).

Процесс происходит с участием фермента - трансаминазы и кофермента - пиридоксальфосфата.



СПЕЦИФИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АМИНОКИСЛОТ

Специфические свойства α -аминокислот

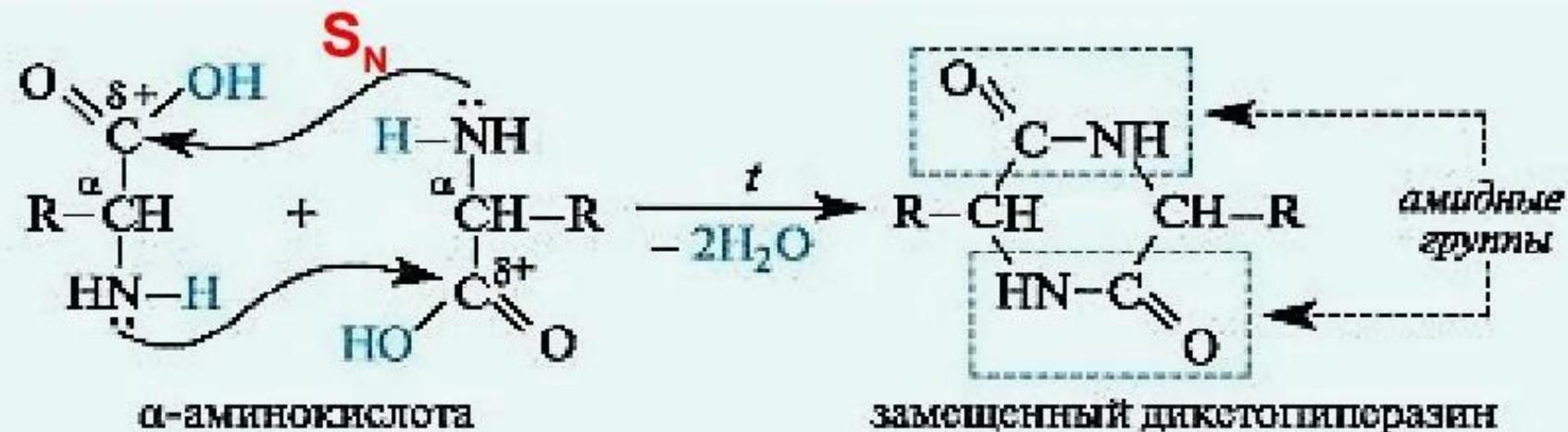
Декарбоксилирование α -аминокислот *in vivo*



СПЕЦИФИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АМИНОКИСЛОТ

Отношение аминокислот к нагреванию

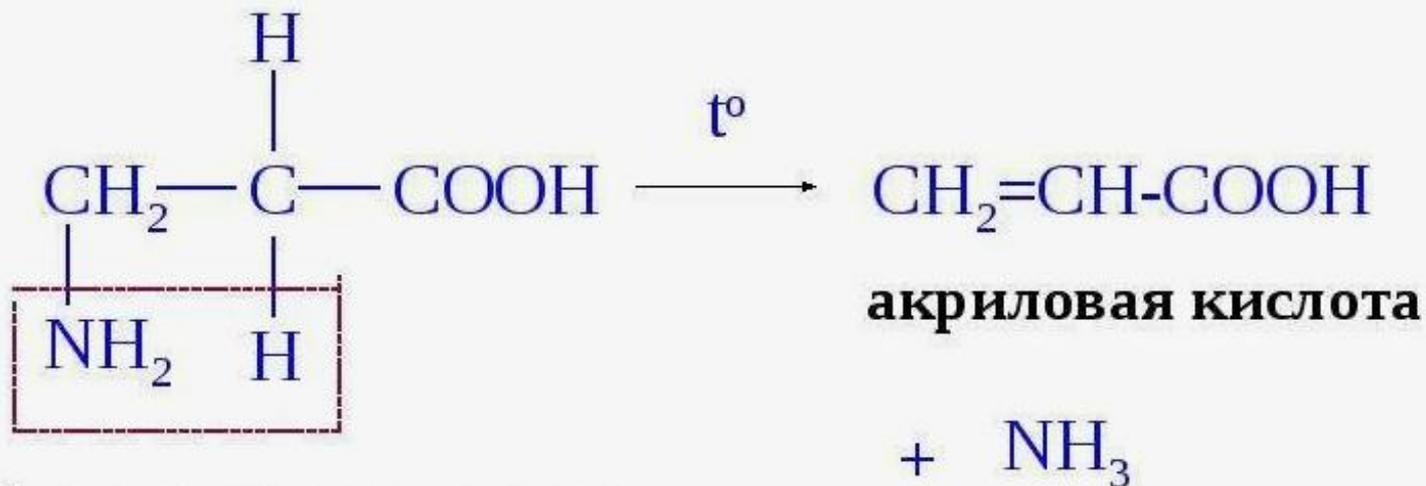
α -аминокислоты



дикетопиперазин

СПЕЦИФИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АМИНОКИСЛОТ

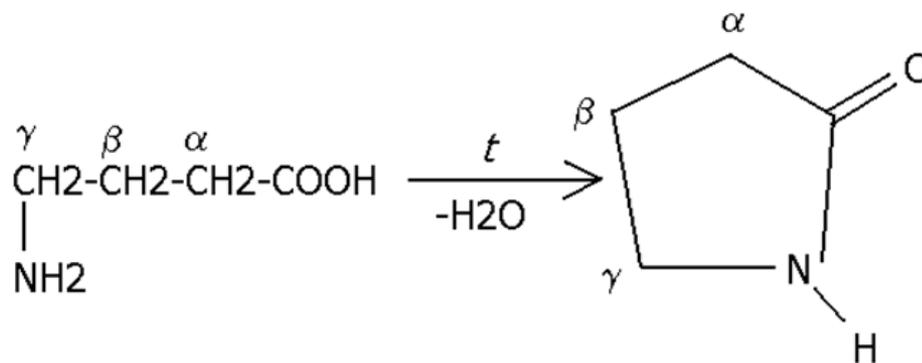
Специфические свойства β -аминокислот



β -аминопропионовая
кислота

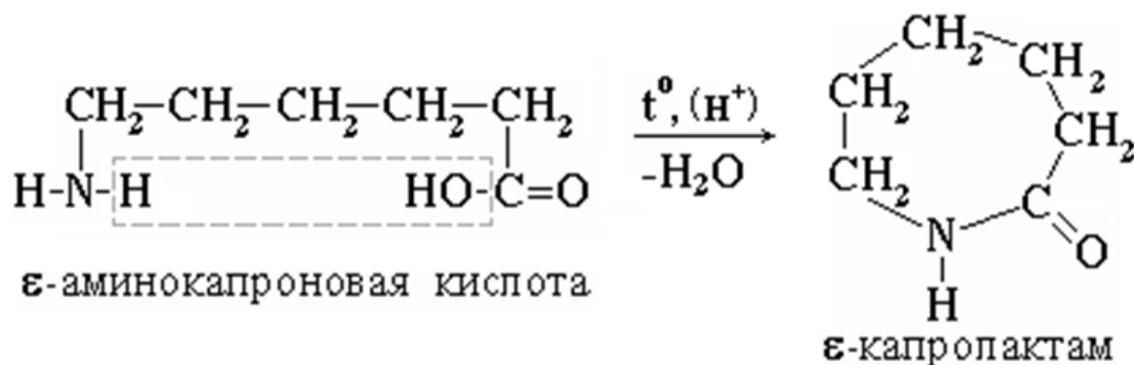
СПЕЦИФИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АМИНОКИСЛОТ

γ -аминокислоты превращаются в циклические внутримолекулярные пептиды-лактамы:



СПЕЦИФИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АМИНОКИСЛОТ

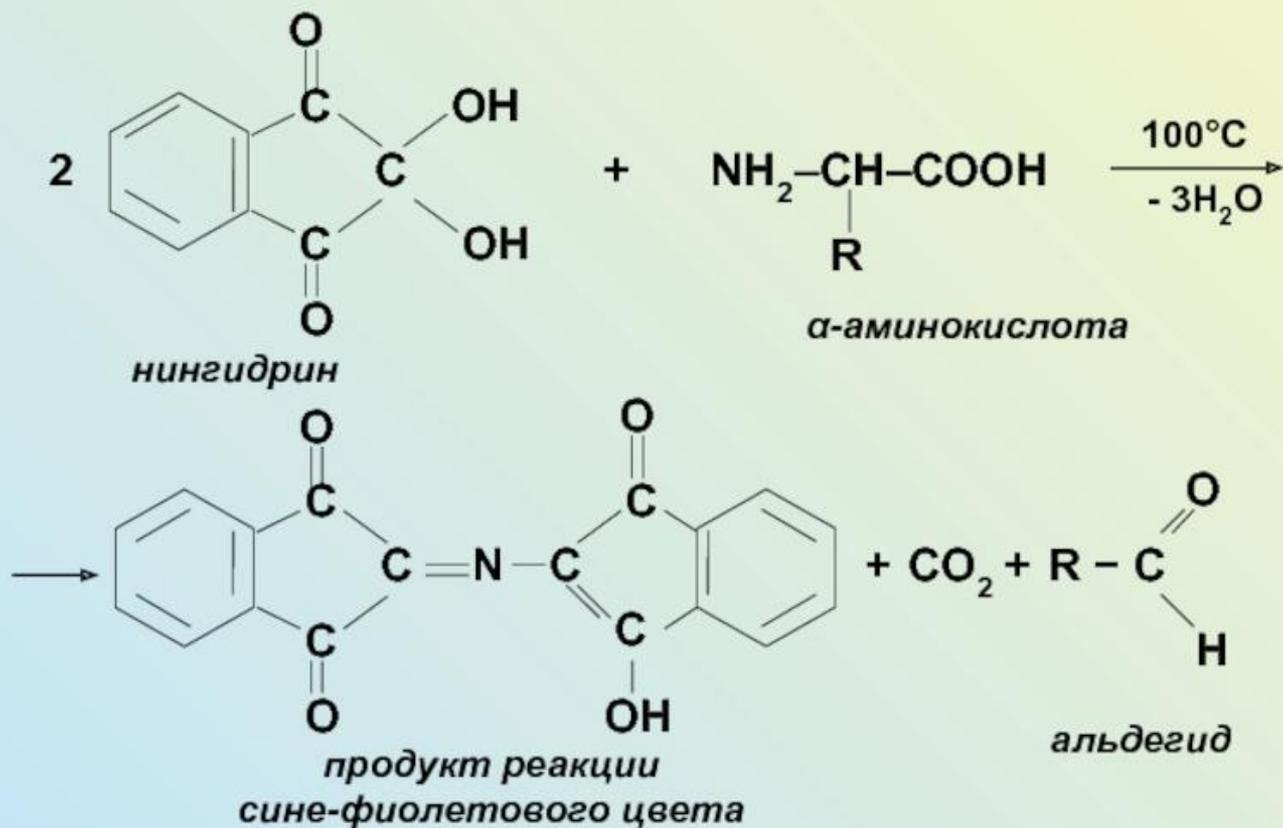
Практическое значение имеет внутримолекулярное взаимодействие функциональных групп ϵ -аминокапроновой кислоты, в результате которого образуется ϵ -капролактам (полупродукт для получения капрона):



КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ АМИНОКИСЛОТ

Качественные реакции α -аминокислот

1. Реакция с нингидрином:



КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ АМИНОКИСЛОТ

Ксантопротеиновая реакция на ароматические
аминокислоты



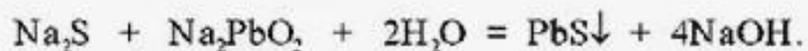
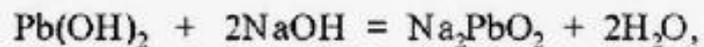
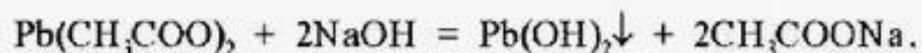
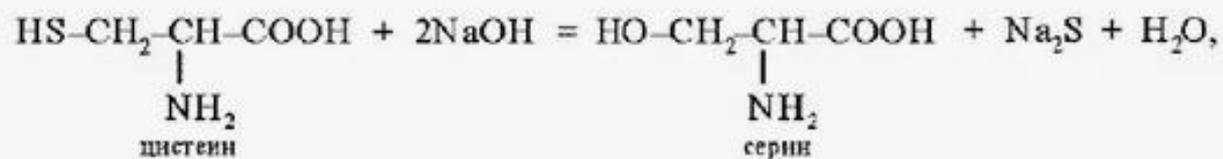
желтого
цвета



оранжевого
цвета

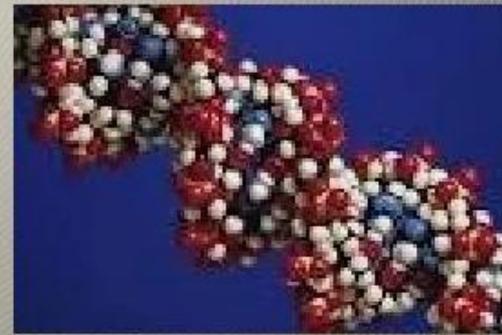
КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ АМИНОКИСЛОТ

Реакция Фоля



ПЕПТИДЫ

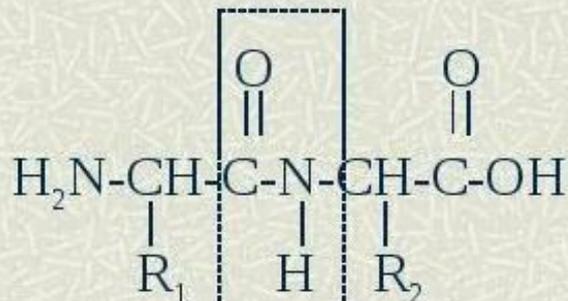
Пептиды - это очень короткие белки. Они имеют размер всего 1 нм, поэтому с полным правом причислены к нанобиологии. Как известно, белки состоят из аминокислот, как цепочка из звеньев и бывают разной длины: длинные – в них десятки аминокислот и короткие – имеющие лишь 2-3 звена. Вот это и есть короткие пептиды.



ПЕПТИДЫ

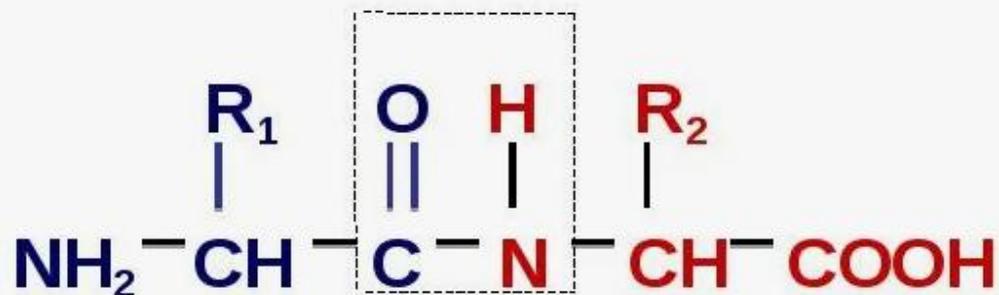
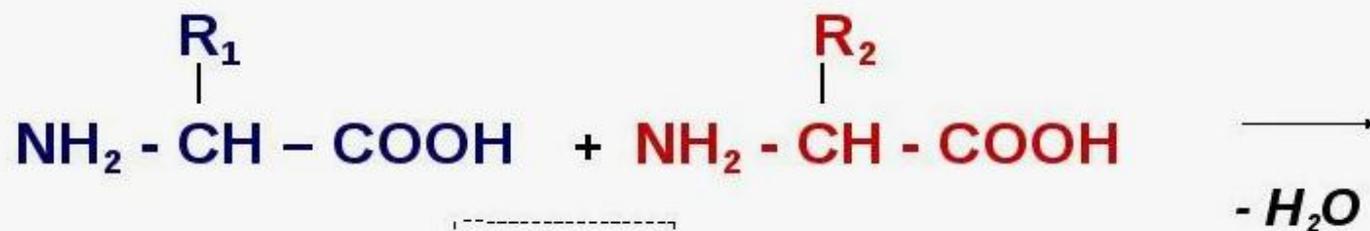
В результате взаимодействия **аминогруппы** $-\text{NH}_2$ одной аминокислоты с **карбоксильной группой** $-\text{COOH}$ другой аминокислоты образуется соединение- ПЕПТИД , группировка $-\text{CO}-\text{NH}-$ называется пептидной группой, а связь между атомами углерода и азота- пептидной связью. В состав пептида может входить огромное количество остатков аминокислот.

ДИПЕПТИД



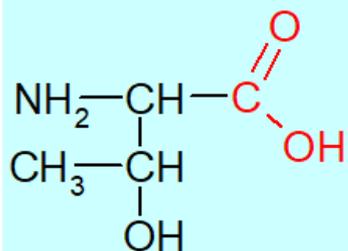
ПЕПТИДЫ

Образование пептидной связи

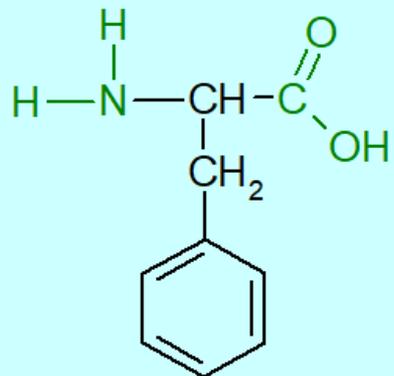


Пептидная
связь

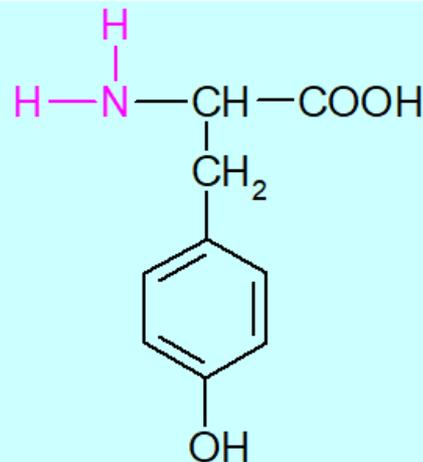
ПЕПТИДЫ



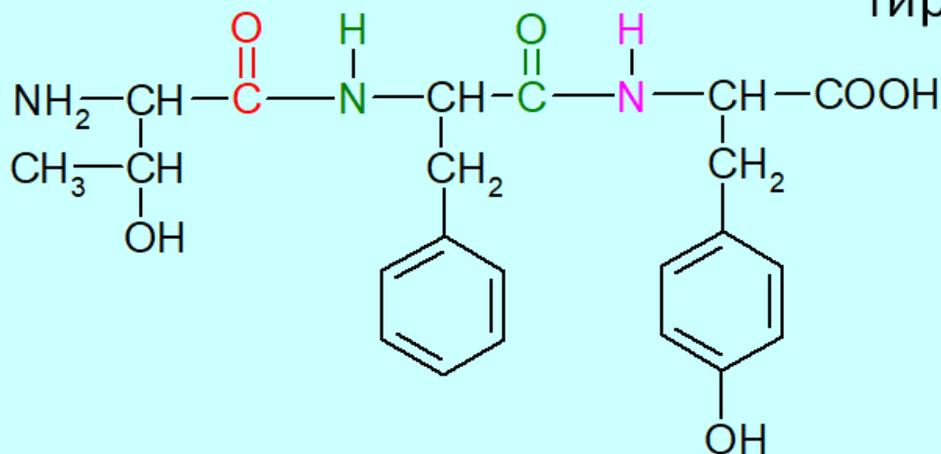
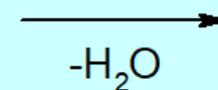
Треонин



Фенилаланин

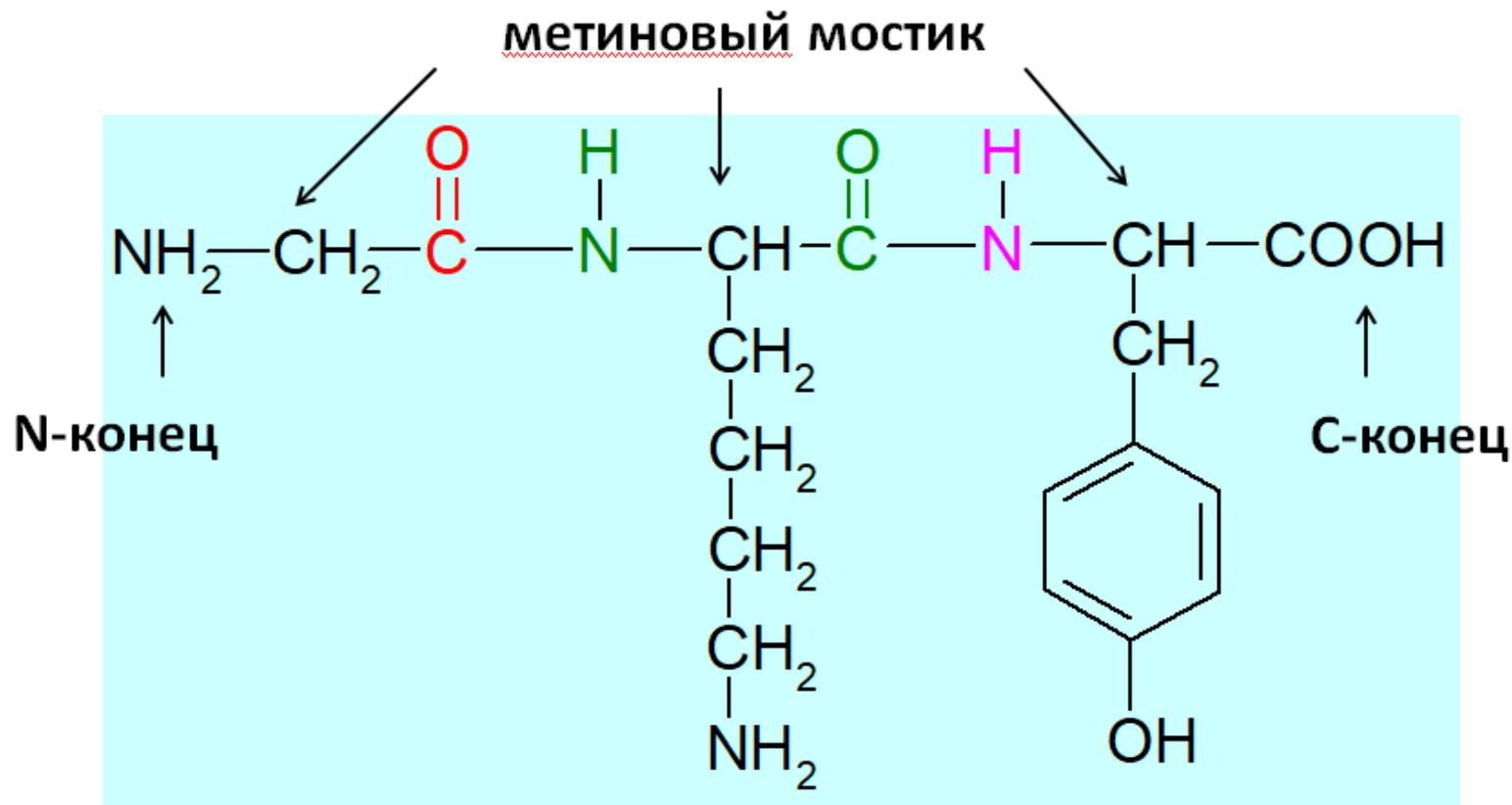


Тирозин



Треонил-Фенилаланил-Тирозин

ПЕПТИДЫ



Глицил-лизил-тирозин

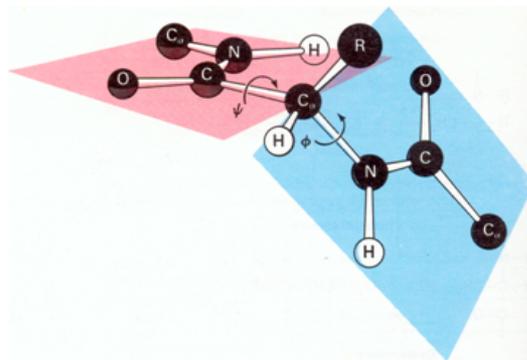
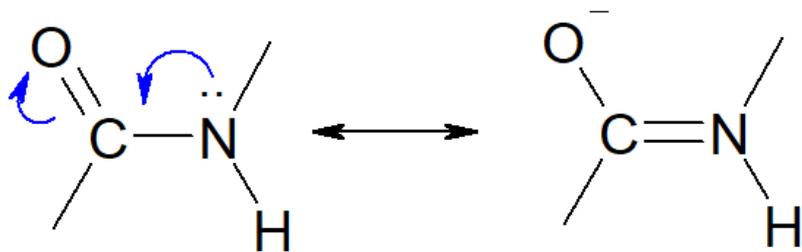
ПЕПТИДЫ

- Названия пептидов строятся путём последовательного перечисления аминокислотных остатков, начиная с N-конца, с добавлением суффикса -ил, кроме последней C-концевой аминокислоты, для которой сохраняется её полное название. Для остатка аспарагиновой кислоты используется название аспартил.

ПЕПТИДЫ

Пространственное строение амидной группы

1. Пептидная группа относится к p, π -сопряженной системе. Все атомы лежат в одной σ -плоскости.
2. За счет образования единого делокализованного 4π -электронного облака вращение вокруг C-N связи затруднено.



ПЕПТИДЫ

Природные пептиды

- Гормональная активность (окситоцин, глюкагон, вазопрессин и др.)
- Пищеварение (гастрин, секретин)
- Пептиды крови (брадикинин, ангиотензин, каллидин)
- Нейропептиды (пептид сна, эндорфины)

Часто синтезируются сначала как неактивные предшественники.

- Искусственный пептид – аспартам – заменитель сахара

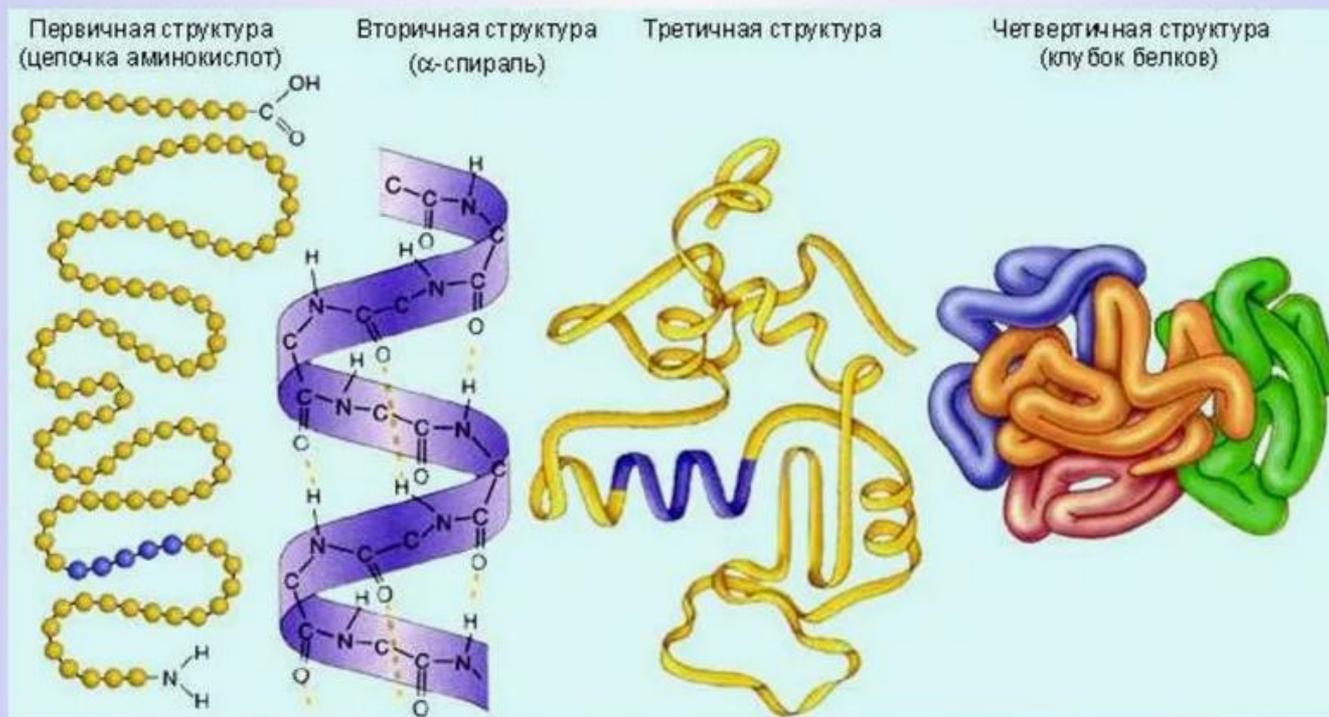
ПЕПТИДЫ

Функции пептидов

1. Выполняют функции биорегуляторов различных биологических и физиологических процессов: регулируют тонус сосудов (вазопрессин, ангиотензин), моторику и секрецию ЖКТ (гастрин, холецистокинин), сон, бодрствование, эмоциональное поведение, память, обучение, синаптическую передачу
2. Стимулируют секрецию гормонов гипофиза (АКТГ, соматотропный гормон)
3. Регулируют иммунитет (гормоны тимуса, тафтсин)

БЕЛКИ

Белки – это природные полипептиды с высокими значениями молекулярной массы, построенные из α -аминокислот. В состав белков входит 20 различных аминокислот, отсюда следует их огромное многообразие при различных комбинациях аминокислот.



БЕЛКИ

БЕЛКИ

```
graph TD; A[БЕЛКИ] --> B[Простые (протеины)]; A --> C[Сложные (протеиды)];
```

**Простые
(протеины)**

только из аминокислот

альбумины, глобулины

**Сложные
(протеиды)**

белок +

небелковая часть

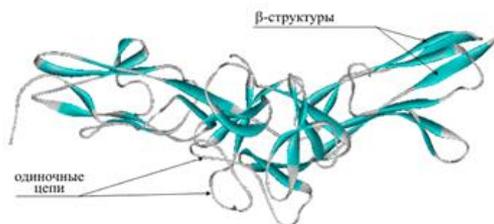
гемоглобин,

нуклеопротеид

БЕЛКИ

Классификация белков по форме молекулы

фибриллярные



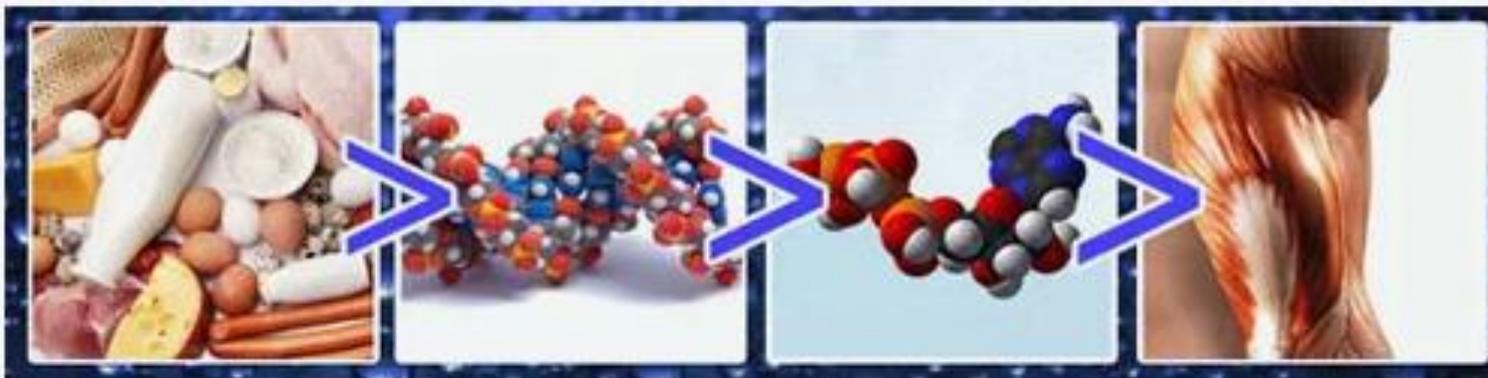
глобулярные



промежуточные



ФУНКЦИИ БЕЛКОВ В ОРГАНИЗМЕ



Белковая пища ---> Белки ---> Аминокислоты ---> Мышцы

**ИНФОРМАЦИОННАЯ
ФУНКЦИЯ**
(наследственная генетика, ДНК)

**МОТОРНАЯ
(ДВИГАТЕЛЬНАЯ)
ФУНКЦИЯ**
(сокращение мышц,
сосудов, сердца...)

**ГОРМОНАЛЬНАЯ
ФУНКЦИЯ**
(регуляторная)
(гормон роста, инсулин)

Функции белка в организме

ЗАЩИТНАЯ ФУНКЦИЯ
(лимфоциты- антитела уничтожающие
бактерии, вирусы, токсины
и др. чужеродн. клетки)

**СТРУКТУРНАЯ ИЛИ
СТОИТЕЛЬНАЯ ФУНКЦИЯ**
(кератин, коллаген -основа мышц, сосудов, сердца,
кишечника, кожи и т.д.)

**СИГНАЛЬНАЯ
ФУНКЦИЯ**
(внутри- и меж-
клеточная)
(Окисл. азота, и т.д.)

**ТРАНСПОРТНАЯ
ФУНКЦИЯ**
(гемоглобин, перенос и
усвоение микроэлементов)

**ФЕРМЕНТАТИВНАЯ
ФУНКЦИЯ**
(белки-катализаторы
ускоряющие расщепление пищи)
Мезим-фестал

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БЕЛКОВ

1. Белки в организме находятся в коллоидном состоянии.
2. Белки – высокомолекулярные полимеры. M_r = от нескольких тысяч до миллионов.
3. Белки – амфотерные электролиты (в кислой среде реагируют как катионы; в щелочной – как анионы).

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БЕЛКОВ

4. Изоэлектрическое состояние при рН такой, когда отталкивание между белками ослабевает и они начинают притягиваться, что приводит к их соединению и седиментации (изоэлектрическая точка).
5. Аминные, гидроксильные и карбоксильные группы обуславливают высокую гидрофильность белков (гидратная оболочка). Наименьшая гидрофильность – в изоэлектрической точке.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БЕЛКОВ

б. Коагуляция белков – сближение и склеивание коллоидных частиц увеличение частиц в размере и выпадение в осадок, коагулируют белки под действием солей и высокой температуры. Обратимая и необратимая коагуляция.

свертывание белка и выпадение осадка при нагревании и при изменении кислотности среды



ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БЕЛКОВ

7. Белки могут иметь кристаллическую форму, пример – в результате высаливания.
8. Белки гетерогенны (в основе биологической несовместимости).

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БЕЛКОВ

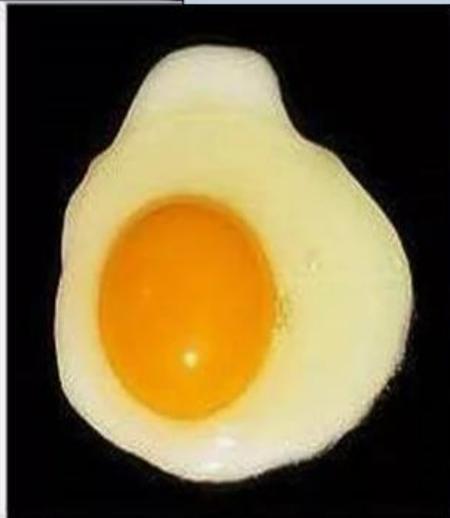
9. Денатурация белка (необратимая или малообратимая) возникает под действием внешних факторов:

- не разрушает пептидных связей (первичное строение);
- снижает гидрофильность и растворимость;
- приводит к потере биологических свойств.



ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БЕЛКОВ

Факторы, вызывающие денатурацию



Необратимая денатурация белка куриного яйца под воздействием высокой температуры

joyreactor.cc



Соли тяжелых металлов



спирт

Высокая температура

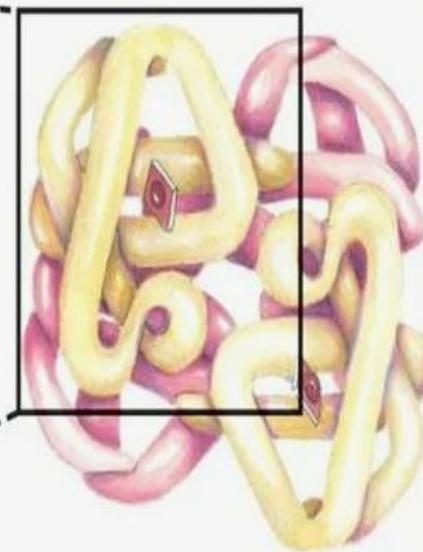
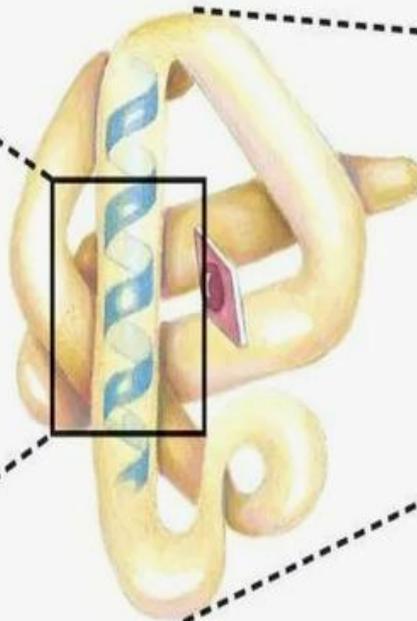
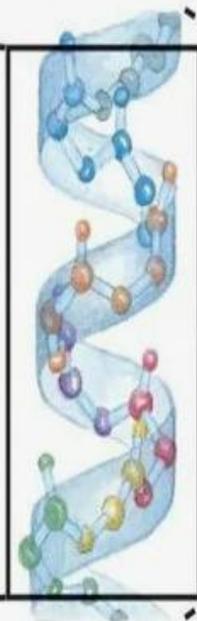
УРОВНИ СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ БЕЛКОВ

Первичная структура

Вторичная структура

Третичная структура

Четвертичная структура



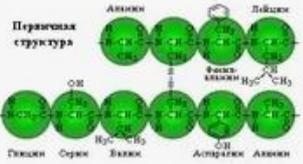
Последовательность
аминокислот

α -Спираль

Полипептидная цепь

Ансамбль субъединиц

УРОВНИ СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ БЕЛКОВ

 <p>Первичная структура</p>	<p>Первичная структура - определенная последовательность α-аминокислотных остатков в полипептидной цепи.</p>
 <p>Вторичная структура (α-спираль)</p>	<p>Вторичная структура - конформация полипептидной цепи, закрепленная множеством водородных связей между группами N-H и C=O.</p> <p>Одна из моделей вторичной структуры - α-спираль.</p>
 <p>Третичная структура</p>	<p>Третичная структура - форма закрученной спирали в пространстве, образованная главным образом за счет дисульфидных мостиков -S-S-, водородных связей, гидрофобных и ионных взаимодействий.</p>
 <p>Четвертичная структура</p>	<p>Четвертичная структура - агрегаты нескольких белковых макромолекул (белковые комплексы), образованные за счет взаимодействия разных полипептидных цепей</p>