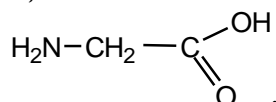


АМИНОКИСЛОТЫ

Ранее в нашем курсе обсуждались в основном свойства органических соединений, содержащих одну или несколько одинаковых функциональных групп (моно- или полифункциональные соединения). Однако в природе очень широко распространены вещества, молекулы которых включают в себя несколько разных функциональных групп – **гетерофункциональные** соединения. Вы уже немного знакомы с ними на примере оксикислот (см. Лекцию 22). В данной лекции речь пойдет о важнейших для всего живого на земле гетерофункциональных соединениях – аминокислотах.

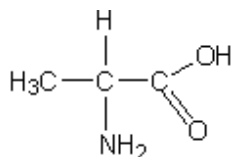
Аминокислоты – это органические соединения, молекулы которых содержат и карбоксильную группу, и аминогруппу.

Простейшая аминокислота – *глицин*:



выделена в 1820 г. французским ученым А. Браконом. Нагревая отходы от разделки мясных туш – кожу, хрящи, сухожилия – с водным раствором серной кислоты, он получил сладкие белые кристаллы. Вещество сначала назвали гликокол и долгое время считали углеводом. Впоследствии оно получило название глицин.

По правилам номенклатуры ИЮПАК нумерация основной цепи аминокислот начинается с карбоксильной группы. Аминогруппу обозначают приставкой *амино-* и указывают ее номер. Так, глицин, согласно номенклатуре, называют аминокислотой (или аминоэтановой) кислотой, а аланин:

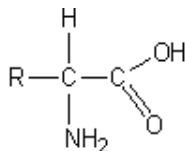


2-аминопропановой кислотой.

В биологии и химии широко распространены названия аминокислот, в которых положение аминогруппы по отношению к карбоксильной группе обозначается греческими буквами. Если аминогруппа и карбоксильная группа находятся у одного и того же атома углерода, то такая аминокислота называется α -аминокислотой. В β -аминокислотах функциональные группы разделены двумя атомами углерода, в γ - – тремя и т.д. Согласно этой номенклатуре аланин называют α -аминопропановой кислотой.

Кроме того, многие природные аминокислоты имеют тривиальные названия. Такие кислоты принято сокращенно обозначать латинскими буквами. Так, например, глицин обозначают Gly.

Примеры некоторых природных α -аминокислот с общей формулой



| | | |
|-----------------------|--|-----|
| Глицин | R = -H | Gly |
| Аланин | R = -CH ₃ | Ala |
| Аспарагиновая кислота | R = -CH ₂ COOH | Asp |
| Цистеин | R = -CH ₂ SH | Cys |
| Лизин | R = -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -NH ₂ | Lys |

| | | |
|----------------------|---|-----|
| Тирозин | R = -CH ₂ -C ₆ H ₄ -OH | Tyr |
| Глутаминовая кислота | R = -CH ₂ -CH ₂ COOH | Glu |

Обратите внимание, что молекулы природных аминокислот могут включать и другие функциональные группы. Например, цистеин содержит меркапто-группу SH, тирозин – бензольное кольцо и фенольный гидроксил в пара-положении. В состав молекулы лизина входят две аминогруппы, а в состав молекул аспарагиновой и глутаминовой кислот – две карбоксильные группы и т.п.

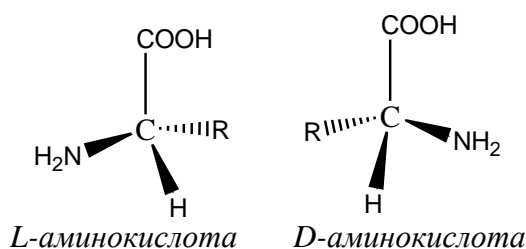
Для аминокислот характерны *изомерия цепи и изомерия взаимного расположения аминогруппы и карбоксильной группы*. Приведем в качестве примера изомеры аминокислоты и их названия.

Аминокислоты состава C₄H₉NO₂

| | | |
|---|---|--|
| 1 | $\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ \qquad \qquad \qquad // \\ \text{H}_2\text{N} \qquad \qquad \text{O} \end{array}$ | 2-аминобутановая кислота (2-аминомасляная кислота, α -аминомасляная кислота) |
| 2 | $\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{OH} \\ \qquad \qquad \qquad // \\ \text{NH}_2 \qquad \qquad \text{O} \end{array}$ | 3-аминобутановая кислота (3-аминомасляная кислота, β -аминомасляная кислота) |
| 3 | $\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}-\text{OH} \\ \qquad \qquad \qquad // \\ \text{H}_2\text{N} \qquad \qquad \text{O} \end{array}$ | 4-аминобутановая кислота (4-аминомасляная кислота, γ -аминомасляная кислота, ГАМК) |
| 4 | $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ \qquad \qquad // \\ \text{NH}_2 \qquad \text{O} \end{array}$ | 2-амино-2-метилпропановая кислота |
| 5 | $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ \qquad \qquad // \\ \text{NH}_2 \qquad \text{O} \end{array}$ | 3-амино-2-метилпропановая кислота |

Важнейшие вещества органической жизни – белки – состоят из остатков только α -аминокислот. Но в организме встречаются и другие аминокислоты. Например, γ -аминомасляная кислота, ГАМК, играет важную роль в механизме передачи нервного импульса.

Для всех α -аминокислот с четырьмя различными заместителями у α -атома углерода возможно существование оптических (зеркальных) изомеров, которые называют *энантиомерами*. В ряду аминокислот (а также углеводов – см. ниже) оптические изомеры принято обозначать латинскими буквами. L- (от лат. «laevus – левый») и D- (от лат. dexter – правый).

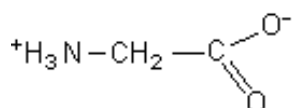


Белки всех живых организмов на земле построены из аминокислот

L-ряда. Есть «исключения», но они только подтверждают правило.

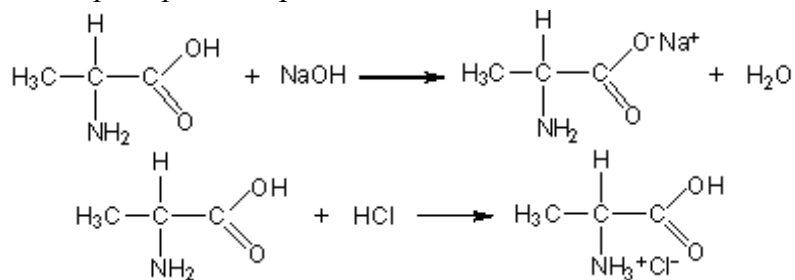
Оказывается, D-аминокислоты крайне редко, но все же встречаются. Например, они присутствуют в оболочке бактерии сибирской язвы. Именно поэтому она не разрушается ферментами, разрывающими белковые цепи L-аминокислот.

В молекуле аминокислоты присутствуют одновременно две функциональные группы противоположного химического характера – основная (аминогруппа) и кислотная (карбоксильная группа). Эти группы взаимодействуют друг с другом. В нейтральных растворах и твердом состоянии ион водорода карбоксильной группы переходит на неподеленную электронную пару аминогруппы, т.е. она протонируется. Поэтому аминокислоты правильнее представлять в виде так называемых внутренних солей типа:

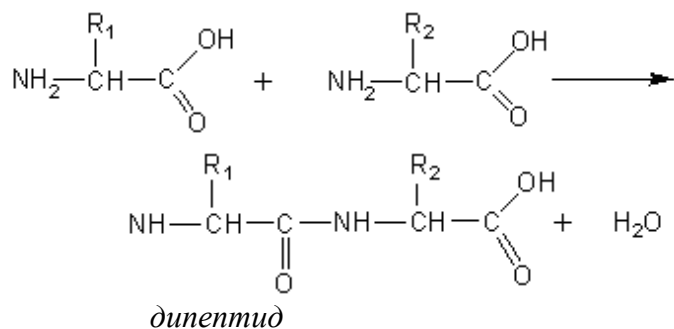


Эта особенность определяет физические свойства аминокислот. Подобно неорганическим солям, аминокислоты – твердые, кристаллические вещества, растворимые в воде и малорастворимые в органических растворителях. Некоторые аминокислоты обладают сладким вкусом.

Наличие двух противоположных по характеру групп определяет и химические свойства аминокислот. Эти вещества способны реагировать и с сильными кислотами, и с щелочами, а значит, являются *амфотерными* органическими соединениями.

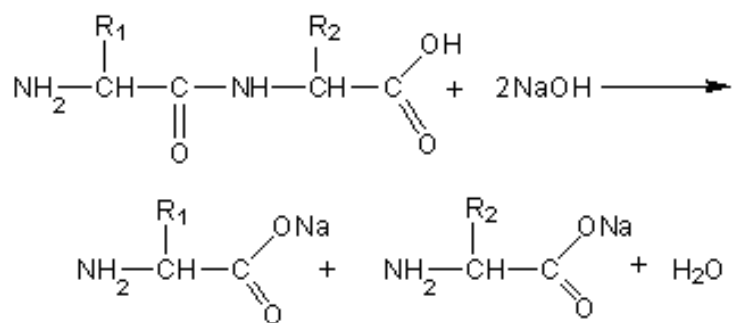


В определенных условиях (например, при воздействии некоторых ферментов), аминокислоты способны реагировать друг с другом с выделением воды и образованием связи между атомом углерода карбоксильной группы и атомом азота. Связь, которой соединены остатки аминокислот, носит название **амидной** связи. Если же между собой соединены остатки α-аминокислот, то такую связь называют **пептидной**, а вещество, состоящее из остатков аминокислот – **пептидом**.

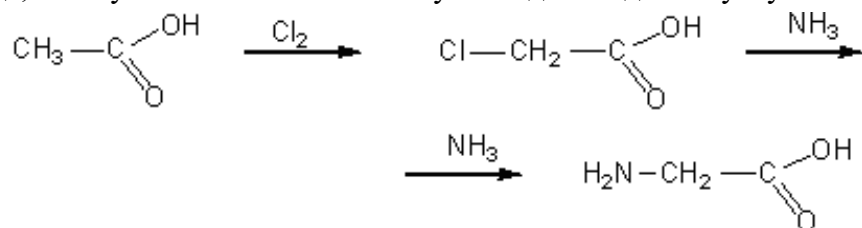


Из двух остатков α-аминокислот образуется **дипептид**, из трех – трипептиды, из четырех – тетрапептид и т.д. Высокомолекулярное соединение, построенное из остатков α-аминокислот, называют **полипептидом**. **Белки** – это природные полипептиды с молекулярной массой более 6000.

Основным методом получения аминокислот является гидролиз природных полипептидов и белков. Гидролиз – реакция, обратная образованию пептида, – протекает при нагревании его в водном растворе кислоты или щелочи:

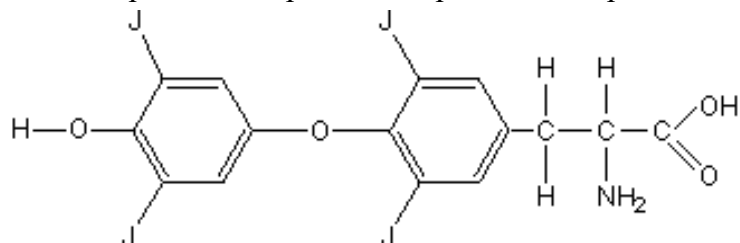


Глицин – единственную природную аминокислоту, не содержащую асимметрический атом углерода, – получают синтетическим путем в две стадии из уксусной кислоты:



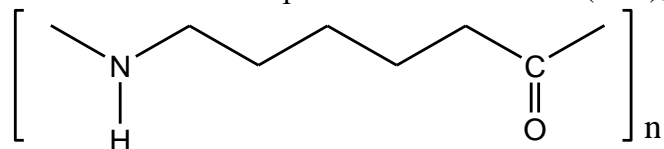
Роль природных α -аминокислот состоит, прежде всего, в том, что они являются «строительным материалом» белка. Для строительства всего многообразия белков живые организмы используют всего лишь около 20 аминокислот. Часть из этих аминокислот организм человека способен синтезировать, а часть (8 аминокислот) может использовать только в готовом виде. Эти так называемые *незаменимые аминокислоты* должны в необходимом количестве поступать в организм с пищей. При нехватке даже одной из них организм не сможет строить новые белки. Вот поэтому пища обязательно должна содержать разнообразные белковые продукты.

Некоторые природные аминокислоты не участвуют в построении белков, но, тем не менее, очень важны для организма. Это, помимо уже упоминавшейся ГАМК, гормон щитовидной железы аминокислота тироксин, образующаяся при иодировании тирозина. Недостаток или избыток тироксина в организме приводит к серьезным заболеваниям.



В качестве пищевой добавки используются соли глутаминовой кислоты (прежде всего, глутаминат/глутамат натрия). Они обладают интересным свойством усиливать вкус продуктов и поэтому являются неременной добавкой в сухих полуфабрикатных супах, «мясных» бульонных кубиках и т.п. Глутаминаты, первоначально выделенные из морских водорослей, широко используются в восточной – японской, корейской и китайской – кухне. Некоторые аминокислоты, например, глицин и ГАМК, используют как лекарственные средства.

Некоторые синтетические аминокислоты, в которых аминогруппа и карбоксильная группа разделены несколькими атомами углерода, применяют в промышленности для синтеза *полиамидов*, идущих на изготовление волокон и тканей. Например, всем известный полимер капрон образован из ϵ -аминокапроновой кислоты $\text{NH}_2(\text{CH}_2)_5\text{COOH}$:



Капрон получают реакцией поликонденсации ϵ -аминокапроновой кислоты в виде смолы, а затем вытягивают из нее волокна. Капроновые ткани удобны, легки, не пропускают влагу, но не лишены ряда недостатков. Капрон неустойчив к действию кислот, щелочей, высоких температур. Изделия из капрона нельзя гладить горячим утюгом ($T_{пл}$ 215°C).