

АМИНОКИСЛОТЫ И БЕЛКИ

В состав природных полипептидов и белков входят α -аминокислоты, в молекулах которых амино- и карбоксильная группы связаны с одним и тем же атомом углерода.



В зависимости от строения углеводородного радикала природные аминокислоты разделяют на алифатические, ароматические и гетероциклические. Аминокислоты могут быть неполярными (гидрофобными), полярными незаряженными и полярными заряженными.

Обычно используются тривиальные названия α -аминокислот, которые связаны с источниками их выделения или свойствами.

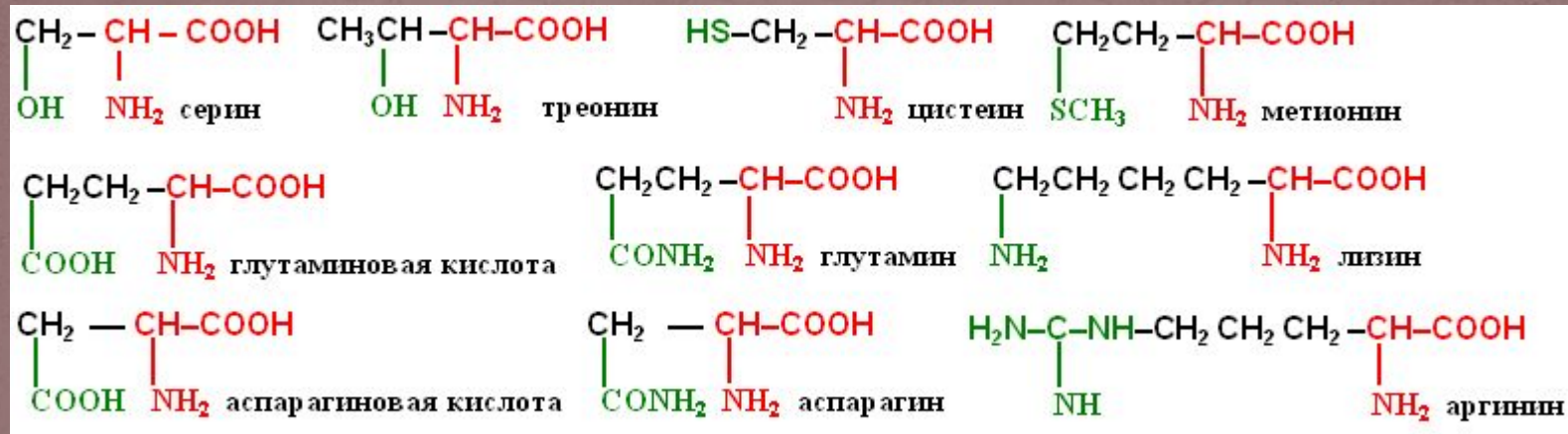
Серин входит в состав фиброина шёлка (лат. *sericus* – шелковистый); тирозин впервые выделен из сыра (греч. *tyros* – сыр); глутамин – из злаковой клейковины (лат. *gluten* – клей); аспарагиновая кислота – из ростков спаржи (лат. *asparagus* – спаржа); глицин – первая аминокислота, обнаруженная в природном материале названа так

Классификация α-аминокислот по строению углеводородного радикала

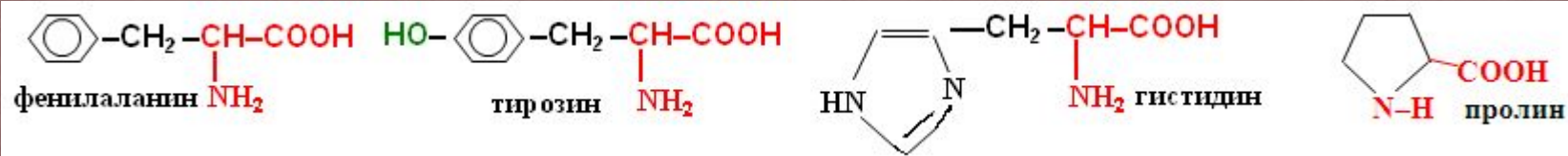
Алифатический неполярный радикал



Алифатический полярный радикал



Ароматический радикал



аминокислоты

Незаменимые α -аминокислоты поступают в организм только из внешней среды, синтез заменимых α -аминокислот происходит в организме.

Незаменимые α -аминокислоты: валин, лейцин, лизин, метионин, треонин, изолейцин.

Заменимые α -аминокислоты: глицин, аланин, пролин, серин, цистеин, аргинин, гистидин, аспарагин, глутамин, аспарагиновая и глутаминовая кислоты

Некоторые аминокислоты можно отнести к условно заменимым.

Например, тирозин может синтезироваться в организме из незаменимой кислоты фенилаланина.

В качестве исходных веществ при биосинтезе аминокислот могут выступать другие аминокислоты, а также вещества, относящиеся к другим классам органических соединений (например, кетокислоты)

Катализаторами и участниками этого процесса являются ферменты.

Анализ аминокислотного состава различных белков показывает, что на долю дикарбоновых кислот и их амидов в большинстве белков приходится 25-27 % всех аминокислот. Эти же аминокислоты вместе с лейцином и лизином составляют около 50 % всех аминокислот белков. В то же время на долю таких аминокислот, как цистеин, метионин, триптофан, гистидин приходится не более 1,5 – 3,5 %.

Относительные конфигурации α -аминокислот

В молекулах α -аминокислот (кроме глицина), второй атом углерода является асимметрическим, Молекулы этих кислот несимметричны. Следовательно, α -аминокислоты существуют в виде двух энантиомеров.



В состав природных белков входят только L-изомеры α -аминокислот.

Относительная конфигурация не определяет направление вращения плоскости поляризации плоскополяризованного света. Чуть больше половины L- α -аминокислот являются правовращающими (аланин, изолейцин, глутаминовая кислота, лизин и др.); немного меньше левовращающих кислот (фенилаланин, триптофан, лейцин и др.)

Конфигурация аминокислот определяет пространственную структуру и биологические свойства как самих аминокислот, биополимеров — белков, которые построены из остатков аминокислот.

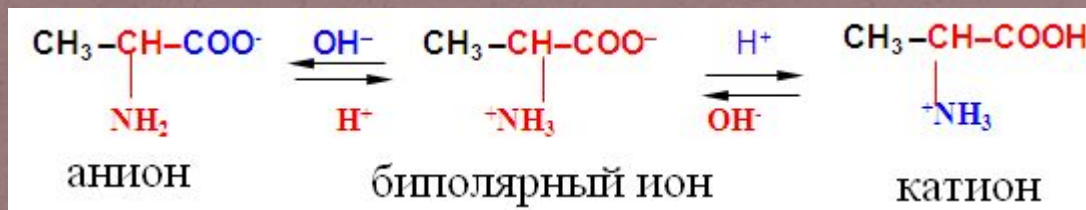
Для некоторых аминокислот наблюдается связь между их конфигурацией и вкусом, например L-Трп, L-Фен, L-Тир, L-Лей имеют горький вкус, а их D-энантиомеры сладкие. Сладкий вкус глицина известен давно. L-изомер треонина одним людям кажется сладким, другим — горьким. Мононатриевая соль глутаминовой кислоты - глутамат натрия - один из важнейших носителей вкусовых качеств, применяемых в пищевой промышленности. Интересно заметить, что производное дипептида из аспарагиновой кислоты и фенилаланина обнаруживает интенсивно сладкий вкус.

Большинство кислот хорошо растворимы в воде и практически не растворимы в спирте и диэтиловом эфире. Это, так же как и высокая температура плавления, указывает на солеобразный характер этих веществ. Специфическая растворимость аминокислот обусловлена наличием в молекуле одновременно аминогруппы (основный характер) и карбоксильной группы (кислотные свойства), благодаря чему аминокислоты принадлежат к амфотерным электролитам (амфолитам).

Все аминокислоты представляют собой белые кристаллические вещества с очень высокой температурой плавления (более 230°C). Это связано с тем, что молекулы существуют в виде диполярных ионов.

аминокислот

В водных растворах и твердом состоянии аминокислоты существуют только в виде внутренних солей – цвиттер-ионов или биполярных ионов.



В кислой среде молекулы аминокислот - катионы. При пропускании электрического тока через такой раствор катионы аминокислот движутся к катоду и там восстанавливаются.

В щелочной среде молекулы аминокислот представляют собой анион. При пропускании электрического тока через такой раствор анионы аминокислот движутся к аноду и там окисляются.

Значение pH , при котором практически все молекулы аминокислоты представляют собой биполярный ион называется изоэлектрической точкой (pI). При этом значении pH раствор аминокислоты не проводит электрический ток.

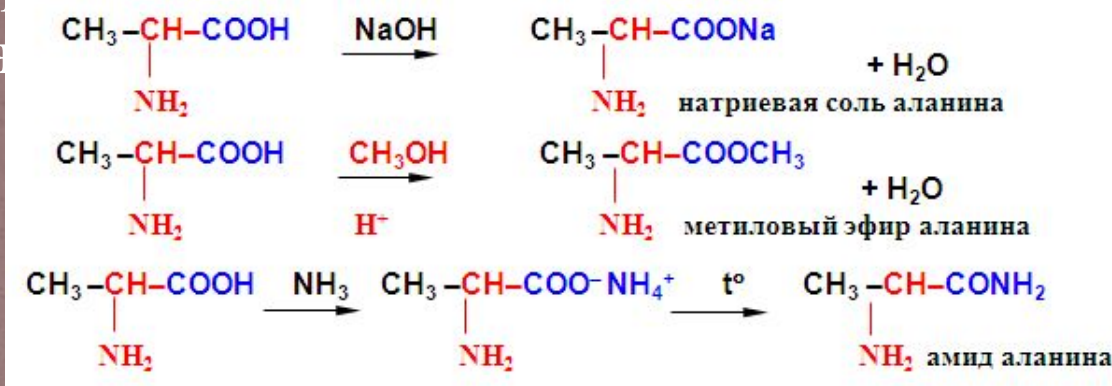
АМИНОКИСЛОТ

кислота	значение pI	кислота	значение pI
Цистеин (Cys)	5,0	Аспарагиновая кислота (Asp)	3,0
Аспарагин (Asp)	5,4		
Фенилаланин (Phe)	5,5	Глутаминовая кислота (Glu)	3,2
Треонин (Thr)	5,6		
Глутамин (Gln)	5,7	Гистидин (His)	7,6
Серин (Ser)	5,7	Лизин (Lys)	9,8
Тирозин (Tyr)	5,7	Аргинин (Arg)	10,8
Метионин (Met)	5,8		
Триптофан (Trp)	5,9		
Аланин (Ala)	6,0		
Валин (Val)	6,0		
Глицин (Gly)	6,0		
Лейцин (Leu)	6,0		
Изолейцин (Ile)	6,1		
Пролин (Pro)	6,3		

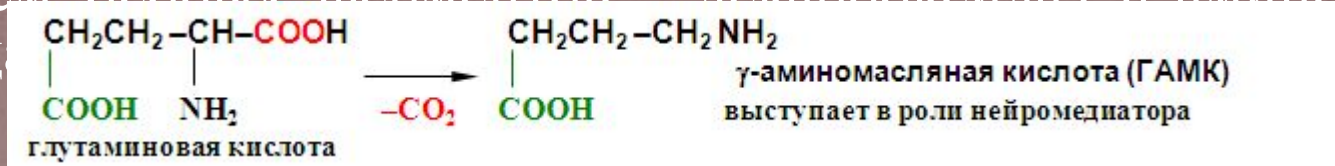
аминокислот

Реакции с участием карбоксильной группы α -аминокислот

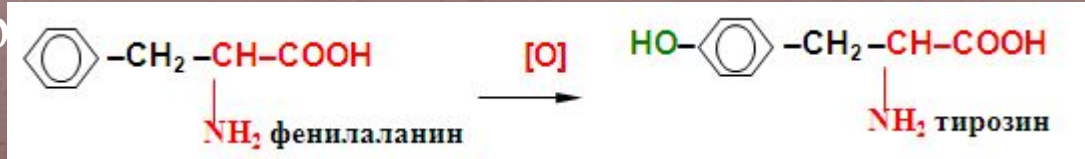
Аминокислоты могут вступать в те же химические реакции и давать те же продукты, что и карбоновые кислоты.



Одна из важнейших реакций в организме — **декарбоксилирование** аминокислот. При отщеплении CO_2 под действием особых ферментов — декарбоксилаз α -аминокислоты превращаются в биогенные амины.

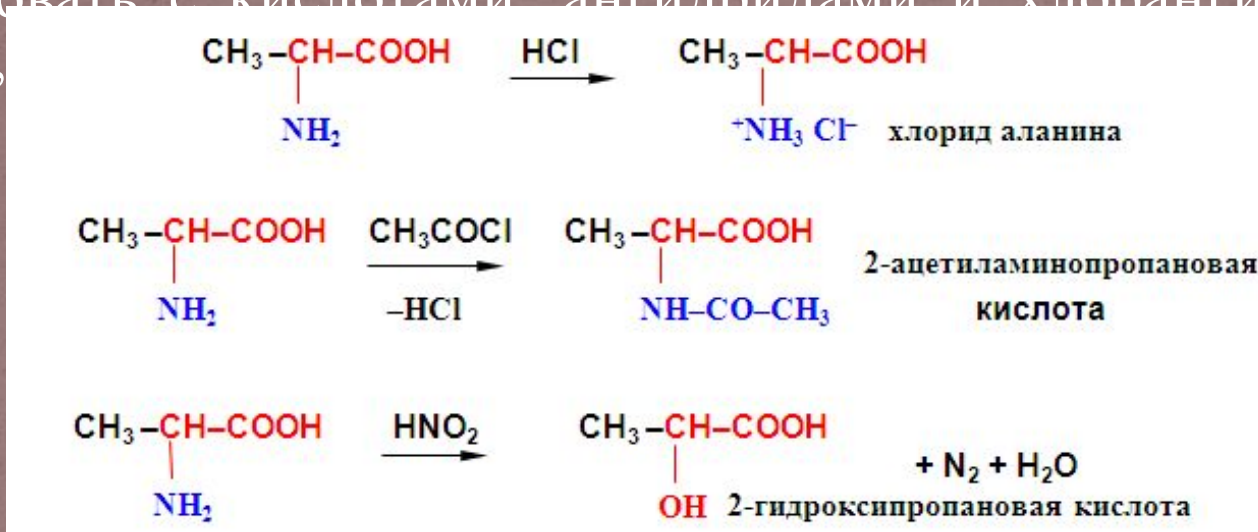


Реакции по углеводородному радикалу: окисление, а точнее гидроксилирование.

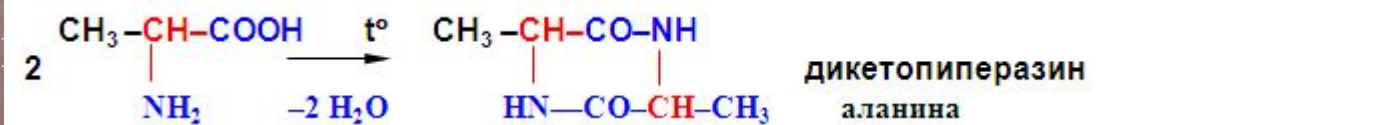


Реакции с участием аминокислоты α-аминокислот

Как и другие алифатические амины, аминокислоты могут реагировать с кислотами, ангидридами и хлорангидридами кислот,

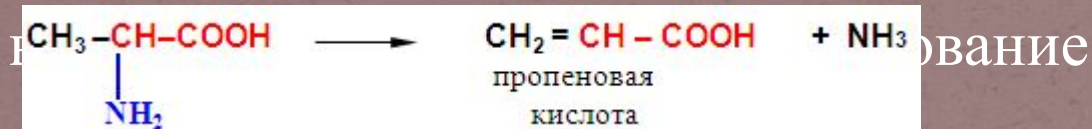
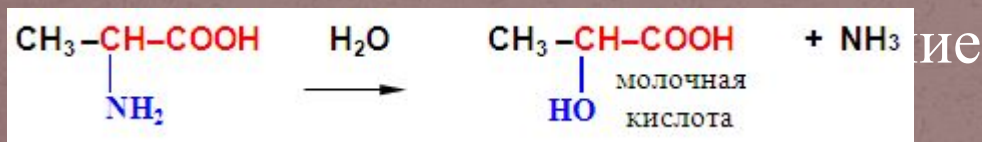
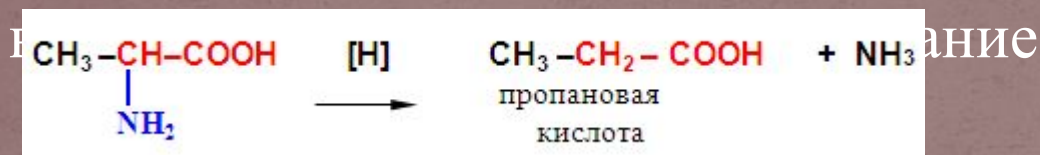
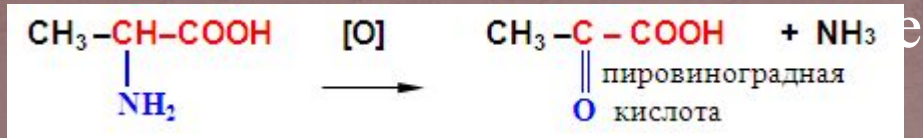


При нагревании α-аминокислот происходит реакция межмолекулярной дегидриратации с участием как амино-, так и карбоксильной группы. В результате образуется цикл



Реакции с участием аминогруппы α -аминокислот

Реакции дезаминирования



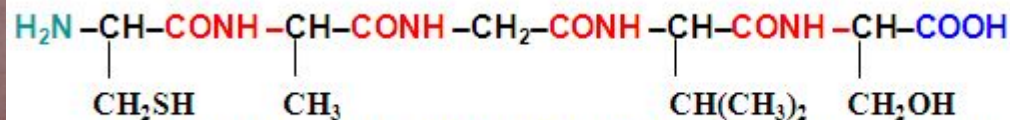
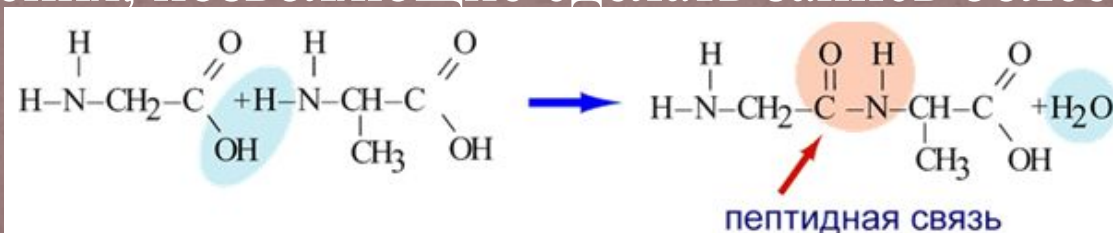
Образование пептидной связи

Амино- и карбоксильные группы аминокислот могут реагировать друг с другом. Возникающая при этом связь — CO-NH — называется пептидной связью, по химической природе является амидной.

Продукт взаимодействия аминокислот — пептид. Если в реакцию вступили 2 аминокислоты, получается дипептид; 3 аминокислоты — трипептид и т.д. Пептиды молекулярной массой более 10 000 — полипептиды, или белки.

Началом полипептидной цепи считают конец, несущий свободную аминогруппу (**N-конец**), а заканчивается полипептидная цепь свободной карбоксильной группой (**C-конец**).

Называют пептид, последовательно перечисляя, начиная с **N-конца**, названия аминокислот, входящих в пептид; при этом суффикс «**ин**» заменяют на суффикс «**ил**» для всех аминокислот, кроме **C-концевой**. Для описания строения пептидов применяют не традиционные структурные формулы, а сокращенные обозначения, позволяющие сделать запись более компактной.



Пентапептид: цистеин-аланин-глицил-валил-серин или Цис-Ала-Гли-Вал-Сер

Белки

СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ БЕЛКОВ

СТРОЕНИЕ

Полипептидная цепь



Спиральная структура



Глобулярный белок



ФУНКЦИИ

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ



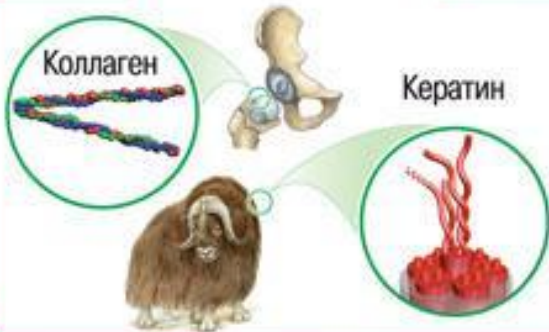
КАТАЛИТИЧЕСКАЯ



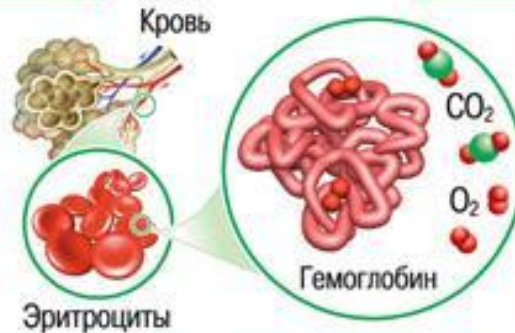
ЗАЩИТНАЯ



СТРОИТЕЛЬНАЯ



ТРАНСПОРТНАЯ



ДВИГАТЕЛЬНАЯ



Классификация белков

Белки можно классифицировать:

- по форме молекул (глобулярные и фибриллярные);
- по молекулярной массе (низко- и высокомолекулярные);
- по составу или химическому строению (простые и сложные);
- по выполняемым функциям;
- по локализации в клетке (ядерные, цитоплазматические);
- по локализации в организме (белки крови, печени и др.);
- по возможности адаптивно регулировать количество данных белков: белки, синтезирующиеся с постоянной скоростью (конститутивные), и белки, синтез которых может усиливаться при воздействии факторов среды (индуцибельные);
- по продолжительности жизни в клетке (от очень быстро обновляющихся белков, с периодом полупревращения менее 1 ч, до очень медленно обновляющихся белков, период полупревращения которых исчисляются неделями и месяцами);
- по схожим участкам первичной структуры и родственным функциям (семейства белков).

Функции белков

Функция белка	Сущность	Примеры
Каталитическая (ферментативная)	Ускорение химических реакций в организме	Пепсин, трипсин, каталаза, цитохромоксидаза
Транспортная	Транспорт (перенос) химических соединений в организме	Гемоглобин, альбумин, трансферрин
Структурная (пластическая)	Обеспечение прочности и эластичности тканей	Коллаген, эластин, кератин
Сократительная	Укорочение саркомеров мышцы (сокращение)	Актин, миозин
Регуляторная (гормональная)	Регуляция обмена веществ в клетках и тканях	инсулин, соматотропин, глюкагон, кортикотропин
Защитная	Защита организма от повреждающих факторов	Интерфероны, иммуноглобулины, фибриноген, тромбин
Энергетическая	Высвобождение энергии за счёт распада аминокислот	Белки пищи и тканей

Классификация простых белков

Альбумины. Примерно 75-80% осмотического давления белков сыворотки крови приходится на альбумины; еще одна функция – транспорт жирных кислот.

Глобулины. α -Глобулины содержатся в крови в комплексе с билирубином и с липопротеинами высокой плотности. Фракция β -глобулинов включает протромбин, являющийся предшественником тромбина - белка, ответственного за превращение фибриногена крови в фибрин при свертывании крови. γ -Глобулины выполняют защитную функцию.

Протамины – низкомолекулярные белки, обладающие выраженными основными свойствами, обусловленными наличием в их составе от 60 до 85% аргинина. В ядрах клеток ассоциируются с ДНК.

Гистоны также являются небольшими белками основного характера. В их состав входят лизин и аргинин (20-30%). Гистоны играют важную роль в регуляции экспрессии генов.

Проламины - белки растительного происхождения, содержатся в основном в семенах злаков. Все белки этой группы при гидролизе дают значительное количество пролина. Проламины содержат 20-25% глутаминовой кислоты и 10-15% пролина. Наиболее изучены оризенин (из риса), глютеин (из пшеницы), зеин (из кукурузы), и др.

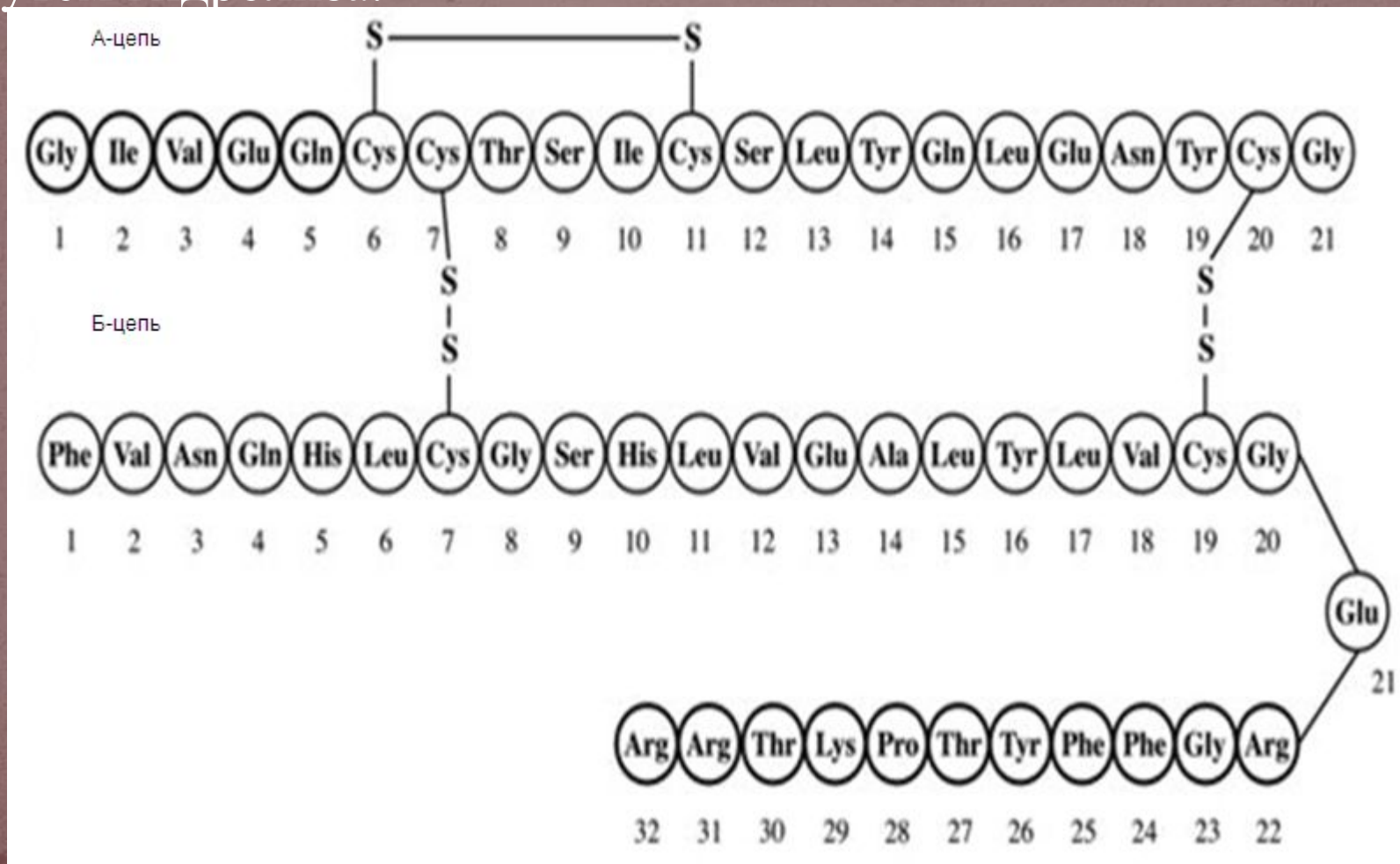
Глютелины - простые белки, содержатся в семенах злаков, в зелёных частях растений. Для глютелинов характерно сравнительно высокое содержание глутаминовой кислоты и наличие лизина. Глютелины – запасные белки.

белков

Название класса	Простетическая группа	Представители класса
Хромопротеины	Окрашенные соединения (гемопротеины, флавопротеины)	Гемоглобин, миоглобин, цитохромы, каталаза, пероксидаза
Нуклеопротеины	Нуклеиновые кислоты	Вирусы, рибосомы, хроматин
Фосфопротеины	Фосфорная кислота	Казеин молока, овальбумин, вителлин, ихтулин
Металлопротеины	Ионы металлов	Ферритин, трансферрин, церулоплазмин, гемосидерин
Гликопротеины	Углеводы и их производные	Гликофорин, интерферон, иммуноглобулины, муцин
Липопротеины	Липиды и их производные	Хиломикроны, липопротеины плазмы крови, липовителлин

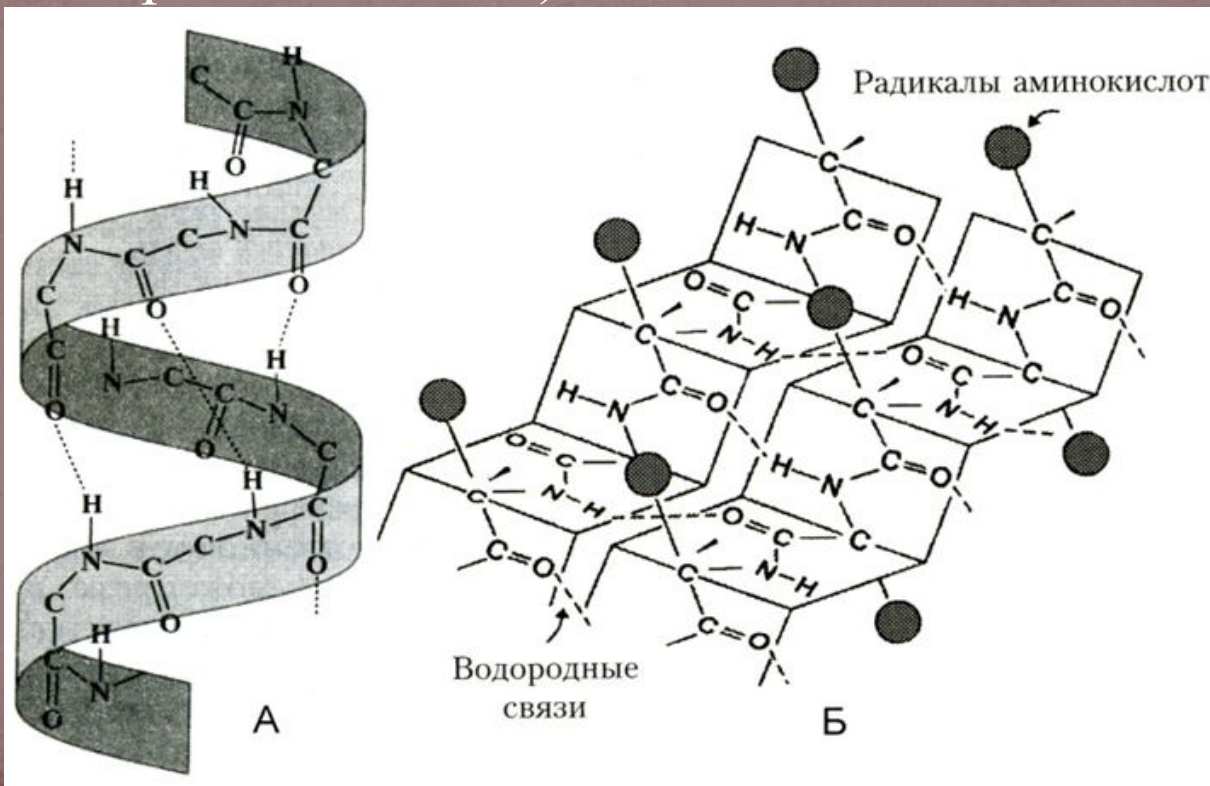
Первичная структура белка

Первичная структура белка — это последовательность расположения аминокислот в полипептидной цепи. Её определяют, последовательно отщепляя аминокислоты от белка путём гидролиза.



Вторичная структура белка

Вторичная структура белка – способ упаковки очень длинной полипептидной цепи в α – спиральную или β – складчатую конформацию. Витки спирали или складки удерживаются, в основном, с помощью внутримолекулярных связей, возникающих между атомом водорода (в составе $-\text{NH}-$ или $-\text{COOH}$ -групп) одного витка спирали или складки и электроотрицательным атомом (кислорода или азота) соседнего витка или складки.



Третичная структура белка

Третичная структура белка – трёхмерная пространственная ориентация полипептидной спирали или складчатой структуры в определённом объёме.

Различают глобулярную (шарообразную) и фибриллярную (вытянутую, волокнистую) третичную структуры.

Третичная структура формируется автоматически, самопроизвольно и полностью определяется первичной структурой белка. При этом во взаимодействие вступают боковые радикалы аминокислотных остатков. Стабилизация третичной структуры осуществляется за счёт образования между радикалами аминокислот водородных, ионных, дисульфидных связей, а также благодаря ван-дер-ваальсовым силам притяжения между неполярными углеводородными радикалами.

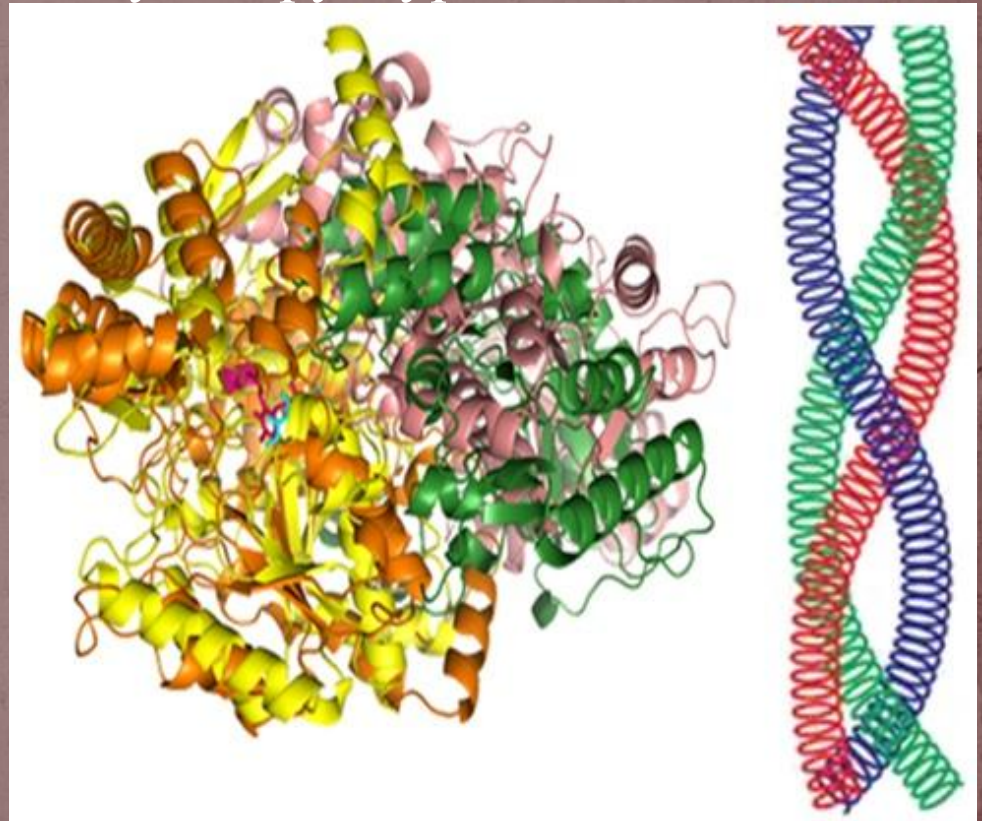
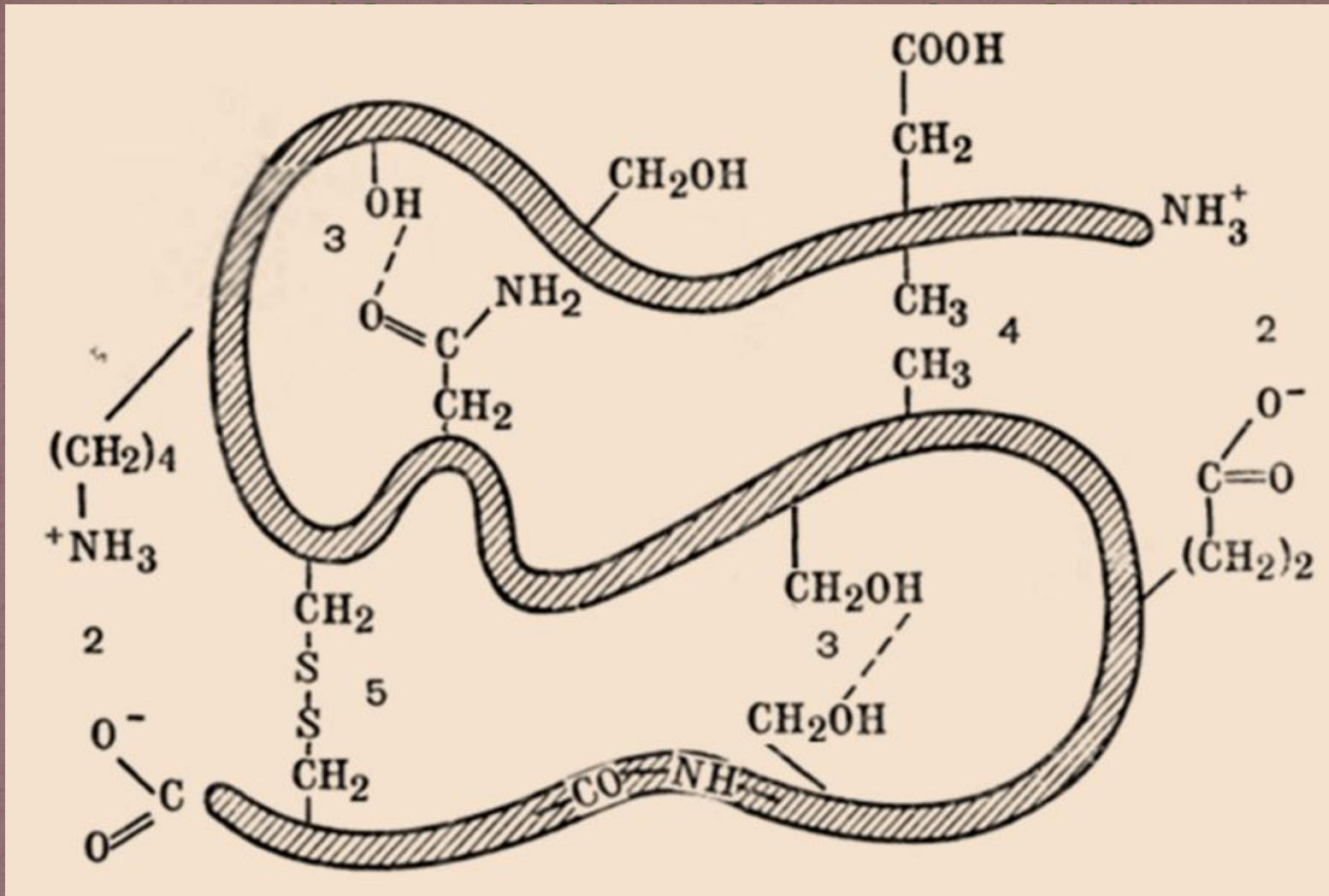


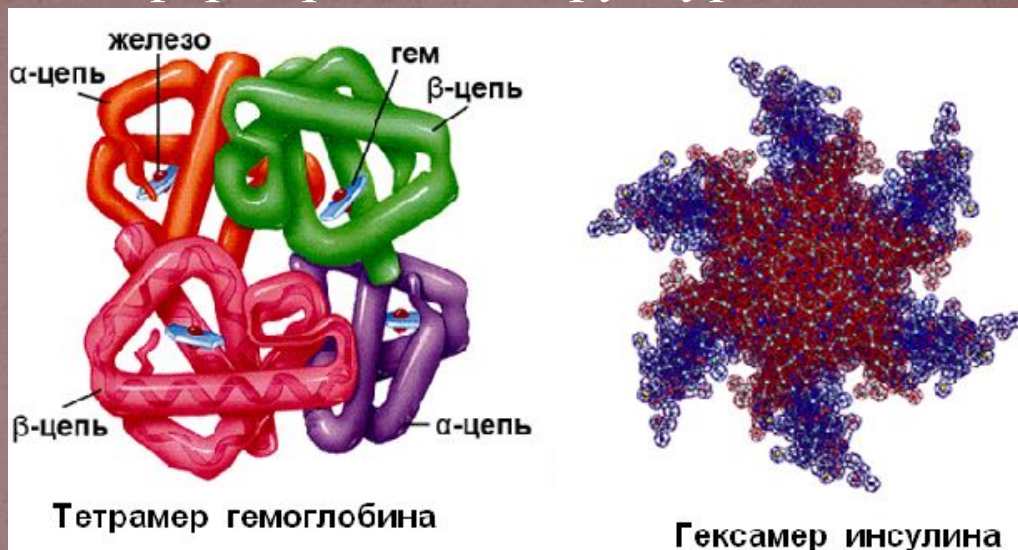
Схема образования связей между



2 – ионные связи, 3 – водородные связи,
4 – гидрофобные взаимодействия,

Четвертичная структура белка

Четвертичная структура белка – способ укладки в пространстве отдельных полипептидных цепей и формирование структурно и функционально единого макромолекулярного образования. Образовавшаяся молекула – олигомер, а отдельные полипептидные цепи, из которых он состоит – протомеры, мономеры или субъединицы (их обычно чётное количество: 2, 4, реже 6 или 8). Например, молекула гемоглобина состоит из двух α - и двух β - полипептидных цепей.



Каждая полипептидная цепь окружает группу гема – небелкового пигмента, придающего крови её красный цвет. Именно в составе гема находится катион железа, способный присоединять и транспортировать по организму необходимый для функционирования организма кислород.

Четвертичной структурой обладает около 5% белков, в том числе гемоглобин, иммуно-глобулины, инсулин, ферритин, почти все ДНК- и РНК-полимеразы.

Цветные реакции для обнаружения белков и аминокислот

Для идентификации пептидов, белков и отдельных аминокислот используют так называемые «цветные реакции».

Универсальная реакция на пептидную группу – появление красно-фиолетовой окраски при добавлении к раствору белка ионов меди (II) в щелочной среде (биуретовая реакция).

Реакция на остатки ароматических аминокислот – тирозина и фенилаланина – появление желтой окраски при обработке раствора белка концентрированной азотной кислотой (ксантопротеиновая реакция).

Серусодержащие белки дают черное окрашивание при нагревании с раствором ацетата свинца(II) в щелочной среде (реакция Фоля).

Общая качественная реакция α -аминокислот — образование сине-фиолетового окрашивания при взаимодействии с нингидрином.

Нингидриновую реакцию дают также и белки.

Скорость биологически важных реакции органических соединений

Общая скорость химической реакции определяется (лимитируется) скоростью ее наиболее медленной стадии, а скорость составляющих элементарных реакций — их энергией активации E_a .

Все метаболические реакции протекают в присутствии специфических катализаторов — ферментов, снижающих энергию активации реакции.



Одна молекула фермента карбоангидразы катализирует каждую минуту гидратацию $\approx 3,6 \cdot 10^7$ молекул CO_2 .

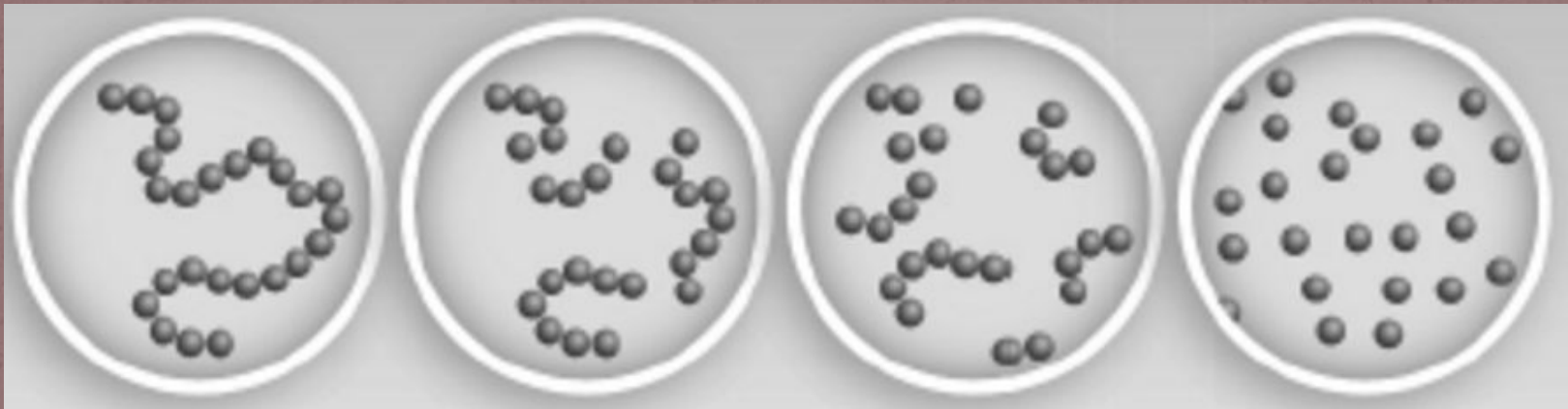
реакции



Различают **субстрат** и действующее на него соединение – **реагент** (реакционная частица).

Субстрат - вещество, в котором у атома углерода происходит разрыв старой и образование новой связи с образованием **продуктов реакции**.

Белок + n **H₂O** → **полипептиды** → **олигопептиды** →
→ **дипептиды** → **α-аминокислоты**

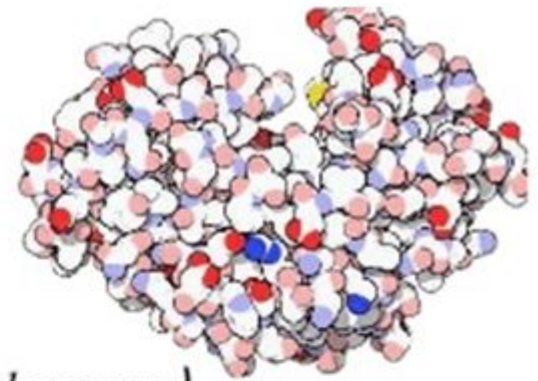


Полное отсутствие, снижение или чрезмерное увеличение активности какого-либо фермента приводит к развитию заболеваний (энзимопатий).

Определение активности ферментов в сыворотке крови, моче, спинно-мозговой и других жидкостях организма используется для диагностики ряда заболеваний.

Строение фермента

Подавляющая часть ферментов – белки.



Коферменты (КоЕ):

- производные витаминов: НАД⁺, ФАД, ФМН, ТПФ;
- нуклеотиды;
- порфирины (гем)
- металлы (кофакторы); K⁺, Fe⁺⁺, Cu⁺⁺, Co⁺⁺, Zn⁺⁺, Mn⁺⁺, Mg⁺⁺, Ca⁺⁺

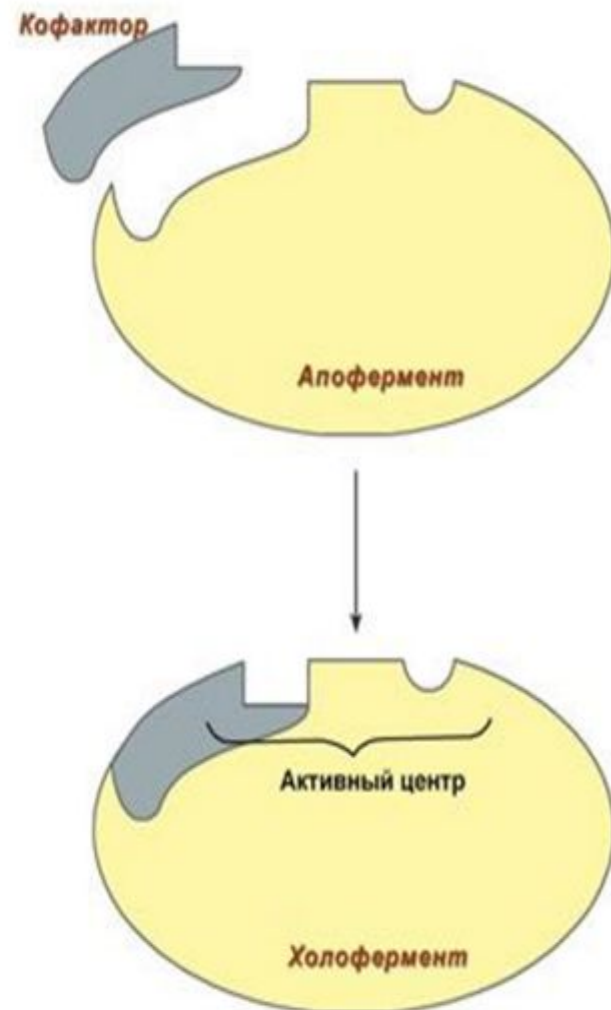


Схема формирования сложного фермента

катализа

Абсолютная специфичность — фермент катализирует превращение только одного вещества. Например, расщепление мочевины уреазой.

Групповая (относительная) специфичность — катализ субстратов с общими структурными особенностями, т.е. при наличии определенной связи или химической группы:

— наличие **пептидной связи**: бактериальный фермент **субтилизин** специфичен к пептидной связи независимо от строения образующих ее аминокислот, **пепсин** катализирует разрыв пептидной связи, образованной аминокислотными группами ароматических аминокислот, **тромбин** расщепляет пептидную связь только между аргинином и глицином.

— наличие **ОН-группы**: **алкогольдегидрогеназа** окисляет до альдегидов одноатомные спирты (этанол, метанол, пропанол).

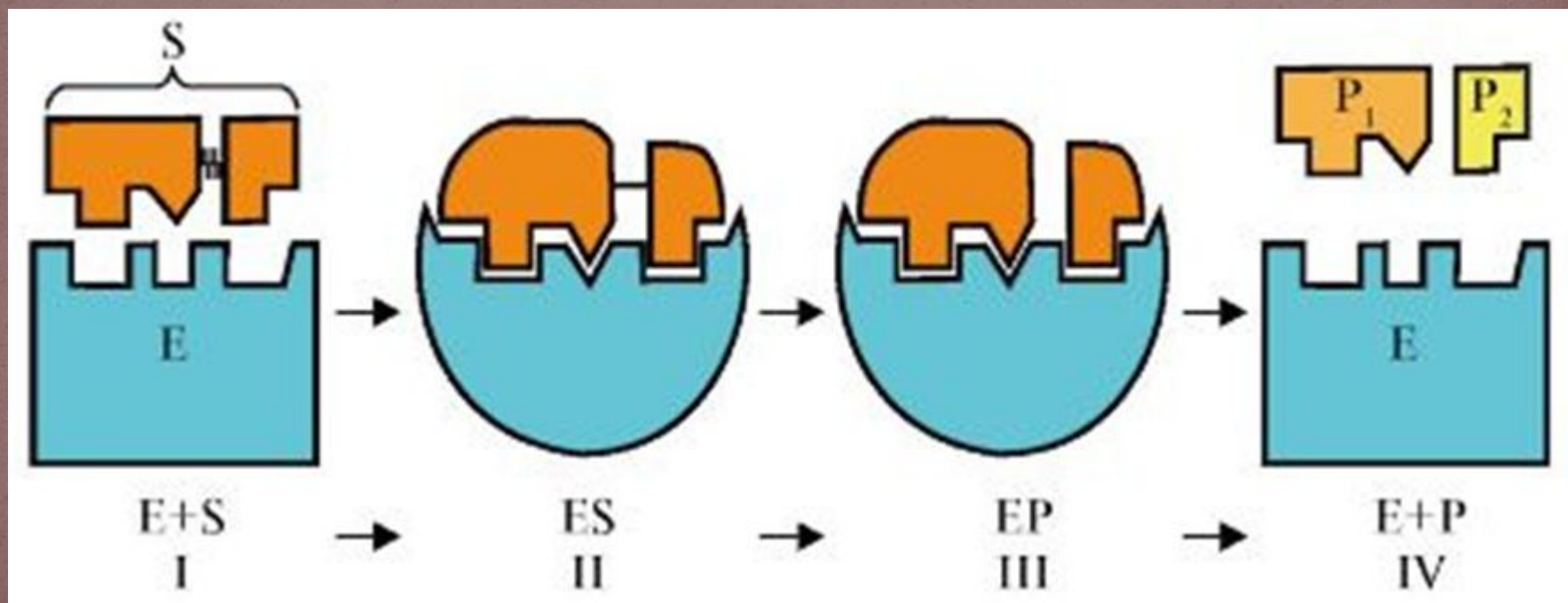
Стереоспецифичность — катализ только одного из стереоизомеров:

— специфичность к L- или D-аминокислотам — например, почти все ферменты человека взаимодействуют с L-аминокислотами,

— специфичность к цис- и транс-изомерам: например, **аспартаза** реагирует только с транс-изомером — фумаровой кислотой, но не с малеиновой кислотой (цис-изомер).

катализа

1. Теория Фишера: «ключ-замок».
 2. Теория Кошланда: «рука и перчатка».
 3. Теория вынужденного индуцированного соответствия субстрата и активного центра
- Теория гибких эластичных групп активного центра.



Теория «ключ-замок»



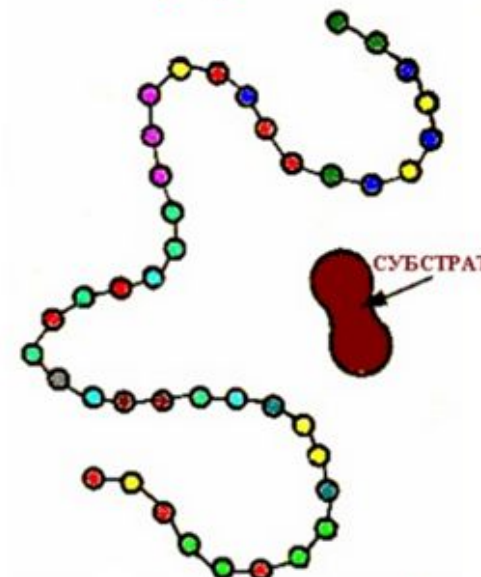
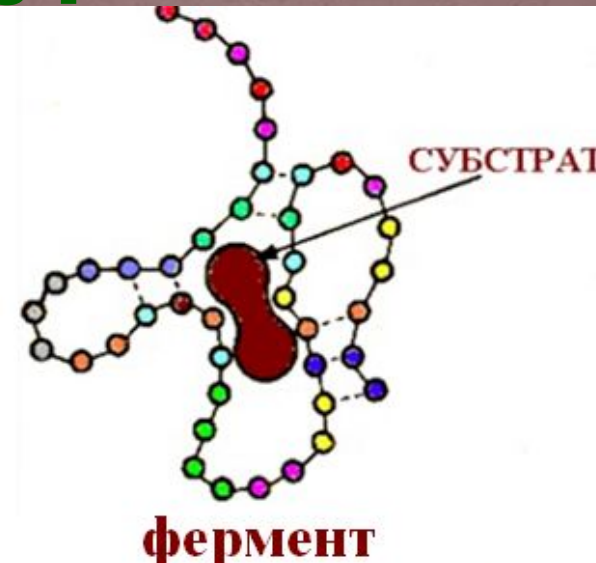
Теория индуцированного взаимодействия



от рН среды



зависимость активности фермента от температуры



фермент после тепловой денатурации

Классификация ферментов

Согласно современной классификации, выделяют шесть классов ферментов:

оксидоредуктазы

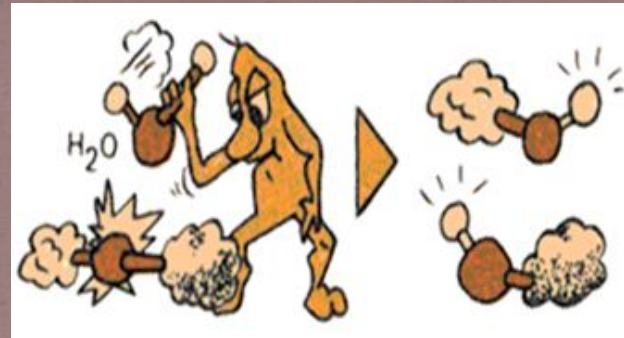
трансферазы

гидролазы

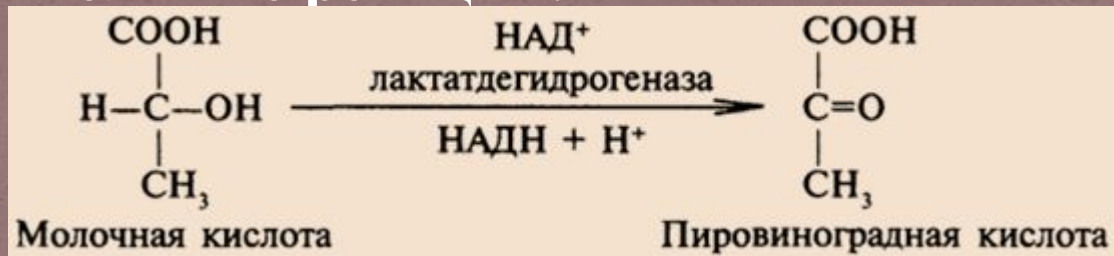
лиазы

изомеразы

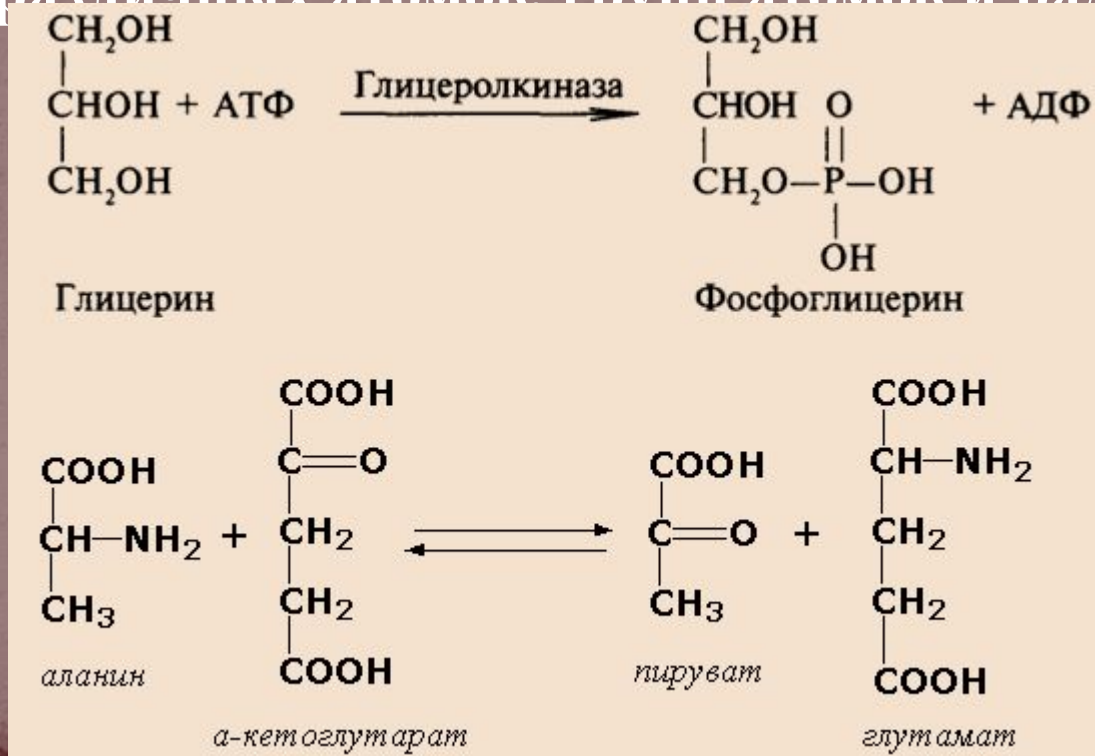
лигазы



Оксидоредуктазы – катализируют окислительно-восстановительные реакции:



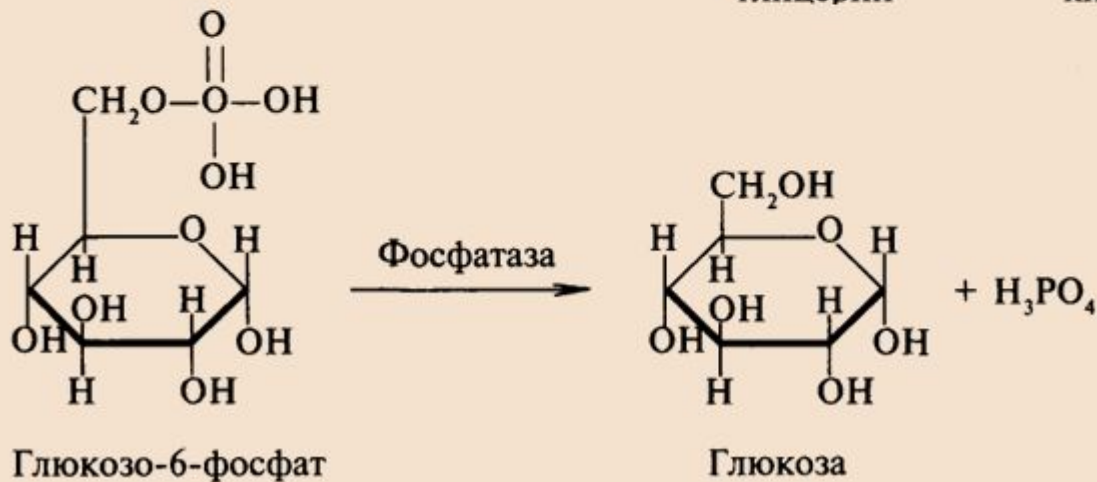
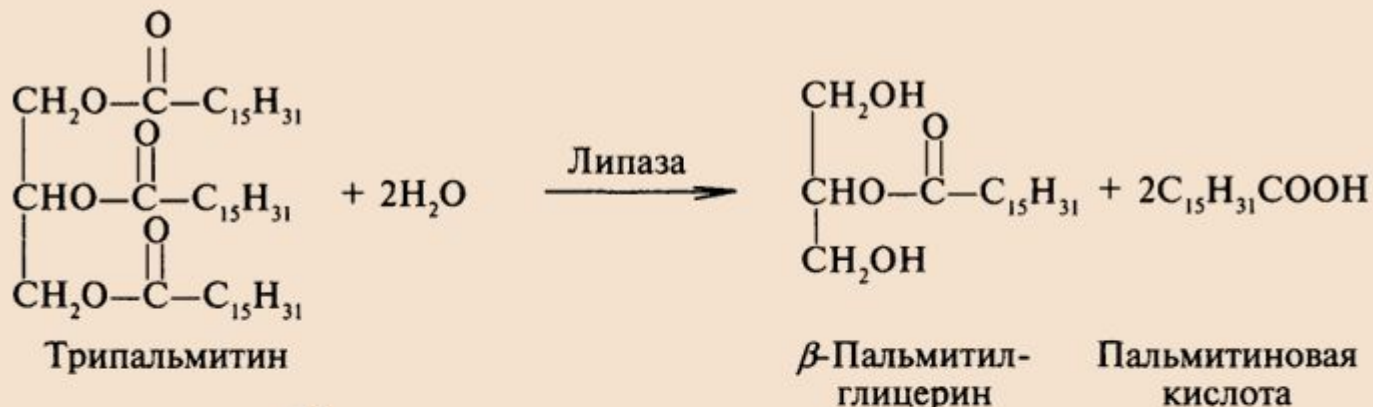
Трансферазы – катализируют реакции межмолекулярного переноса различных атомов, групп атомов и радикалов.



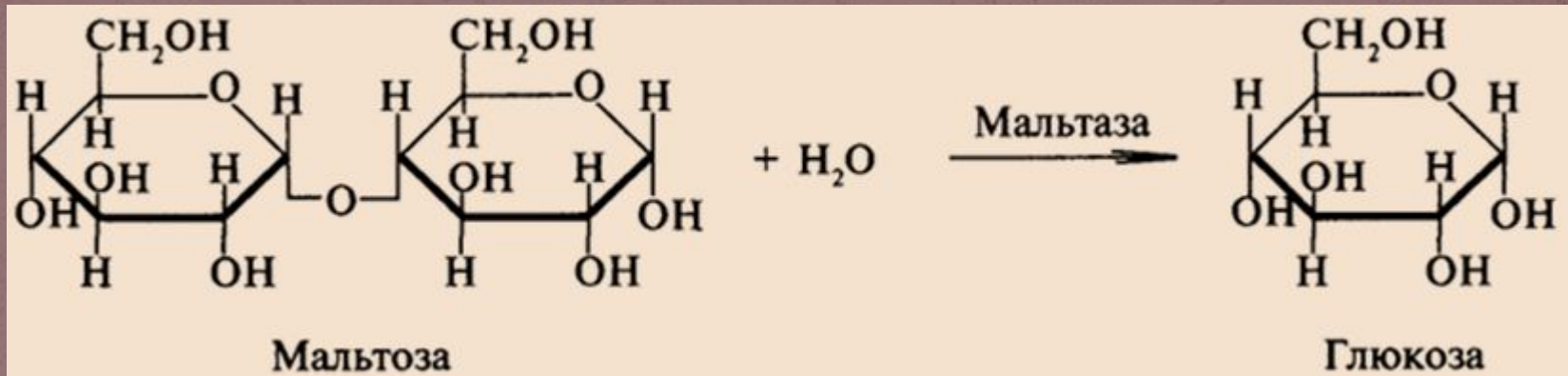
Гидролазы – ускоряют реакции гидролиза (при участии воды).

Продукты реакции имеют более простое строение, чем субстрат.

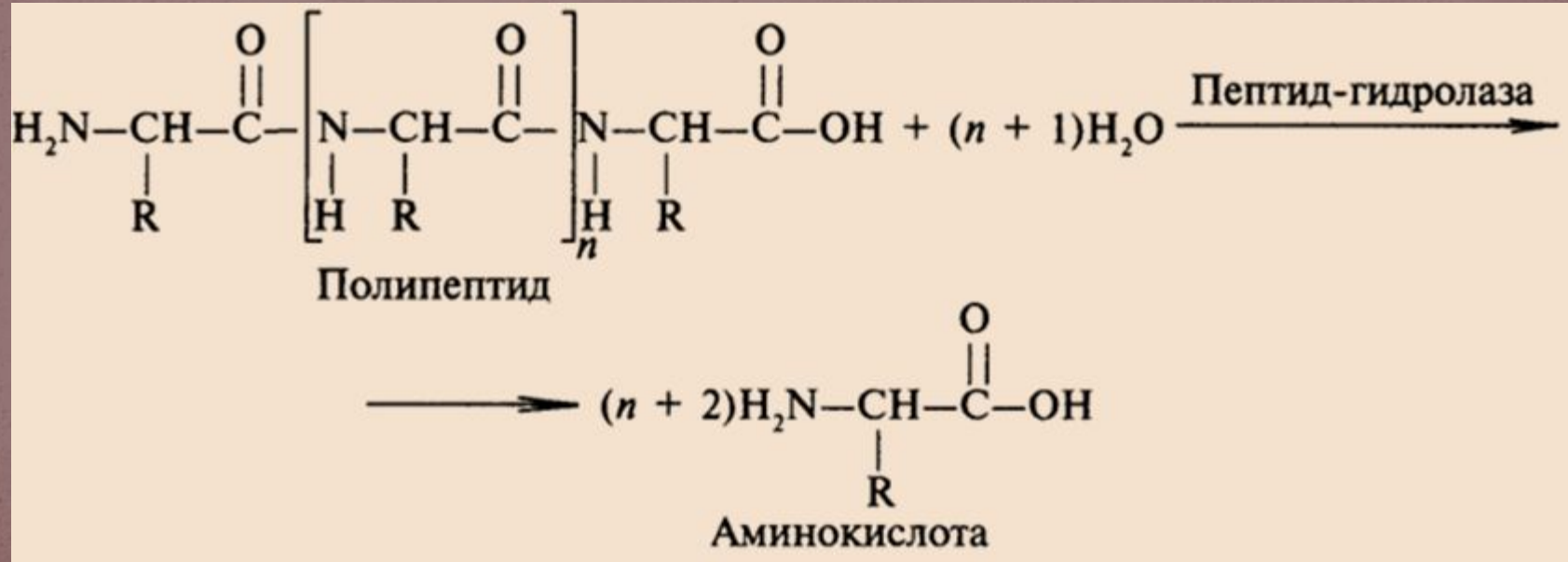
Подклассы гидролаз: эстеразы, фосфатазы, гликозидазы, пептидазы.



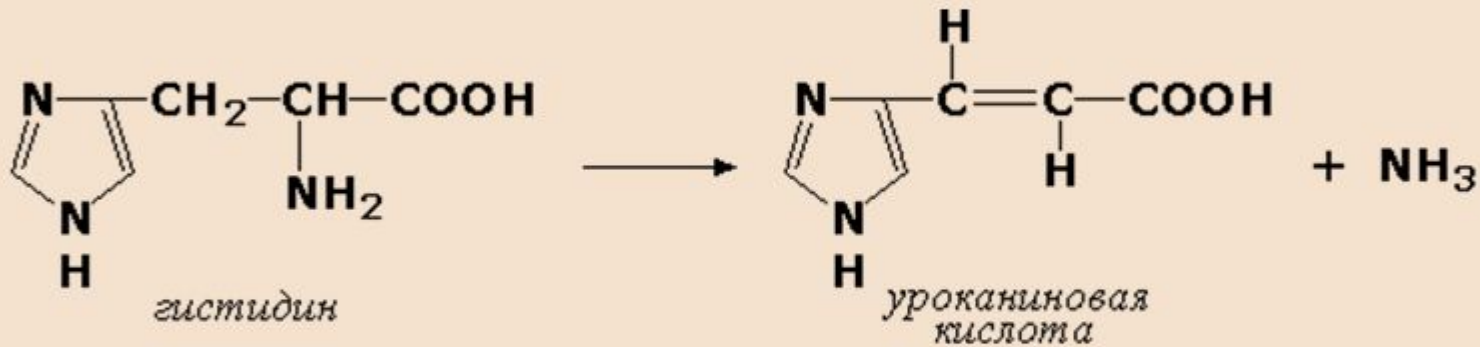
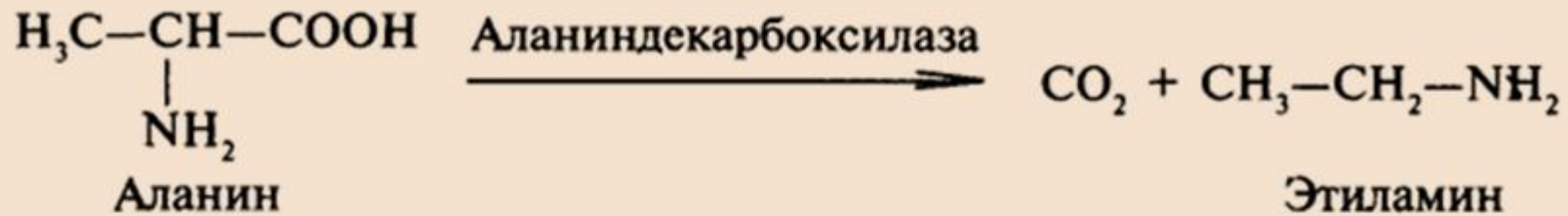
Гликозидазы: амилаза, мальтаза, лактаза, сахараза



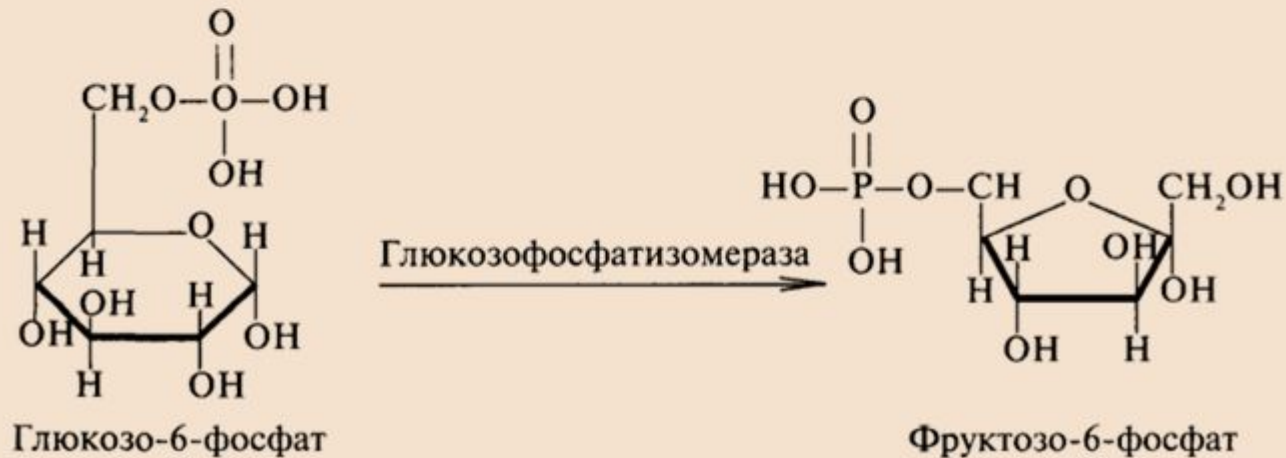
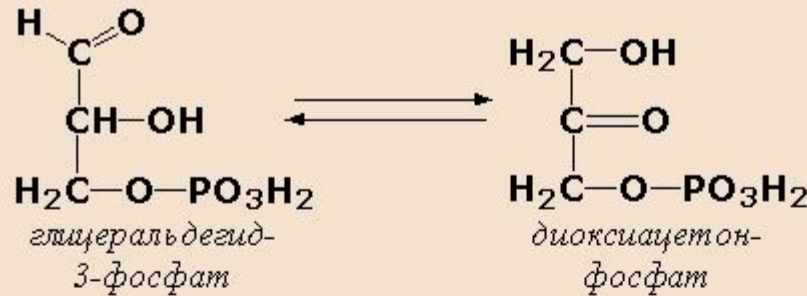
Пептидазы: пепсин, трипсин, химотрипсин, эластаза



Лиазы – ферменты, катализирующие разрыв связей, а также обратимые реакции отщепления - присоединения различных групп от субстратов негидролитическим путем. Эти реакции сопровождаются образованием двойной связи и выделением таких простейших продуктов, как CO_2 , H_2O , NH_3 и т.д.



Изомеразы – катализируют взаимопревращения структурных и простарнственных изомеров.

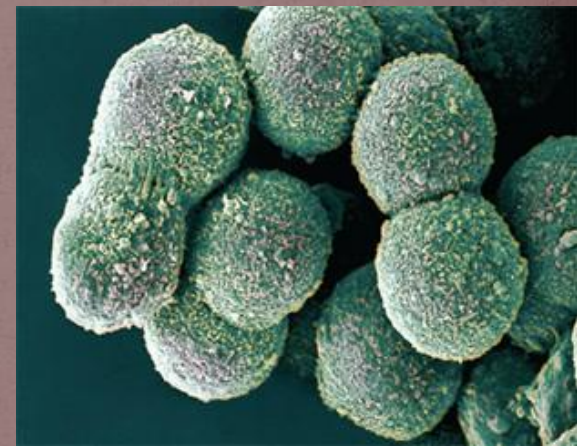


нарушением действия ферментов

Отсутствие или снижение активности фермента (нередко и избыточная активность) приводит к развитию заболеваний (энзимопатий) или гибели организма. Вследствии нарушения синтеза фермента, ответственного за превращение галактозы в глюкозу развивается галактоземия (приводит к умственной отсталости).

Фенилкетонурия (сопровождается расстройством психической деятельности) – потеря клетками печени способности синтезировать фермент, катализирующий превращение фенилаланина в тирозин.

Определение активности ферментов в крови, моче, спинно-мозговой жидкости и других жидкостях организма, позволяет определить ряд заболеваний на ранних стадиях (инфаркт миокарда, вирусный гепатит, панкреатит, нефрит и др.).



Кое-что интересное о белках

Белки являются основой разного рода биологических клеев. Так, ловчие сети пауков состоят в основном из фиброина – белка, выделяемого паутиными бородавками. Это сиропообразное вязкое вещество затвердевает на воздухе, превращаясь в прочную и нерастворимую в воде нить. Шелковинки, образующие спиральную нить паутины, содержат клей, удерживающий добычу. Сам паук свободно бегает по радиальным нитям.

Благодаря специальным клеям мухи и др. насекомые способны проявлять просто чудеса акробатики. Бабочки приклеивают к листьям растений свои яйца, некоторые виды стрижей строят гнезда из застывающих выделений слюнных желез, осетровые крепят икру на придонных камнях.

Некоторые виды улиток на зиму или в периоды засухи снабжают раковины специальной «дверью», которую сама улитка возводит из клейкого твердеющего протеина, содержащего известь. Отгородившись от внешнего мира достаточно твердой преградой, улитка переживает неблагоприятные времена в раковине. Когда ситуация меняется, она просто съедает ее и перестает жить затворницей.

Клеящие вещества, которыми пользуются подводные жители, должны застывать под водой. Поэтому в их состав входят несколько различных протеинов, отталкивающих воду и взаимодействующих между собой с образованием прочного клея. Клей, которым мидии прикрепляются к камню, не растворяется в воде и вдвое крепче эпоксидной смолы. Сейчас этот протеин пытаются синтезировать в лабораторных условиях. Большинство клеящих веществ не переносят влаги, а белковым клеем мидий можно было бы склеивать кости и зубы. Этот белок не вызывает отторжения организмом, что очень важно для медицинских препаратов.

У метилового эфира L- α -аспартил-L-фенилаланина очень сладкий вкус.



Вещество известно под торговым названием «аспартам». Аспартам не только слаще сахара (в 100-150 раз), но и усиливает его сладкий вкус, особенно в присутствии лимонной кислоты. Сладки и многие из производных аспартама.

Из ягод *Dioscoreophyllum cumminsii* (русского названия нет), найденных в джунглях Нигерии в 1895 году, выделен белок монелин, который слаще сахара в 1500 - 2000 раз. Еще сильнее — в 4000 раз — превзошел сахарозу белок тауматин, выделенный из ярко-красных мясистых плодов другого африканского растения *Thaumatococcus daniellii*. Интенсивность сладкого вкуса тауматина еще больше увеличивается при взаимодействии этого белка с ионами алюминия. Образующийся комплекс, с торговым названием талин, слаще сахарозы в 35 000 раз; если же сравнивать не массы талина и сахарозы, а число их молекул, то талин окажется слаще уже в 200 тысяч раз!

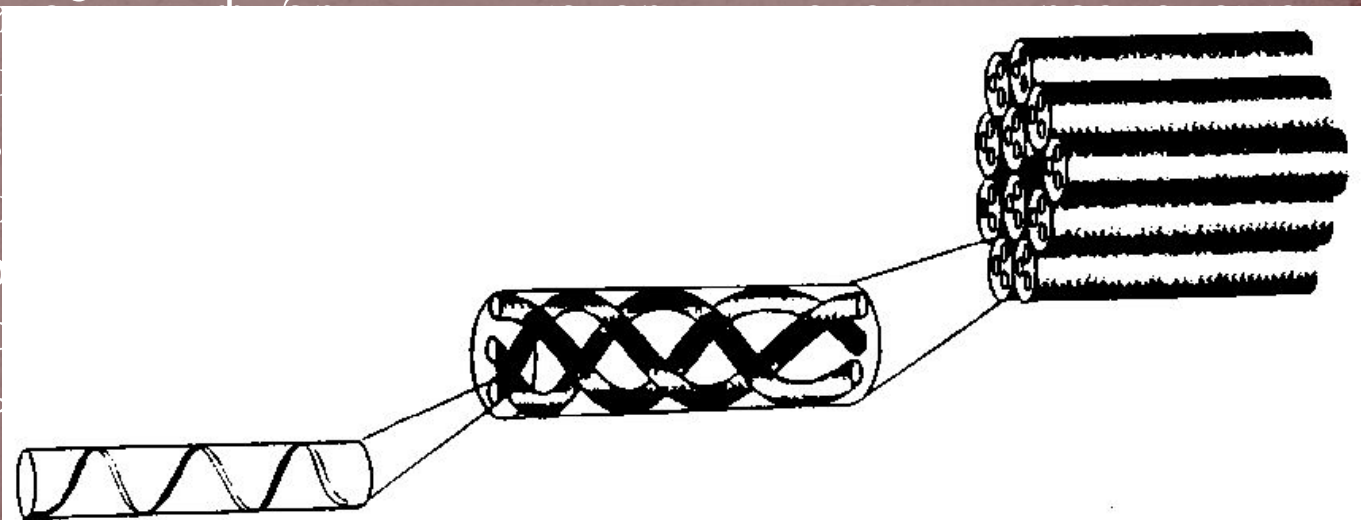
Еще один очень сладкий белок — миракулин был выделен в прошлом веке из красных плодов кустарника *Synsepalum dulcificum daniellii*, которые называли «чудодейственными»: у пожевавшего эти плоды человека изменяются вкусовые ощущения. Так, у уксуса, появляется приятный винный вкус, лимонный сок превращается в сладкий напиток, причем эффект продолжается длительное время. Маленький кусочек тауматина сможет заменить целый мешок сахарного песка!

В начале 70-х годов было синтезировано соединение, самое сладкое из всех синтезированных. Это дипептид, построенный из остатков двух аминокислот — аспарагиновой и аминомалоновой. В дипептиде две карбоксильные группы остатка аминомалоновой кислоты заменены на сложноэфирные группы, образованные метанолом и фенхолом (он содержится в эфирных маслах растений и добывается из скипидара). Это вещество в примерно в 33 000 раз слаще сахарозы. Чтобы плитка шоколада стала привычно сладкой, достаточно долей миллиграмма этой специи.

Химические и физические свойства кожи и волос определяются свойствами кератинов. У каждого вида животных кератин имеет некоторые особенности, поэтому это слово употребляют во множественном числе. **Кератины** — нерастворимые в воде белки позвоночных, образующие их волосы, шерсть, роговой слой кожи, ногти. Под действием воды кератин кожи, волос, ногтей размягчается, разбухает, а после испарения воды снова затвердевает.

Основная химическая особенность кератина заключается в том, что в его составе до 15% содержащей серу аминокислоты цистеина. Атомы серы, присутствующие в цистеиновой части молекулы кератина, легко образуют связи с атомами серы соседней молекулы, возникают дисульфидные мостики, которые соединяют эти макромолекулы.

Кератины относятся к фибриллярным белкам. В тканях они существуют в виде длинных нитей, собранных в пучки, направленные в одну сторону. В этих нитях отдельные макромолекулы также соединены между собой так же, как и в пучках. Нити закручены в три спирали, которые объединены в микрофибриллы. Микрофибриллы составляют центральную часть волоса.



Микрофибриллы объединяются в макрофибриллы.

Волос имеет неоднородную структуру в поперечном сечении. С точки зрения химии все слои волоса идентичны и состоят из одного химического соединения — кератина. Но в зависимости от степени и типа структурирования кератина существуют слои с различными свойствами: кутикула — поверхностный чешуичатый слой; волокнистый, или корковый, слой; сердцевина.

Кутикула образуется из плоских клеток, перекрывающих друг друга подобно рыбьей чешуе. С точки зрения косметики это наиболее важный слой волоса. Именно от его состояния зависит внешний вид волос: блеск, упругость или, наоборот, тусклость, посеченность. Состояние кутикулы влияет и на процессы окраски волос и их завивки, так как для проникновения препаратов в более глубокие слои волоса, к пигменту, необходимо размягчить кутикулу.

Кератин, из которого состоят «чешуики», разбухает под действием влаги, особенно, если это сопровождается действием тепла и щелочных препаратов (мыло). С точки зрения химии это объясняется разрывом водородных связей в молекулах кератина, которые при высыхании волос восстанавливаются. При набухании пластинок их края встают вертикально, волос теряет блеск. Размягчение кутикулы уменьшает и механическую прочность волоса: во влажном состоянии его легче повредить. Пространство между краями чешуек заполнено кожным жиром, что придает волосам блеск, мягкость, эластичность.

Волокнистый, или корковый, слой образован длинными веретенообразными ороговевшими клетками, расположенными в одном направлении; от него зависят эластичность и упругость волоса. В этом слое содержится пигмент меланин, «ответственный» за цвет волос. Окраска волоса зависит от присутствия в нем меланина и пузырьков воздуха. Светлые волосы содержат рассеянный пигмент, темные — зернистый.

**СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ**