

ТЕМА 3-4

БИОХИМИЯ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ

1. Химический состав растительной клетки
2. Характеристика химических компонентов клетки и их основные функции.
 - 2.1. Углеводы
 - 2.2. Белки
 - 2.3. Нуклеиновые кислоты (самостоятельно)
 - 2.4. Липиды
 - 2.5. ВВП
 - 2.6. МЭС
3. Ферменты

Вопрос 1. Химический состав растительной клетки

Сравнивая химический состав клеток самых разных организмов, нельзя не обратить внимания на строгий отбор, который осуществила природа при создании живой материи. Конкуренция между организмами началась лишь после конкуренции между молекулами.

Из 100 известных химических элементов в составе живых клеток постоянно обнаруживается чуть более 20, а обязательными для выполнения жизненных функций можно считать 16.

В то же время с помощью этого ограниченного набора элементов построено огромное множество разнообразных веществ. Так, одних только белков у человека 5 млн. Очевидно, что в процессе отбора выделились именно те элементы, которые способны создать соединения с наиболее важными биологическими свойствами.

Средний хим. состав растительной клетки (%): вода (85), сухое в-во (15)

Из 15 % сухого вещества протопласта:

- Белки – 10 %
- Липиды – 2 %
- РНК – 0,7 %
- ДНК – 0,4 %
- Другие органические вещества – 0,4 %
- Неорганические вещества – 1,5 %

Классификация химических компонентов клетки

1) По химическому составу:

органогенные (95 %) – в %: С-45, О-42, Н-6,5, N-1,5
минеральные (%) - зола.

2) По содержанию:

макроэлементы (10^{-1} - 10^{-3} %) – С,О,Н,Р,К,Н,Са,Мg,С,Na
микроэлементы (10^{-3} - 10^{-5} %) – Мо,Zn,Fe,В,Cl,Mn
ультрамикроэлементы (меньше 10^{-5} %) – Au,Ag,Pb

3) По происхождению

ВПП– углеводы, белки, липиды, нуклеиновые кислоты

ВВП – алкалоиды, гликозиды, фенольные соединения

4) По выполняемым функциям:

конституционные (углеводы, липиды, сложные белки)

ЗПВ (углеводы, жиры, белки, фитин)

обменные (неорг.в-ва, орг.к-ты, моносахариды)

ФАВ (витамины, гормоны, ферменты, фитонциды)

защитные (антитела-белки, сахара)

МЭС (АТФ, УДФ)

2. Характеристика химических компонентов клетки и их основные функции.

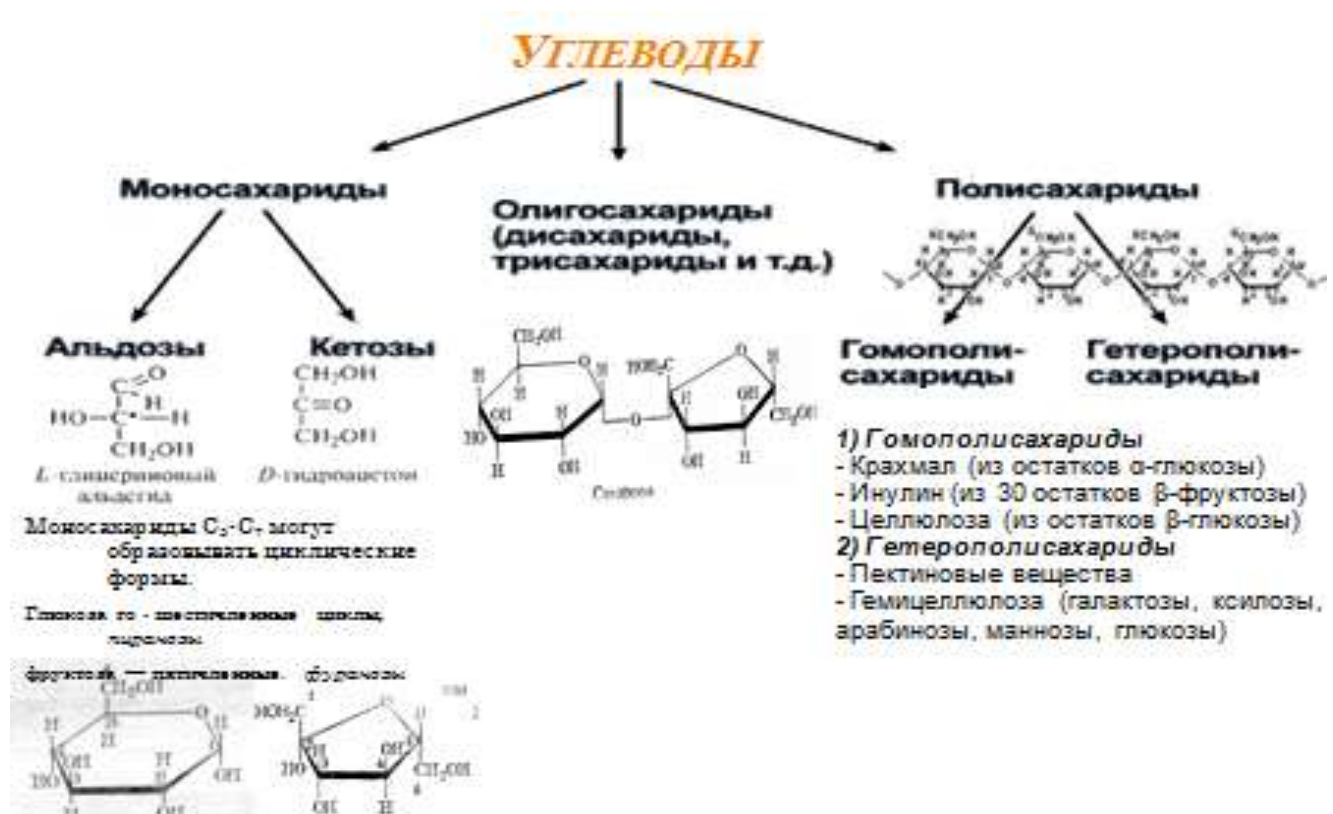
2.1. Углеводы

Углеводы - органические вещества, построенные из С, Н и О.

Общая формула – $C_n(H_2O)_m$

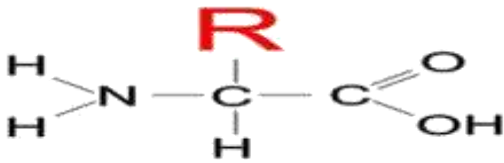
Функции углеводов:

- Структурная
- Запасная
- Пластическая
- Энергетическая
- Транспортная
- Защитная
- Используются в пищу



2.2. Белки

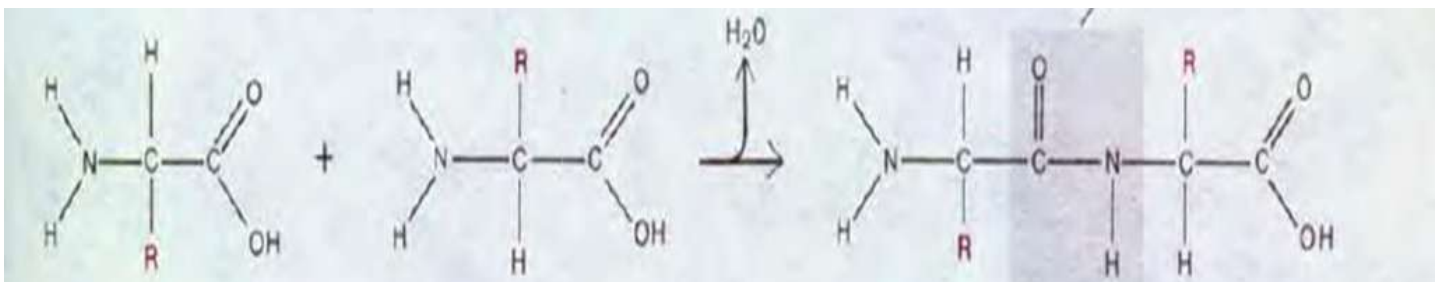
Белки (протеины) – высокомолекулярные азотсодержащие соединения, построенные из аминокислот.



аминокислоты содержат
аминогруппу (-NH₂)
и карбоксильную группу (-COOH)

Из 200 аминокислот в построении белков участвуют только 20 и два амида (аспарагин и глутамин). Из 20 – 8 а.к. незаменимые: валин, метионин, лизин, треонин, лейцин, изолейцин, фенилаланин, триптофан.

Аминокислоты, образуя молекулу белка, взаимодействуют между собой с образованием пептидной связи

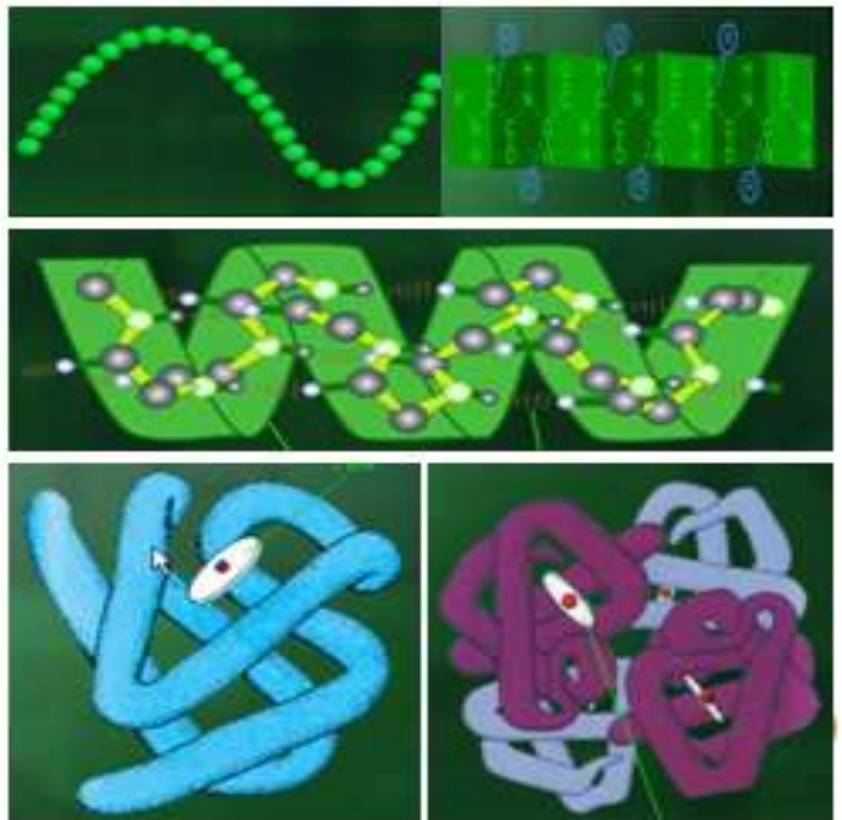


Состав белков: С - 50-55 %, О - 20-24 %, Н - 6-7 %, N - 15-19 %, S - 0-3 %

СТРУКТУРА БЕЛКА

Различают следующие уровни организации белковой молекулы:

- 1) ПЕРВИЧНАЯ
- 2) ВТОРИЧНАЯ
- 3) ТРЕТИЧНАЯ
- 4) ЧЕТВЕРТИЧНАЯ



Белки по содержанию в растениях стоят на третьем месте (после У и Ж), но играют первую роль в обмене веществ

Функции белков

- 1) **Структурная** - образуют основу протоплазмы, мембран, органелл
- 2) **Каталитическая** - все ферменты являются белками
- 3) **Транспортная** - белки-переносчики
- 4) **Запасная** - белки семян растений
- 5) **Двигательная** – сократительные белки цп
- 6) **Рецепторная** - гликопротеины мб
- 7) **Защитная** – антитела
- 8) **Энергетическая** – окисление 1 г белка дает 17 кДж энергии.

Классификация белков

По строению:

- 1) **Простые** – протеины (состоят только из белка)
- 2) **Сложные** – протеиды (белковая часть соединена с небелковой)
 - 1) Нуклеопротеиды (в составе нуклеиновые кислоты)
 - 2) Гликопротеиды (углеводы)
 - 3) Фосфопротеиды (фосфорные соединения)
 - 4) Металлопротеиды (металлы)
 - 5) Хромопротеиды (ферменты)
 - 6) Липопротеиды (липиды)

По растворимости (фракции):

1. **Альбумины** - водорастворимые
2. **Глобулины** - растворимые в слабых растворах солей (4-10% NaCl и KCl).
3. **Проламины** - в 60-80 % этаноле
4. **Глютелины** - в р-рах щелочей (0,2-2%).

Биологическая питательная ценность (БПЦ) белков

БПЦ определяется содержанием в белке незаменимых АК

(валин, метионин, лизин, треонин, лейцин, изолейцин, фенилаланин, триптофан)

БПЦ определяется сравнением со стандартным белком (по ФАО):

$$\text{БПЦ} = \frac{\text{сод-е нез. АК (мг)}}{\text{сод-е нез. АК в стандартном Б}} * 100 \%$$

Стандарт ФАО (N АК, % от N белков):

вал. - 5, тре. и изо. - по 4, лей. - 7, лиз. - 5,5; мет. - 1,7; три. - 1

Из 8 незаменимых АК выделяют 4 лимитирующие – лизин, триптофан, метионин, треонин

В белке зерновых культур недостает лизина, триптофана, треонина,

в белке зернобобовых - метионина.

Наиболее сбалансированы по АК составу белки **сои, риса, картофеля**, они могут служить источниками полноценного белка

Белки не содержащие незаменимых аминокислот называются **неполноценными**

Для каждой белковой фракции характерен свой АК состав, что определяет их различную БПЦ.

По БПЦ альбумины > глобулины и глютелины > проламины

БПЦ белков бобовых - 75-85%,
пшеницы и ячменя - 60-70%
ржи - 68-75%
кукурузы - 52-58%
риса - 83-86%
овса - 70-78% (много лизина)

БПЦ белка сои приближается к 100%.

БПЦ белка зернобобовых к-р выше БПЦ, чем у зерновых, так как у них преобладают глобулины, а проламины отсутствуют.

Белки животного происхождения более полноценны, чем растительные, так как они сбалансированы по АК, животные селективируют из растительного корма необходимые им АК

Для пр-ва 1 кг животного белка затрачивается 3 - 10 кг растительного белка:

На пр-во 1 кг белка Затрачивается кг растительного белка

Молока	3,8 - 4,0
Яиц	3,9 - 4,1
мяса птицы	4,5 - 4,7
Свинины	7,0 - 7,5
Говядины	7,3 - 7,6
Баранины	9,3 - 9,7

Чем ниже БПЦ растительного белка, тем выше расход кормов. **Каждый недостающий грамм протеина в кормовой единице приводит к перерасходу кормов до 20 %.**

Содержание белков: в мясорыбных продуктах - 15 - 20 %, в молоке - 3 - 4 %, в твороге – 15 -17 %, в яйцах - 12 %.

Если принять за 100 % БПЦ белка молока или яиц, то она будет составлять (в %)

Казеин молока и альбумин яиц - 100

Другие животные белки (мясные, рыбные продукты) - 90-95

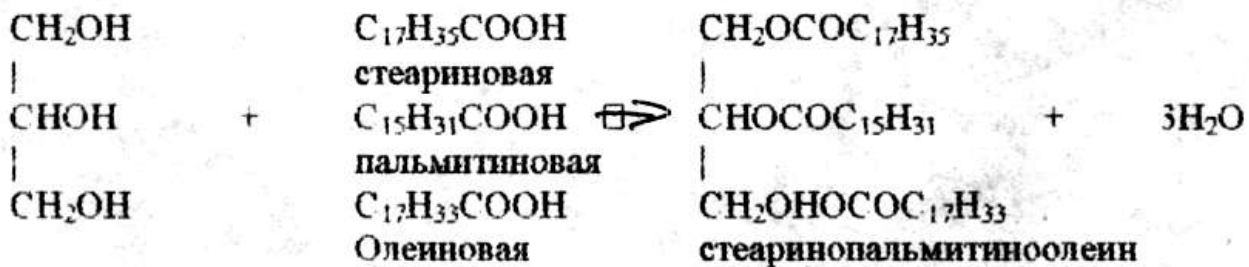
2.3. Липиды

Липиды – неоднородные в химическом отношении вещества, гидрофобные, растворимы в неполярных растворителях

Классификация липидов:

1. Собственно жиры
2. Липоиды (жироподобные вещества) На долю липоидов приходится 3 % от всех липидов. Наибольшее распространение имеют следующие липоиды: фосфолипиды, гликолипиды, воска, стероиды, терпены

Жиры – смесь сложных эфиров 3-х атомного спирта глицерина и жирных кислот.



В состав растительных жиров входят жирные к-ты только с четным числом ат. С

Капроновая	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2$	Олеиновая	$\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$
Каприловая	$\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O}_2$	Линолевая	$\text{C}_{18}\text{H}_{32}\text{O}_2$
Каприновая	$\text{C}_{10}\text{H}_{20}\text{O}_2$	Линоленовая	$\text{C}_{18}\text{H}_{30}\text{O}_2$
Лауриновая	$\text{C}_{12}\text{H}_{24}\text{O}_2$	Рицинолевая	$\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_3$
Миристиновая	$\text{C}_{14}\text{H}_{28}\text{O}_2$	Эруковая	$\text{C}_{22}\text{H}_{42}\text{O}_2$
Пальмитиновая	$\text{C}_{16}\text{H}_{32}\text{O}_2$		
Стеариновая	$\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$		
Арахидиновая	$\text{C}_{20}\text{H}_{40}\text{O}_2$		

Если в составе жира ненасыщенные ж.к. – жиры жидкие – это масла

Если же в составе жира насыщенные ж.к. – они твёрдые.

Если растительные масла подвергнуть гидрогенизации, они станут твёрдыми – например, маргарин

Биологическая ценность жира зависит от состава жирных кислот.

Чем больше ненасыщенных ж.к. – тем выше питательная ценность жиров.

Растительные жиры, состоящие, в основном, из ненасыщенных ж.к. являются *полноценными*, а животные жиры - *неполноценными*

Функции липидов в растениях:

1. **Запасающая.** Ее выполняют жиры. У 90 % видов растений основным запасным веществом является жир, т.е. это масличные культуры. Содержание жиров в семенах (%): зерновые - 2-3; рапс – 40; соя - 30; лен, конопля, подсолнечник - 30-50; мак, клещевина - 50-60;

2. **Энергетическая.** Отложение жира в запас является энергетически выгодным - при окислении 1 г жира образуется 39 кДж энергии и 1,07 г воды, что важно для прорастания семян

3 **Структурная.** Ее выполняют в основном фосфолипиды, которые входят в состав мембран

4 **Защитная.** Например, воска, находящиеся на поверхности листьев и стеблей растений,

2.4. Вещества вторичного происхождения

✓ Гидроароматические соединения. К ним относятся инозит (витамин), фитин, хинная кислота и др.

✓ Фенольные соединения - кумарины, флавоноиды, дубильные в-ва

✓ Алкалоиды (N-содержащие соединения, щелочной природы)

✓ Гликозиды – сост. из сахара и несахаристого соединения)

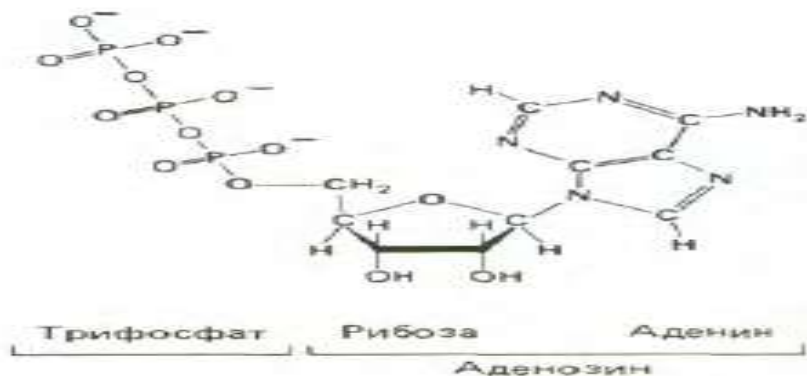
✓ Эфирные и жирные масла

✓ Регуляторы роста

✓ Фитонциды, антибиотики

✓ Органические кислоты

2.5. Макроэргические соединения



АТФ (аденозинтрифосфорная кислота) относится к макроэргическим соединениям, имеющим высокую величину стандартной свободной энергии гидролиза. Состоит из аденина, рибозы и трех остатков фосфорной кислоты. Имеет две высоко-энергетические или макроэргические связи (~). Изменение свободной энергии при переносе фосфорного остатка от АТФ составляет **-40 кДж**.

Вопрос 3. Ферменты

Ферменты – (zyme – закваска (греч.) – биологические катализаторы, вещества белковой природы, ускоряющие течение биохимических реакций.

Свойства ферментов

Общие с неорганическими катализаторами

1. **Ф. не входят в состав конечных продуктов** реакции и выходят из акции в первоначальном виде. Они не расходуются в процессе катализа. Поэтому их необходимо отделять от конечных продуктов реакции.
2. **Ф. не могут возбудить** реакций, противоречащих законам термодинамики. Они **ускоряют лишь те реакции, которые могут протекать и без их**.
3. **Ф. не смещают химического равновесия** реакции, а лишь ускоряют его достижение.

Специфические свойства

1. **Недолговечность** (срок их жизни от 1 часа до 1 сут.). Ф. в клетках растений интенсивно обновляются.
2. Ф. обладают **более сильным каталитическим действием**.
3. Ф. обладают узкой **специфичностью**, т.е. избирательно действуют на субстраты.
4. **Отсутствие побочных эффектов**, Благодаря специфичности Ф. для биохимических реакций характерен почти 100 % выход продуктов.
5. **Регулируемость действия** Ф. в клетке.
6. **Высокая лабильность** Ф. в клетке, т.е. зависимость их каталитического действия от ряда факторов (температуры, рН, активаторов и ингибиторов). Это связано с белковой природой ферментов.
7. **Обратимость действия** ферментов (катализируют как прямые так и обратные реакции).

ФЕРМЕНТЫ

ДВУКОМПОНЕНТНЫЕ

Одно-компонентные

Белковая часть
(апофермент)

Небелковая часть
(кофермент)

Белок

Каждый фермент имеет **активный центр (АЦ)**.

С помощью АЦ Ф. соединяется с субстратом (S), АЦ определяет каталитические свойства Ф. АЦ занимает небольшую часть молекулы Ф.

У однокомпонентных Ф. АЦ образуется определенными белковыми радикалами аминокислотных остатков, у двух компонентных Ф. в него входят и некоторые группировки небелковой части.

Фермент подходит к субстрату «как ключ к замку» с образованием фермент-субстратного комплекса

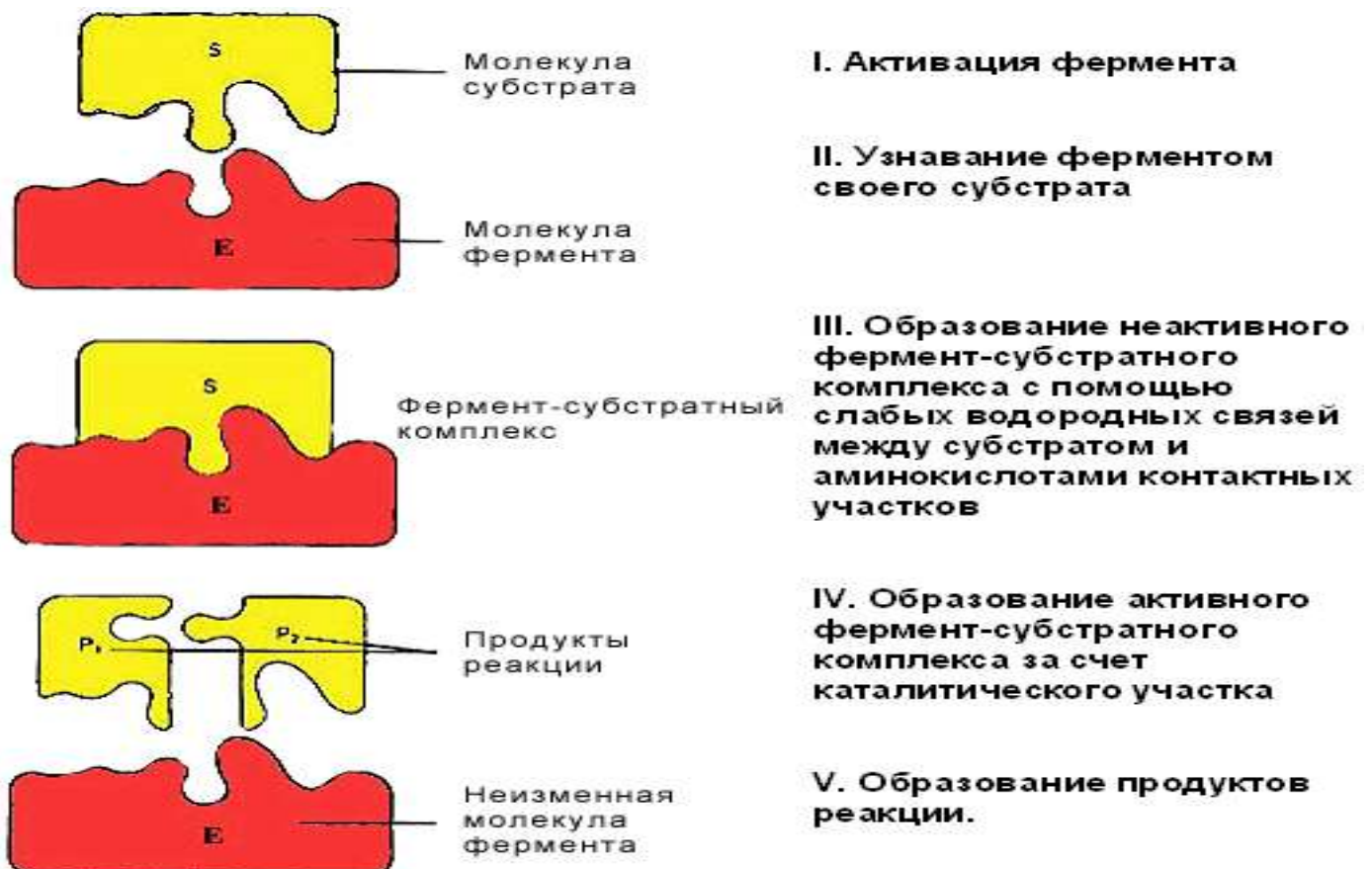
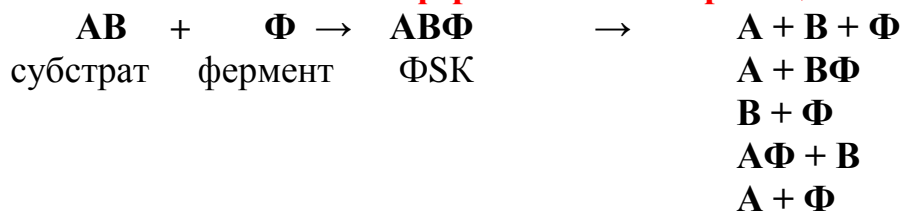


Схема ферментативной реакции:



Ферментативный катализ

1) Влияние температуры.

$t_{\min} + 0^{\circ}$

$t_{\text{opt}} + 40-45^{\circ}$ (для животных Ф.) $+45-55^{\circ}$ (для Ф. растений)

$t_{\max} + 80^{\circ}$.

Снижение активности Ф. под действием высоких температур связано с денатурацией белка.

2) Влияние реакции среды (рН).

В клетке присутствуют сотни различных Ф. и каждый из них активен в определенном интервале рН

Пепсин (Ф. желудочного сока) – 1,5-2,0,

Амилаза (расщепляет крахмал) – 4,0-5,0,

Уреаза (разлагает мочевины) – 7,3-7,9.

Для большинства Ф. оптимум рН лежит в слабокислой и нейтральной среде.

3) Влияние концентрации субстрата (S) фермента (Ф).

Для одностратной реакции зависимость скорости реакции от концентрации S - по уравнению:

$$V = \frac{V_{\max} [S]}{K_m + [S]}$$

Где V – скорость реакции; V_{\max} – максимальная скорость;

K_m – константа Михаэлиса; [S] – концентрация субстрата.

K_m равна концентрации S, при которой скорость ферментативной реакции составляет половину от максимальной.

Когда S в среде достаточно, то скорость реакции возрастает пропорционально увеличению количества Ф.

Номенклатура ферментов

Ферменты имеют систематические (рациональные) и рабочие (тривиальные) названия. Систематические названия включают названия субстратов и характер катализируемых реакций. За ферментами сохранились и прежние рабочие названия (мальтаза, сахараза и т. д.). Все ферменты имеют окончание **-аза**

Каждый фермент имеет шифр, состоящий из четырех чисел, разделенных точками.

- первая цифра – класс;
- вторая – подкласс;
- третья – еще более мелкая группа;
- четвертая – порядковый номер фермента в классе.

Например, фермент фруктофуранозидаза имеет шифр 3.2.1.26: класс гидролазы; подкласс гидролазы гликозильных соединений.

Все ферменты подразделяют на шесть классов:

1. Оксидоредуктазы катализируют ОВР.

Класс	Тип реакции	Важнейшие подклассы
1 Оксидоредуктазы		Дегидрогеназы Оксидазы, пероксидазы Редуктазы Моноксигеназы, диоксигеназы

2. Трансферазы - реакции переноса групп

2 Трансферазы		С ₁ -Трансферазы Гликозилтрансферазы Аминотрансферазы Фосфотрансферазы
---------------	--	--

3. Гидролазы - реакции гидролиза.

3 Гидролазы		Эстеразы Гликозидазы Пептидазы Амидазы
-------------	--	---

4. Лиазы - отщепление от субстратов отдельных групп с образованием двойной связи.

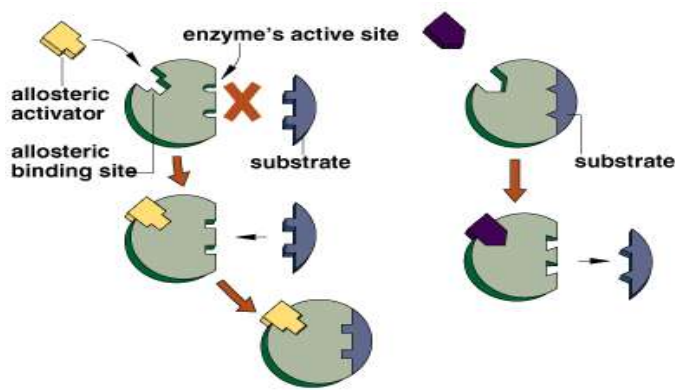
4 Лиазы ("синтазы")		С-С- Лиазы С-О- Лиазы С-N- Лиазы С-S- Лиазы
---------------------	--	--

5. Изомеразы - реакции изомеризации

5 Изомеразы		Эпимеразы цис-транс-Изомеразы Внутримолекулярные трансферазы
-------------	--	---

6. Лигаза (синтезазы) - реакции синтеза с участием АТФ.

6 Лигаза ("синтезазы")		С-С- Лигаза С-О- Лигаза С-N- Лигаза С-S- Лигаза
------------------------	--	--



Существуют ферменты, у которых кроме активного центра имеется аллостерический центр – **аллостерические ферменты**.

Аллостерический центр – это участок молекулы Ф., к которому присоединяются вещества, которые вызывают изменение его формы и перестройку активного центра, что

влияет на скорость реакции.

Такие вещества называются *эффекторами или модуляторами*.

Роль эффекторов могут выполнять промежуточные или конечные продукты реакций.

Они бывают:

- **положительными** (ускоряют реакцию)
- **отрицательными** (замедляют реакцию).

Активаторы и ингибиторы ферментов

Активаторы – вещества, ускоряющие скорость ферментативных реакций.

К ним относят:

- 1) **ионы макро- и микроэлементов:** K^+ ; Ca^{2+} ; Mg^{2+} ; Fe^{2+} ; Cu^{2+} ; Co^{2+} ; Mn^{2+} и др. (они входят в состав Ф. или выполняют роль кофакторов, способствующих образованию связей между активным центром Ф. и S.)
- 2) **Другие вещества.** Например, активность амилазы повышается в присутствии ионов хлора, брома, йода. Особенно сильно активируют амилазу ионы хлора при pH 6,5-7,0. Поэтому содержание крахмала в растениях снижается при известковании и под влиянием хлора.

Ингибиторы Ф. – вещества, подавляющие действие Ф.

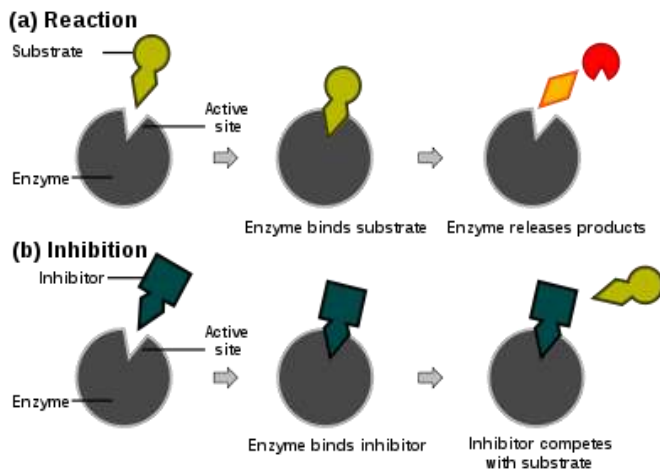
Ингибиторы *подразделяются на:* **Общие и Специфические**

Общие подавляют действие всех Ф. К ним относятся:

1. **тяжелые металлы** (Pb^{2+} ; Cd^{2+} ; Hg^{2+} ; Cu^{2+} ; Zn^{2+}). К тяжелым металлам относятся как очень вредные элементы (свинец, кадмий, мышьяк, ртуть и др.), так и необходимые растению микроэлементы. Поэтому надо применять микроэлементы в рекомендуемых дозах и избегать накопления их избытка в почве.
2. **трихлоруксусная кислота, танин** и др.
Общие ингибиторы вызывают денатурацию белка и этим самым подавляют действие всех Ф.

Специфические ингибиторы подразделяются на:

1. **конкурентные**
2. **неконкурентные**
Конкурентное ингибирование обратимо
Неконкурентное ингибирование необратимо



Конкурентное ингибирование – происходит когда ингибитор по своей конфигурации близок к субстрату данного Ф. Так как Ф. подходит к S как ключ к замку, то ингибитор, имеющий сходную структуру с S, соединяется с активным центром Ф., инактивирует ингибитор и S.

Если удалить из смеси ингибитор, то реакция между Ф. и S возобновляется.

Неконкурентное ингибирование – ингибитор соединяется с активным центром Ф., вызывая его инактивацию или полное разрушение.

К ним относятся:

- ионы синильной кислоты (CN⁻),
- CO (угарный газ),
- ртуть (Hg²⁺),
- фосфорорганические соединения.

Локализация ферментов

В матриксе органоидов (в митохондриях - ферменты цикла Кребса, в ядрах - ферменты синтеза нуклеиновых кислот, в хлоропластах – ферменты фотосинтеза)

В цитоплазме (ферменты гликолиза, спиртового брожения, синтеза жирных и аминокислот, гидролитические ферменты)

Пространственная локализация ферментов в клетке обеспечивает их согласованную деятельность.

Ферменты объединены в комплексы, они локализуются в цитоплазме близко друг к другу, что обеспечивает сопряженность и экономичность их действия.

Регуляция активности ферментов

Регуляция ферментативной активности идет 2 путями:

1. за счет образования новых белковых молекул – «грубая надстройка» (синтез защитных белков для борьбы с инфекцией, белков теплового шока, изменение соотношения изоферментов)
2. за счет активации или ингибирования уже имеющихся в клетке Ф. – осуществляется с помощью конкурентного ингибирования, а также с помощью аллостерической регуляции по типу обратной связи.

Применение ферментов

- 1) В медицине для диагностических тестов, в качестве лекарственных препаратов
- 2) В виноделии, пивоварении (амилолитические (амилазы, глюкоамилаза), целлюлозелитические (целлюлазы, гемицеллюлазы), пектолитические протеолитические (протеиназы, пептидазы)
- 3) Используются в биосинтезе веществ
- 4) В пищевой промышленности: мясное, рыбное, молочное производство, выработка соков и консервов, хлебопечение, производство круп (амилолитические, целлюлозелитические, пектолитические, протеолитические, липолитические, лактаза, инвертаза)
- 5) В текстильной и кожевенной промышленности (протеолитические, липолитические)
- 6) Изготовление табачных изделий (целлюлозелитические, изготовление чая, кофе, целлюлозелитические, пектолитические)
- 7) Производство моющих средств, клея (амилолитические, липолитические, протеолитические)
- 8) Парфюмерная промышленность (протеолитические, липолитические)
- 9) Производство растительных масел (целлюлозелитические, липолитические)
- 10) Очистка стоков (амилолитические, целлюлозелитические, протеолитические, липолитические)

Применение растворимых ферментов ограничивается рядом причин:

- трудная доступность чистых препаратов и их дороговизна;
- **неустойчивость** при хранении и при различных, особенно тепловых, воздействиях;
- **невозможность многократного использования** из-за сложности отделения фермента от реагентов и продуктов реакции.

Недостатки растворимых ферментов устраняются в результате синтеза и использования иммобилизованных ферментов

Иммобилизованные ферменты - ферменты искусственно связанные с нерастворимым в воде носителем и сохраняющие частично или полностью свои каталитические свойства.

Впервые иммобилизованные ферменты были получены Нельсоном и Гриффином в 1938 году.