



Ферменты –
биологические
катализаторы.
Свойства и строение
ферментов.
Автор – доцент
Рыскина Е.А.

ПОНЯТИЕ О ФЕРМЕНТАХ

Основу жизнедеятельности любого организма составляют химические процессы. Практически все реакции в живом организме протекают с участием природных биокатализаторов, называемых ферментами, или энзимами. Среди множества энергетически возможных реакций ферменты избирательно преобразуют реагенты, называемые субстратами, по физиологически полезному пути. Таким образом, ферменты управляют всеми метаболическими процессами организма.

В научной литературе на русском языке утвердились оба термина: «ферменты» и «энзимы», но предпочтение отдают термину «фермент», хотя наука о ферментах называется энзимология. Слово «фермент» происходит от лат. *fermentum* — закваска, а «энзим» — от греч. *en* — в, внутри и *zyme* — дрожжи. Данная терминология возникла исторически при изучении ферментативных процессов спиртового брожения.



Ферменты или энзимы – это белковые катализаторы, ускоряющие химические реакции в клетке.

- Как и другие катализаторы ферменты: **Ускоряют скорость реакции**, но не расходуются и не претерпевают необратимых изменений.
- **Не изменяют состояния равновесия** химической реакции, ускоряют как прямую так и обратную реакции в одинаковой степени.
- **Повышают скорость реакции, понижая энергию активации**, тот энергетический барьер который отделяет одно состояние от другого.



От неорганических катализаторов ферменты отличаются рядом характерных особенностей.

- ❖ **Высокой эффективностью действия**, проявляют в миллионы и миллиарды раз более высокую каталитическую активность.
- ❖ Ферменты отличаются **высокой специфичностью** действия в отношении как химической природы субстрата, так и типа реакции, т.е. каждый фермент катализирует в основном только определенную химическую реакцию.
- ❖ **Мягким условиями действия** (в условиях умеренной температуры, нормального давления и в области близких к нейтральным значениям pH среды).
- ❖ **Способностью к регуляции** – возможностью изменять активность в зависимости от концентрации регуляторов и концентрации субстрата



Ферменты или энзимы обозначают буквой E

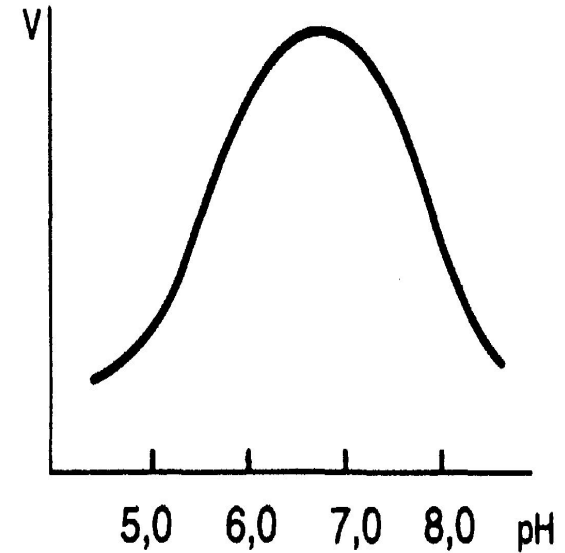
■ Обладают свойствами белков, но имеют и особенности:

- 1. Зависимость от РН
- 2. Зависимость от температуры
- 3. Высокая специфичность действия
- 4. Способностью к регуляции – т.е. могут подвергаться влиянию активаторов или ингибиторов



Зависимость от pH

- Оптимум pH для большинства энзимов 6,0-8,0. Это значение pH при котором фермент проявляет максимальную активность.
- Ионы водорода могут изменять степень ионизации субстрата, продукта и фермента.



Зависимость скорости ферментативной реакции от pH.

Зависимость от температуры

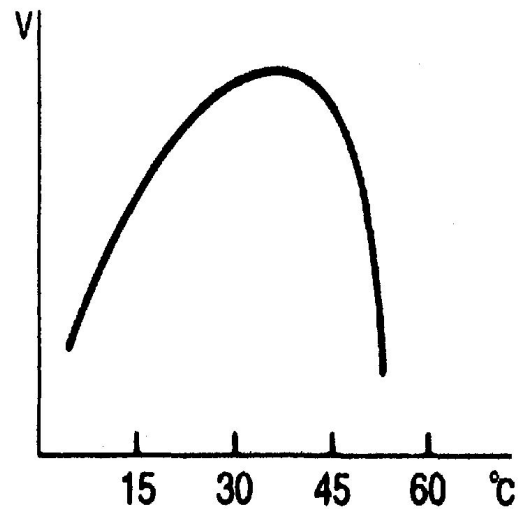



Рис. 2.14. Зависимость скорости ферментативной реакции от температуры.

- Оптимум температуры для большинства энзимов 38-40С, при 41-42С происходит тепловая денатурация.
- При повышении t на 10С, скорость ферментативной реакции увеличивается в 2 раза.

Специфичность действия

- Специфичность действия определяется структурой активного центра фермента и заключается в том, что каждый фермент катализирует превращение одного субстрата или группы субстратов, сходных по своей структуре.
- Существуют несколько видов специфичности:
 - 1. Субстратная специфичность
 - 2. Каталитическая специфичность





Субстратная специфичность. Различают: абсолютную , групповую и стереоспецифичность

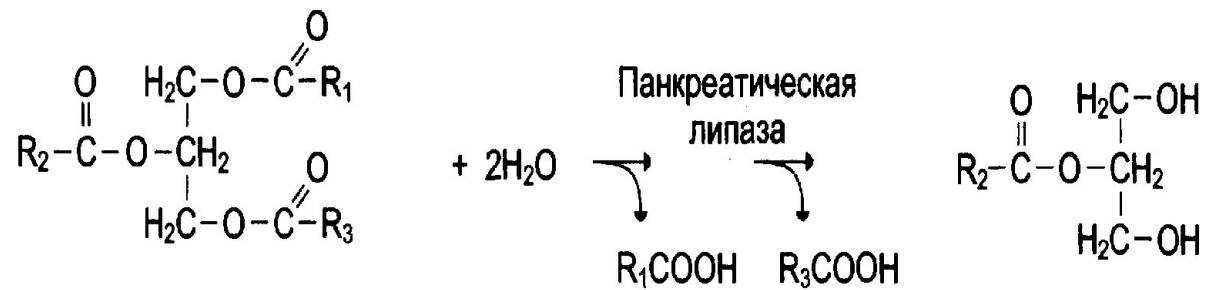
Абсолютная субстратная специфичность

Активный центр ферментов, обладающих абсолютной субстратной специфичностью, комплементарен только одному субстрату. Следует отметить, что таких ферментов в живых организмах мало.



Групповая специфичность - один фермент катализирует однотипные реакции

Большинство протеолитических ферментов, осуществляющих гидролиз белков, имеет групповую субстратную специфичность, гидролизуя пептидные связи, образованные разными аминокислотами.



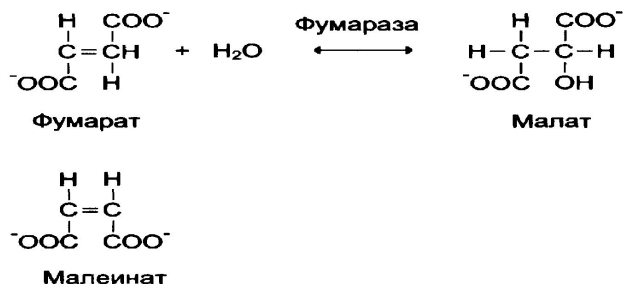
Триацилглицерол

2-Моноацилглицерол

Стереоспецифичность

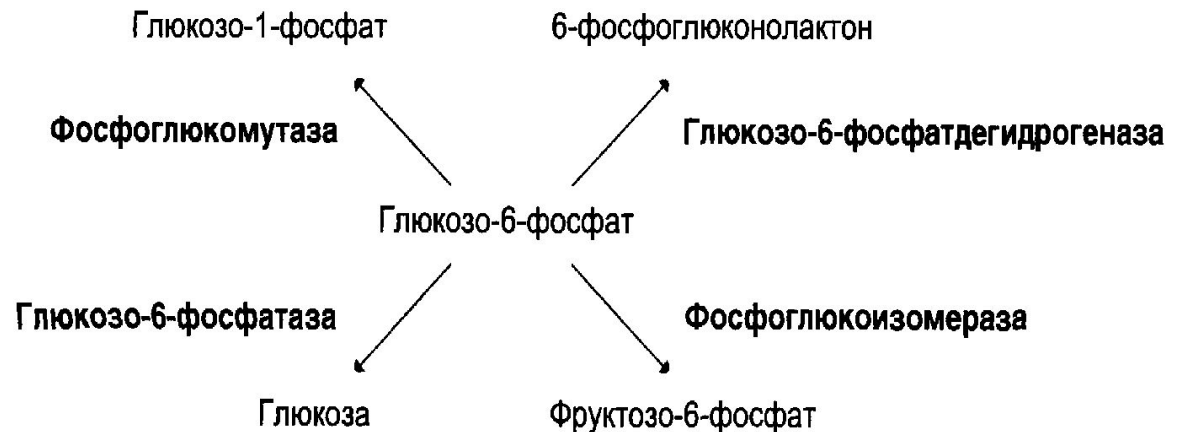
При наличии у субстрата нескольких стереоизомеров фермент проявляет абсолютную специфичность к одному из них. В организме человека наблюдают специфичность ферментов к следующим стереоизомерам.

- Стереоспецифичность к Д – сахарам
- Стереоспецифичность к L - АМК
- Стереоспецифичность к цис – транс – изомерам
- Например: фумараза активна в отношении транс-изомера – фумарата, и не активна в отношении цис-изомера – малеината.



Каталитическая специфичность


- Фермент катализирует превращение субстрата по одному из возможных метаболических путей. Это свойство обеспечивается строением каталитического участка активного центра фермента.



Строение ферментов

- Апофермент + Кофактор = Холофермент
- Кофакторы ферментов м.б. представлены:
- **Коферментами** – могут быть органические вещества, в состав которых часто входят витамины. Обратимо связываются с апоферментом. Функция – только катализ.
- **Простетической группой, которая** прочно связывается с апоферментом. Функции – биологические и катализ. Чаще всего ионы металлов.





По способам взаимодействия с ферментом различают: коферменты и простетические группы.

Кофермент присоединяется во время реакции к молекуле фермента *подобно субстрату*, химически изменяется и затем снова *освобождается*. Первоначальная форма кофермента регенерируется во второй, независимой реакции.

Простетической группой называется кофермент, который прочно связан с ферментом и во время реакции его не покидает. Группа, связавшаяся с коферментом, далее переносится на следующий субстрат или другую молекулу кофермента.

Ферменты имеют 2 центра: Активный центр и Аллостерический центр.

- **Активный центр (АЦФ)** – это относительно небольшой участок, расположенный на поверхности молекулы фермента, который непосредственно участвует в катализе. **Состоит из уникального сочетания аминокислотных остатков, обеспечивает связь с субстратом и его дальнейшее превращение.** В АЦФ различают:
 - Субстратсвязывающий центр** – участок, который отвечает за комплиментарное связывание субстрата и образование фермент – субстратного комплекса.
 - Каталитический центр** – непосредственно участвуют в химические реакции с субстратом.







Алlostерический центр

- Алlostерический центр - комбинация аминокислотных остатков на поверхности фермента, с которым связываются низкомолекулярные соединения (**эffекторы**), молекулы которых отличаются от субстратов.
- Присоединение эffектора изменяет третичную структуру и соответственно и конфигурацию АЦФ, вызывая тем самым снижение (**ингибиторы**) или повышение (**активаторы**) активности.
- Ферменты, которые подвергались воздействию эffекторов называются **алlostерическими**.



Рибозимы

В роли биокатализаторов могут выступать и небелковые соединения. Например, некоторые типы РНК вызывают гидролиз фосфодиэфирных связей нуклеиновых кислот. Такие молекулы РНК с каталитической активностью называют рибозимами, однако их значение в химическом превращении соединений намного меньше, чем у ферментов.





Некоторые рибозимы часто содержат двухвалентные В качестве кофакторов некоторые рибозимы часто содержат двухвалентные ионы В качестве кофакторов некоторые рибозимы часто содержат двухвалентные ионы металлов В качестве кофакторов некоторые рибозимы часто содержат двухвалентные ионы металлов, например, Mg²⁺.

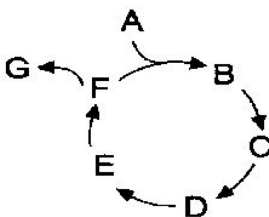
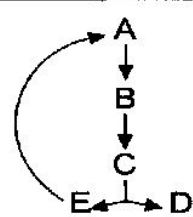
То обстоятельство, что РНК может содержать наследственную информацию, позволило Уолтеру Гилберту То обстоятельство, что РНК может содержать наследственную информацию, позволило Уолтеру Гилберту выдвинуть предположение, что в древности РНК использовалась как в качестве генетического материала, так и в качестве катализаторов и структурных компонентов клетки, а впоследствии эти роли были перераспределены между ДНК То обстоятельство, что РНК может содержать наследственную информацию, позволило Уолтеру Гилберту выдвинуть предположение, что в древности РНК использовалась как в качестве генетического материала, так и в качестве катализаторов и структурных компонентов клетки, а

3. Способность ферментов к регуляции

Активность ферментов в клетке зависит от количества молекул субстрата, продукта, наличия кофакторов и коферментов. Действие ферментов в клетке, как правило, строго упорядочено: продукт одной ферментативной реакции является субстратом другой, образуя таким образом «метаболические пути». Среди множества ферментов практически каждого метаболического пути различают ключевые, или регуляторные, ферменты, активность которых может изменяться в зависимости от потребности клетки в конечном продукте метаболического пути.



Типы метаболических путей, которые регулируются ключевыми ферментами.

Схема	Название	Пример
$A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E$	Линейный	Гликолиз
$A \rightarrow B \rightarrow C \begin{cases} \rightarrow D \rightarrow E \\ \rightarrow F \rightarrow G \end{cases}$	Разветвлённый	Синтез нуклеотидов
	Циклический	Цикл трикарбоновых кислот Синтез мочевины
	Спиральный	β -окисление жирных кислот



Регуляция каталитической активности фермента.

Основные способы регуляции активности ферментов:

- аллостерическая регуляция;
- регуляция с помощью белок-белковых взаимодействий;
- регуляция путём фосфорилирования/дефосфорилирования молекулы фермента;
- регуляция частичным (ограниченным) протеолизом.





На схемах представлена аллостерическая регуляция по типу:

1. Конечным продуктом или по механизму отрицательной обратной связи (слева).
2. Субстрат А активирует ключевой фермент данного метаболического пути (справа).

