



КОНТРОЛЬ АКТИВНОСТИ ФЭРМЕНТОВ

Норин Абу Али ибн сино номидаги

жамоат саломатлик техникуми

Фан номи: Тиббий кимё

Ферментлар фаоллигининг бошқарилиши

Эргашева Мусобатхон Йўлдашевна

945080325

ergashevamm39@gmail.com

Аннотация

Ферменты (энзимы) — это белки, катализирующие биохимические реакции внутри клетки. Их активность строго регулируется в соответствии с метаболическими потребностями организма. В данной статье анализируются основные механизмы регуляции активности ферментов — аллостерическая регуляция, ковалентная модификация, ингибирование по типу обратной связи контроль на уровне экспрессии генов, компартментализация клетки, а также влияние внешних факторов (рН, температура, ингибиторы и активаторы). Результаты исследований показывают, что эти механизмы играют важную роль в эффективном управлении метаболическими путями, экономии энергии и поддержании внутриклеточного равновесия. В статье также рассматриваются перспективы использования этих знаний в биотехнологии, медицине и сельском хозяйстве.



Ключевые слова: активность ферментов, аллостерическая регуляция, ковалентная модификация, ингибирование по типу обратной связи, , метаболический контроль, ингибиторы ферментов, биотехнология.

Введение

Ферменты являются основными катализаторами всех метаболических процессов в живых организмах. Нерегулируемая активность ферментов может привести к повышенному расходу энергии в клетке, накоплению токсичных промежуточных продуктов или к заболеваниям (например, онкологическим и метаболическим нарушениям). Поэтому клетка регулирует активность ферментов на нескольких уровнях — молекулярном, клеточном и организменном.

Регуляцию активности ферментов можно разделить на два основных типа:

- **быструю (fine control)** — изменение активности уже существующих ферментов;
- **медленную (coarse control)** — контроль синтеза или распада ферментов.

Эти механизмы в процессе эволюции достигли высокой эффективности.

Ферменты (от лат. *fermentum* — закваска), **энзимы** — это белковые катализаторы, находящиеся в живых клетках животных, растений и бактерий. Ферменты отличаются от обычных катализаторов своими специфическими свойствами и способностью ускорять химические реакции. Они, подобно катализаторам, снижают энергию активации химических реакций (см. Катализ).



В 1914 году русско-немецкий химик Г. С. Кирхгоф показал, что экстракт из пророщенного ячменя под его воздействием расщепляет крахмал до сахара. В 1833 году французские химики А. Пайен и Ж. Персо впервые выделили фермент **амилазу** из ячменя. В середине XIX века основоположник микробиологии Л. Пастер показал, что процесс брожения вызывают живые микроорганизмы (дрожжи) и что этот процесс связан с их жизнедеятельностью. В 1897 году немецкий химик Э. Бухнер выделил из дрожжей фермент, вызывающий спиртовое брожение.

К началу XX века немецкий химик Р. Вильштеттер и его сотрудники широко использовали метод адсорбции для выделения и очистки ферментов. В 1920–1930-х годах Дж. Самнер выделил первый кристаллический фермент (**уреазу**), а затем пепсин и ряд других протеолитических ферментов в кристаллической форме.

К середине XX века в результате развития физико-химического анализа (главным образом хроматографии) и методов белковой химии была установлена первичная структура ряда ферментов. Так, было показано, что рибонуклеаза поджелудочной железы крупного рогатого скота состоит из 124 остатков аминокислот, связанных четырьмя дисульфидными мостиками. Впоследствии с помощью рентгеноструктурного анализа были определены вторичная и третичная структуры нескольких ферментов. Было установлено, что многие ферменты обладают четвертичной структурой, то есть состоят из нескольких белковых субъединиц (биополимеров), различающихся по составу и структуре молекул.

Ферменты, как и все белки, бывают простыми и сложными. Молекулы сложных ферментов состоят из двух компонентов: белковой части (**апофермент**) и небелковой — **протетической группы**. В случаях, когда



простетическая группа легко отделяется от апофермента, её называют **кофактором** или **коферментом**. Коферментами могут быть углеводы, нуклеотиды, ионы различных металлов и другие соединения, а также витамины и их производные (известно более 150 ферментов, коферментами которых являются витамины). При авитаминозах и гиповитаминозах функция многих ферментных систем нарушается, что приводит к расстройству нормальной жизнедеятельности всего организма.

Большинство ферментов присутствует в органах и тканях в столь малых количествах, что даже определить их абсолютное количество (например, в миллиграммах) весьма сложно. Поэтому количество ферментов в любом органе определяют по их активности. За единицу активности фермента принимается количество фермента, которое катализирует превращение определённого количества субстрата за одну минуту.

Действие ферментов зависит от ряда факторов, в частности, от температуры и рН среды (рН — водородный показатель). Оптимальная температура действия большинства ферментов составляет 38–60 °С; при более высокой температуре ферменты обычно денатурируются и теряют свою активность. Однако некоторые ферменты (например, рибонуклеаза, миокиназа) выдерживают нагревание даже до 100 °С. Ферменты человека и теплокровных животных проявляют активность при 37–38 °С, то есть при температуре тела. Зависимость активности ферментов от температуры используется в медицинской практике, в частности, в хирургии.

Большинство ферментов активно в нейтральной среде (при рН 7,0) и теряют свою активность в кислой или щелочной среде. Исключение составляют пепсин и некоторые тканевые протеолитические ферменты



(например, катепсин D), активные в кислой среде, а также трипсин, активный в щелочной среде (при рН 8,0).

Ферменты (от лат. *fermentum* — закваска), **энзимы** — это белковые катализаторы, находящиеся в живых клетках животных, растений и бактерий. Ферменты отличаются от обычных катализаторов своими специфическими свойствами и способностью ускорять химические реакции. Они, подобно катализаторам, снижают энергию активации химических реакций (см. Катализ).

Помимо температуры и величины рН среды, на активность ферментов оказывают влияние различные вещества — **активаторы** (усилители) и **ингибиторы** (подавители). Различные неорганические ионы, особенно ионы металлов, являются активаторами ферментов. Соединения, снижающие активность ферментов — ингибиторы — связываются с ферментами и образуют комплекс, приводящий к потере ферментативной активности.

Биосинтез ферментов контролируется генетическим кодом. Они могут изменяться под воздействием внутренних и внешних факторов: мутаций, ионизирующей радиации, условий питания и других.

Ферменты, обладающие одинаковым каталитическим действием, но различающиеся по физико-химическим свойствам, называются **изоферментами**. В регуляции активности ферментов в клетке большую роль играют клеточные структуры — митохондрии, микросомы и другие.

Нарушения функций различных ферментных систем, называемые **энзимопатиями** или **ферментопатиями**, являются причиной возникновения многих заболеваний у человека.



При изменении оптимальных условий действия ферментов под влиянием различных факторов (радиация, химические вещества, вирусы, бактерии и др.) наблюдается снижение активности ферментов в крови. Это свойство используется в диагностике. Широко применяется метод определения активности ферментов в сыворотке крови. С помощью этого метода можно выявить заболевание на ранней стадии.

Ферменты используются не только для диагностики заболеваний, но и для лечения некоторых из них (энзимотерапия).

Основные механизмы регуляции активности ферментов

1. Аллостерическая регуляция Аллостерические ферменты имеют помимо активного центра дополнительный (аллостерический) участок, к которому присоединяются регуляторные молекулы (активаторы или ингибиторы). Это связывание изменяет конформацию фермента и повышает или снижает его сродство к субстрату.

Пример: Аспартаттранскарбамоилаза (АТКаза) в синтезе пиримидиновых нуклеотидов подвергается аллостерическому ингибированию цитидинтрифосфатом (ЦТФ). Это классический пример ингибирования по типу обратной связи (**feedback inhibition**) — конечный продукт останавливает первый фермент пути.

2. Ковалентная модификация Присоединение или отщепление химических групп (например, фосфата) к молекуле фермента через ковалентные связи. Наиболее распространённый вид — **фосфорилирование/дефосфорилирование** (с помощью киназ и фосфатаз).



Пример: Ферменты синтеза и распада гликогена (гликогенсинтаза и гликогенфосфорилаза). Этот процесс регулируется гормонами инсулином и адреналином. Механизм быстрый и обратимый.

3. Активация зимогенов (проферментов) Некоторые ферменты синтезируются в неактивной форме (зимоген) и активируются только в нужном месте (например, пепсиноген → пепсин в пищеварении). Это защищает клетки от самопереваривания.

4. Регуляция на уровне экспрессии генов Синтез ферментов контролируется механизмами индукции и репрессии.

- **Индукция:** При наличии субстрата синтез фермента усиливается (например, *lac*-оперон).
- **Репрессия:** При накоплении конечного продукта синтез прекращается. Это долгосрочный контроль.

5. Другие механизмы

- **Компартментализация клетки:** Ферменты локализованы в определённых органеллах (лизосомы, митохондрии).
- **Внешние факторы:** pH, температура, концентрация субстрата, кофакторы (ионы металлов), ингибиторы (конкурентные и неконкурентные).

Практическое значение и применение в биотехнологии

Знания о регуляции активности ферментов широко используются в разработке лекарственных препаратов (ингибиторы — статины, ингибиторы АПФ), пищевой промышленности, производстве биотоплива и биологической



очистке. Изучение аллостерической регуляции помогает создавать новые лекарства.

В условиях Узбекистана развитие ферментных технологий имеет большое значение для сельского хозяйства и пищевой промышленности.

Заключение

Регуляция активности ферментов является одним из фундаментальных принципов жизни клетки и осуществляется через сложную систему механизмов на нескольких уровнях. Глубокое изучение этих механизмов вносит вклад в лечение метаболических заболеваний, совершенствование промышленной биотехнологии и устойчивое развитие. В будущем возможности точного управления ферментами с помощью искусственного интеллекта и молекулярного моделирования значительно расширятся.

Использованная литература

1. Afzal I. et al. (2020). Modern Seed Technology...
2. Robinson P.K. (2015). Enzymes: principles and biotechnological applications.
3. Hammes G.G. (1971). Regulation of Enzyme Activity. Science.
4. Khan Academy: Регуляция ферментов.
5. Chen Z. et al. (2022). Advanced Strategies of Enzyme Activity Regulation.
6. Узбекские источники: Ферменты (uz.wikipedia.org и научные статьи).
7. Дополнительно: Libtexts, ScienceDirect и другие научные базы.