

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ИНСТИТУТ СОДЕРЖАНИЯ И МЕТОДОВ ОБУЧЕНИЯ

федеральное государственное
бюджетное научное учреждение

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

по изучению темы

«Ферменты – биологические катализаторы»
в школьном курсе биологии

Москва
2024

УДК 372.857

ББК 74.262.8

П18

Авторы:

Л.А. Паршутина, к. п. н., заведующая лабораторией естественно-научного образования ФГБНУ «Институт содержания и методов обучения»

А.С. Городенская, к. п. н., ведущий научный сотрудник лаборатории естественно-научного образования ФГБНУ «Институт содержания и методов обучения»

Л.И. Асанова, к. п. н., доцент, старший научный сотрудник лаборатории естественно-научного образования ФГБНУ «Институт содержания и методов обучения»

Рецензенты:

Заграничная Н.А. к. п. н., доцент, старший научный сотрудник лаборатории естественно-научного образования ФГБНУ «Институт содержания и методов обучения».

Иванова А.В. учитель высшей категории города Москвы «Школа «Содружество».

П18 **Ферменты – биологические катализаторы: методические рекомендации** / [Л.А. Паршутина, А.С. Городенская, Л.И. Асанова]. – М.: ФГБНУ «Институт содержания и методов обучения», 2024. – 27 с.
ISBN 978-5-6053417-8-9

Пособие содержит учебно-методические материалы, раскрывающие понятие ферментов как биологических катализаторов и закономерности протекания каталитических реакций. Пособие включает необходимый теоретический материал, задания базового, повышенного и высокого уровня сложности.

Данное пособие может быть использовано в образовательном процессе при обучении биологии как на базовом, так и углублённом уровне. Учебно-методические материалы пособия окажут помощь учителям при подготовке школьников к успешной сдаче ГИА по биологии.

Пособие адресовано учителям и методистам по биологии, его отдельные фрагменты также могут быть использованы при организации учебного процесса при изучении химии.

Методическое пособие разработано в рамках государственного задания ФГБНУ «Институт содержания и методов обучения» на 2024 год «Обновление содержания общего образования».

УДК 372.857

ББК 74.262.8

ISBN 978-5-6053417-8-9

© ФГБНУ «Институт содержания и методов обучения», 2024

Все права защищены

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	6
1.1. Общая характеристика ферментов	6
1.2. Строение и функции ферментов	6
1.3. Механизм действия ферментов	8
1.4. Свойства ферментов	9
1.5. Факторы, влияющие на активность ферментов.....	11
2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	14
2.1. Лабораторные работы	14
2.2. Биологические задачи.....	19
2.3. Задания для закрепления знаний	21
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	27

ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методические рекомендации по изучению темы «Ферменты» разработаны в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом среднего общего образования, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 мая 2012 г. № 413 (далее – ФГОС СОО) и федеральной образовательной программой среднего общего образования, утвержденной приказом Министерства просвещения Российской Федерации от 18 мая 2023 г. № 371 (далее – ФОП СОО) [1, 2].

Основу подходов к разработке учебно-методических рекомендаций составили концептуальные положения ФГОС СОО и ФОП СОО о взаимообусловленности целей, содержания, результатов обучения и требований к уровню подготовки выпускников.

Так, в соответствии с ФГОС СОО в ФОП СОО при изучении учебного предмета «Биология» на *базовом уровне* установлено обязательное (инвариантное) изучение темы «Химический состав и строение клетки», программное содержание которой включает в том числе изучение понятий: ферменты – биологические катализаторы, строение фермента: активный центр, субстратная специфичность, коферменты, отличия ферментов от неорганических катализаторов. На *углублённом уровне* изучение ферментов предусмотрено в рамках темы «Обмен веществ и превращение энергии в клетке». Кроме того, обязательным условием при обучении биологии как на базовом, так и на углублённом уровне является проведение лабораторных и практических работ.

Вместе с тем согласно ФОП ООО и ФОП СОО федеральной рабочей программой по учебному предмету «Химия» предусмотрена реализация межпредметных связей через использование общих естественно-научных понятий. Понятие «ферменты» как биологические катализаторы белковой природы является системным для предметов естественно-научного цикла. Обучающиеся имеют возможность познакомиться с этим понятием при

изучении темы «Скорость химических реакций» в 9 и 11 классах и разделов «Кислородсодержащие органические соединения» и «Азотсодержащие органические соединения» в 10 классе как на базовом, так и на углублённом уровнях.

Таким образом, тема «Ферменты» позволяет не только углубить знания обучающихся о биологических катализаторах, но и продемонстрировать межпредметные связи биологии и химии. Изучение химической природы ферментов, их структуры и механизма действия помогает лучше понять, как устроен обмен веществ и как поддерживается энергетический баланс в организме.

В современных условиях, когда наука и технологии стремительно развиваются, понимание роли ферментов становится особенно важным. Они активно используются в медицине, пищевой и фармацевтической промышленности, биотехнологии и экологии. Освоение этой темы способствует формированию у обучающихся научного мировоззрения, развитию их аналитических и исследовательских навыков.

Данные рекомендации помогут учителям биологии эффективно организовать учебный процесс, обеспечив доступное и последовательное изложение материала. Учебно-методические рекомендации содержат теоретический материал и практический раздел, в котором приводятся описание лабораторных опытов, биологические задачи и тестовые задания. Особое внимание уделяется развитию практических навыков и умению применять полученные знания в реальной жизни, которые помогут обучающимся глубже понять суть процессов, происходящих в живых системах.

Предлагаемые методические рекомендации будут также полезны учителям химии, в особенности при организации учебного процесса на углублённом уровне и во внеурочное время.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1. Общая характеристика ферментов

Все процессы, связанные с химическими реакциями в организме, регулируются белками. Одной из ключевых функций белков является их способность выступать в роли специфических катализаторов – ферментов. Ферменты обладают исключительной способностью ускорять химические реакции. Без их участия не происходит практически ни одна реакция в живом организме.

В настоящее время известно множество различных белков-ферментов, и каждый из них создан таким образом, чтобы наилучшим образом катализировать определённую химическую реакцию.

Ферменты играют важную роль в передаче наследственной информации, участвуют в обмене энергии, синтезе и распаде биологически активных веществ, регулируют химические реакции в организме (например, активно участвуют в процессе пищеварения, работе центральной нервной системы и стимулируют рост новых клеток).

Ферменты также широко используются в медицине для диагностики и лечения заболеваний, в биотехнологии для синтеза биологически активных веществ, в химической и пищевой промышленности.

1.2. Строение и функции ферментов

Ферменты, также известные как энзимы, представляют собой белковые соединения. Они состоят из остатков α -аминокислот. В структуре ферментов можно выделить две основные части: *белковую (апофермент)* и *активную (кофермент)*. Апофермент состоит из белка с третичной структурой, а кофермент представляет собой органическое или неорганическое вещество, которое служит катализатором биохимических реакций в клетке. Обе части фермента объединяются в единую белковую молекулу (холофермент).

Некоторые ферменты состоят только из белка (простые ферменты), в то время как другие содержат как белок, так и небелковое соединение

(кофермент). Коферменты могут быть представлены различными веществами, такими как витамины и ионы металлов. Такие ферменты относятся к сложным и способны участвовать в биохимических реакциях.

Рассмотрим строение фермента. В ферменте различают три центра: субстратный, активный и регуляторный (аллостерический) (рис. 1).

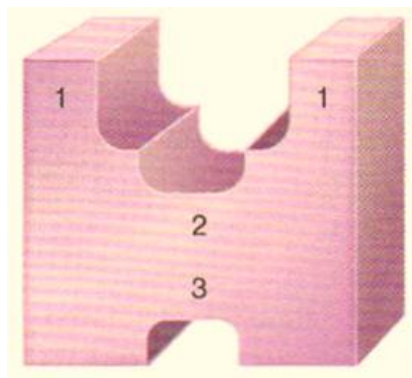


Рис. 1. Схема строения фермента: 1 – субстратный центр; 2 – активный центр; 3 – регуляторный (аллостерический центр)

Субстратный центр представляет собой «якорную» площадку, которая служит для соединения фермента с субстратом. В результате между ними возникают определённые связи, позволяющие ферменту удерживать субстрат.

Активный центр фермента является его ключевой частью. Именно здесь происходит преобразование субстрата, он становится доступным для проведения реакции, происходит собственно реакция, образуются продукты или продукт реакции. Активный и субстратный центры ферментов часто расположены рядом или совпадают. Для работы активного и субстратного центров, то есть для присоединения субстрата и катализа химической реакции, необходима строго определённая форма белка-фермента.

Функции активного центра может выполнять небелковый компонент, например, витамин, который в этом случае связан с ферментом и составляет с ним единое целое. Фермент сохраняет свою активность до тех пор, пока в нём поддерживается специфическая конфигурация молекулы, а это определяется третичной и четвертичной структурами белка-фермента. Конфигурация белковой молекулы может изменяться таким образом, чтобы обеспечить быстрый доступ веществ в активный центр или, наоборот,

замедлить реакцию. Эту функцию выполняет регуляторный, или аллостерический, центр фермента. К этому центру могут присоединяться неорганические ионы и низкомолекулярные вещества, которые заставляют молекулу фермента принять такую форму, которая будет способствовать быстрому соединению с субстратом.

К настоящему времени было выделено и изучено более двух тысяч ферментов. Все ферменты условно разделены на шесть классов в зависимости от типа катализируемых реакций:

- *оксидоредуктазы* – катализируют окислительно-восстановительные реакции;
- *гидролазы* – катализируют гидролиз, то есть расщепление сложных органических веществ на простые при взаимодействии с водой;
- *трансферазы* – катализируют перенос функциональных групп от одного вещества к другому;
- *лиазы* – катализируют негидролитическое присоединение или отщепление функциональной группы;
- *изомеразы* – катализируют изменение структуры соединения;
- *лигазы (синтетазы)* – катализируют реакции синтеза с использованием энергии АТФ.

1.3. Механизм действия ферментов

В основе работы ферментов лежат химические процессы, которые сопровождаются разрывом и образованием химических связей. Как и все катализаторы, ферменты снижают энергию активации реакций. Они участвуют как в процессах создания новых веществ, так и в их распаде. Ферменты действуют в строго определённом порядке и специфичны для каждой химической реакции. Существуют ферменты, которые катализируют несколько реакций.

Избирательность действия ферментов на разные химические вещества связана с их строением. Рассмотрим общий принцип действия ферментов.

В начале химической реакции происходит соединение фермента (E) с субстратом (S) с образованием фермент-субстратного комплекса ($E-S$). Далее в активном центре фермента происходят преобразования субстрата, изменяются связи в молекуле субстрата, его конфигурация. Образуется комплекс фермента с видоизменённым субстратом (E^*-S^*). Затем происходит собственно химическая реакция и образуется фермент-продуктный комплекс (E^*-P). После окончания реакции комплекс распадается, освобождается продукт (или продукты), а фермент восстанавливается до начального состояния (E, P). Теперь он вновь готов к новой ферментативной реакции. Этот процесс можно представить в виде схемы (рис. 2).

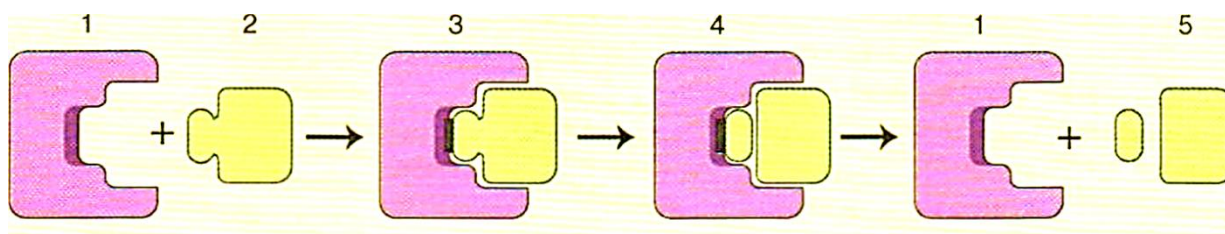


Рис. 2. Механизм действия фермента: 1 – фермент (E); 2 – субстрат (S);
3 – фермент-субстратный комплекс ($E-S$);
4 – фермент-продуктный комплекс ($E-P$); 5 – продукты реакции (P)

1.4. Свойства ферментов

Поскольку, ферменты являются катализаторами, то обладают *общими* с небиологическими катализаторами свойствами. Перечислим эти свойства:

- ферменты не расходуются и не преобразуются в ходе биохимических реакций, они не могут входить в состав конечных продуктов реакции, а значит, выходят из неё, как правило, в первоначальном химическом составе, таким образом они не расходуются в ходе реакции (недавно доказано, что некоторые ферменты все же изменяют свой химический состав, и даже могут разрушаться, а не сохраняются в неизменном виде, как утверждал Л. Михаэлис), их присутствие не влияет ни на состав, ни на свойства конечных продуктов реакции;

- ферменты не способны запустить и катализировать те реакции, протекание которых противоречит законам термодинамики (энергетически

невозможны), они только ускоряют те реакции, которые могут протекать и без воздействия ферментов;

– ферменты не смещают вектор направления обратимых реакций, а только ускоряют их. Количество веществ прямой и обратной реакции в момент времени не зависит от наличия фермента в реакционной смеси.

Вместе с тем ферменты проявляют *специфические* свойства:

– молекулы всех ферментов белковой природы;
– качество катализа ферментами намного выше, чем других известных катализаторов (скорость протекания химической реакции выше в случае участия фермента на несколько порядков);

– ферменты сугубо специфичны, они влияют исключительно на конкретные субстраты. Под специфичностью фермента принято понимать способность фермента отличать молекулу «своего» субстрата от других близких по строению молекул. Такая избирательность обусловлена высокой специфичностью *фермент-субстратных* взаимодействий и образования фермент-субстратного комплекса. Изначальная модель взаимодействия фермента с субстратом, предложенная Э. Фишером, называется моделью «ключ-замок». Эта модель была дополнена Д. Кошландом и названа гипотезой «индуцированного соответствия». Не все ферменты одинаково избирательны – некоторые ферменты могут катализировать реакцию только для одного единственного субстрата, а другие – с несколькими веществами, имеющими сходное химическое строение.

Пример. Сахараза катализирует только процесс гидролиза сахарозы на глюкозу и фруктозу, тогда как пепсин ускоряет разрушение пептидных связей в любых белках;

– относительная (групповая) специфичность. Фермент действует не на конкретное вещество, а на определённый тип химической связи.

Пример. Липаза влияет на жиры, катализируя их гидролиз на глицерин и жирные кислоты, только в месте сложноэфирной связи;

Пример. Гексокиназа (внутриклеточный фермент из класса трансфераз) катализирует в присутствии АТФ присоединение остатка фосфорной кислоты (фосфорилирует) почти ко всем гексозам несмотря на то, что в клетках параллельно с ней имеются специфические для каждой гексозы ферменты, обладающие теми же свойствами;

– абсолютная специфичность. Это свойство конкретного фермента ускорять превращение только одного единственного вещества. В случае модификаций в структуре субстрата воздействие фермента станет недоступным.

– стереохимическая специфичность диктуется наличием в природе оптических (L- и D-форм) или геометрических (цис- и транс-) изомеров химических веществ.

Пример. Аспартатдекарбоксилаза бактериальных клеток катализирует отщепление углекислого газа только от L-аспарагиновой кислоты, превращая её в L-аланин;

– способность ферментов изменять свою активность – регулируемость. При помощи регуляции ферментов осуществляется согласованность всех обменных процессов живых объектов во времени и пространстве, целью которого является воспроизведение живой материи, поддержание постоянства среды клетки или организма, приспособление к меняющимся условиям окружающей среды;

– термолабильность (высокая чувствительность к изменениям температуры) и зависимость активности от рН среды (максимальная активность фермента возможна лишь при определенных значениях рН).

1.5. Факторы, влияющие на активность ферментов

На скорость ферментативных реакций могут воздействовать разнообразные факторы. Известно, что скорость химических реакций в значительной степени определяется концентрацией веществ. Однако у ферментативных реакций есть особенность: их скорость зависит не только от концентрации субстрата (рис. 3, а), но и от концентрации фермента (рис. 3, б).

Таким образом, скорость реакции прямо пропорциональна концентрации фермента. Однако при увеличении концентрации субстрата она возрастает лишь на начальном этапе. Это связано с тем, что количество молекул фермента определяет, насколько быстро будет протекать химическая реакция.

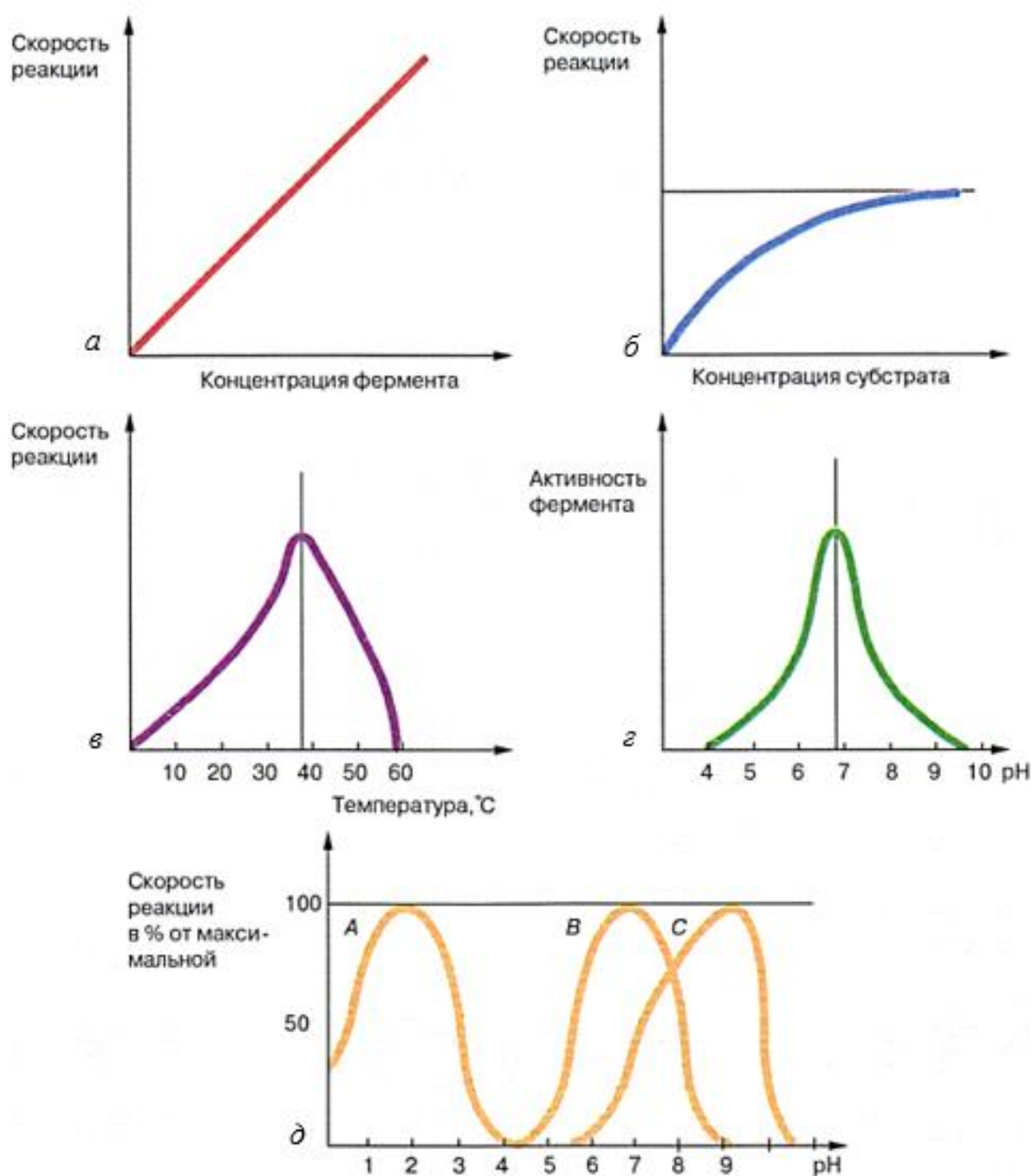


Рис. 3. Зависимость скорости ферментативных реакций от различных факторов: *a* – концентрации фермента; *б* – концентрации субстрата; *в* – температуры; *г* – pH среды; *д* – влияния среды на активность ферментов А, В, С.

Скорость реакции и активность фермента зависят от температуры. При низких температурах активность снижается, как и при высоких. Это связано с тем, что при низких температурах молекулы субстрата и фермента не обладают достаточной энергией для активации реакции. При высоких температурах белки-ферменты могут денатурировать, то есть сворачиваться и разрушаться. Оптимальной считается температура от 30 до 40 °С (рис. 3, в).

На активность фермента и скорость реакции также влияет рН среды (рис. 3, г, д). Ферменты активны при определённой концентрации ионов H^+ . Большинство из них работают эффективно в узком диапазоне рН, чаще всего в нейтральной среде. Изменение концентрации ионов водорода может изменить электрический заряд белка-фермента, что приведёт к изменению его структуры и снижению активности. Некоторые ферменты работают в слабощелочной среде, например амилаза слюны. Фермент желудка пепсин наиболее активен в кислой среде [6].

Резкие изменения рН также могут вызвать денатурацию фермента, но, как правило, она обратима.

2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Лабораторные работы

В процессе изучения темы, посвящённой ферментативным реакциям в обмене веществ и свойствам ферментов, на уроках рекомендуется провести две практические работы. Цель этих работ – обнаружить ферменты в живых клетках, исследовать их роль в функционировании клеток и определить ферментативный характер реакций обмена веществ. Кроме того, эти работы способствуют углублению знаний учащихся о свойствах и функциях белков в организме, а также демонстрируют их специфичность по отношению к субстрату на примере действия амилазы в различных условиях.

В первой лабораторной работе *«Ферментативное расщепление пероксида водорода в клетках»* используется каталаза (пероксидаза) – фермент, который расщепляет пероксид водорода в клетках. Перед началом работы необходимо сообщить учащимся, что каталаза присутствует в каждой растительной и животной клетке. Этот фермент играет важную защитную роль, расщепляя пероксид водорода (перекись водорода) на молекулы воды и кислорода. Пероксид водорода образуется в процессе жизнедеятельности клетки и при накоплении может привести к её гибели [4].

Вторая лабораторная работа *«Каталитическая активность амилазы»* направлена на изучение скорости ферментативных процессов и влияния различных факторов на ферменты. Амилаза слюны – это специфический фермент, который расщепляет крахмал до солодового сахара – мальтозы. Этот фермент не действует на целлюлозу, так как связи в ней отличаются от связей в крахмале. В ходе выполнения работы важно познакомить учащихся со свойствами ферментов, такими как специфичность, зависимость от температуры, влияние ингибиторов (инактиваторов) и катализаторов на ферменты, а также влияние реакции среды на активность фермента. Соляная кислота инактивирует фермент и полностью останавливает реакцию. Щелочь ускоряет реакцию только в небольших концентрациях. Поваренная соль также способствует ускорению реакции. Рассмотрим данные лабораторные работы.

Лабораторная работа

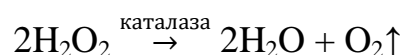
«Ферментативное расщепление пероксида водорода в клетке»

Цель работы: установить наличие фермента каталазы в живых клетках, доказать его специфичность и активность в физиологической среде.

Оборудование и материалы: микроскоп, предметное и покровное стёкла, скальпель, штатив с пробирками, стакан с водой, пинцет, пипетка; 3%-ный раствор пероксида водорода, листья элодеи, герани, сырой и варёный картофель, кусочки сырого и варёного мяса, печени или почек животных.

Информация для работы

Изучение каталитической функции ферментов может осуществляться на примере каталазы (пероксидазы) – фермента, расщепляющего пероксид водорода в клетках с образованием молекулярного кислорода:



Пероксид водорода образуется в растительных и животных клетках в качестве побочного продукта жизнедеятельности. Это соединение ядовито для клеток, и каталаза обеспечивает его эффективное удаление. Каталаза – один из наиболее быстро работающих ферментов: при температуре 0 °С одна молекула каталазы разлагает за 1 секунду до 40 тыс. молекул пероксида водорода. Находится каталаза в пероксисомах клетки [5].

Ход опыта

1. В пробирки с кусочками сырого и варёного мяса (печени, почек), варёного и сырого картофеля капните по пять капель пероксида водорода. Какие изменения происходят в пробирках с разными объектами? Опишите наблюдаемые явления. Результаты опытов занесите в таблицу. Объясните, почему в пробирках с варёным картофелем и мясом отсутствуют изменения.

Активность каталазы

Объекты	Наблюдения	Объяснение результатов

2. Измельчите в фарфоровой ступке несколько кусочков сырого картофеля, перенесите растёртую кашу в чистую пробирку и добавьте пять капель пероксида водорода. Сравните изменение активности ферментативной реакции в целой и измельчённой ткани. Результаты опытов занесите в таблицу. Объясните причину явления.

3. На предметное стекло в каплю воды поместите лист элодеи. Нанесите на лист две капли пероксида водорода, накройте покровным стеклом и рассмотрите под микроскопом на малом увеличении. Если выделение пузырьков газа незначительно, то снимите покровное стекло, пинцетом или иглой нарушите целостность листа. Накройте вновь покровным стеклом и рассмотрите под микроскопом на малом увеличении. Как изменилась интенсивность выделения пузырьков? Результаты опытов занесите в таблицу. Объясните причину наблюдаемых явлений. На чём основаны различия в опытах?

4. Поместите в пробирку измельчённые листья герани. Добавьте три-четыре капли пероксида водорода. Что наблюдаете? Результаты опытов занесите в таблицу 1. Объясните наблюдаемые явления.

5. Сделайте выводы. В каких случаях проявляется максимальная активность каталазы? Как измельчение влияет на интенсивность реакции? Во всех ли клетках содержится фермент каталаза? Ответ поясните.

Лабораторная работа

«Каталитическая активность амилазы»

Цель работы: изучить действие фермента амилазы слюны, её специфичность и изменение активности под воздействием различных факторов.

Оборудование и материалы: крахмальный клейстер, раствор I_2 в KI (или I_2 в спирте); 0,4%-ный раствор соляной кислоты HCl; 15%-ный раствор гидроксида натрия NaOH; 1%-ный раствор поваренной соли NaCl; 0,5%-ный раствор сульфата меди(II) $CuSO_4$, фильтровальная бумага, стакан с кипячёной

водой, пустой стакан, стеклянные палочки и пластина, стакан с горячей водой, воронка, марля, спиртовка.

Информация для работы

Работа направлена на изучение скорости ферментативных реакций и их зависимости от воздействия различных факторов. Амилаза слюны является специфическим ферментом, расщепляющим крахмал до солодового сахара – мальтозы. Этот фермент не действует на целлюлозу, так как характер связей в ней отличается от связей в крахмале. Соляная кислота инактивирует фермент и полностью прекращает реакцию. Щелочь ускоряет реакцию значительно. Поваренная соль также ускоряет реакцию [3].

Ход работы

1. Для приготовления фермента пополощите рот в течение 2 минут кипячёной водой. Повторите процедуру 2-3 раза. Соберите жидкость в один стакан и отфильтруйте через два слоя марли.

2. В пять пробирок налейте по 5 мл крахмального клейстера. Во вторую пробирку добавьте 1 мл раствора соляной кислоты, в третью пробирку 1 мл раствора поваренной соли, в четвёртую – 1 мл раствора щёлочи. Во все пробирки, кроме пятой, добавьте по 5 мл раствора слюны. В пятую пробирку добавьте слюну, предварительно прокипячённую. В шестую пробирку поместите несколько кусочков фильтровальной бумаги и также добавьте слюны. Все пробирки поставьте в стакан с нагретой до 40 °С водой.

3. В каждую пробирку вставьте по стеклянной палочке. После этого на стеклянную пластину нанесите в один ряд по одной капле раствора йода. Сделайте пять таких рядов на стеклянной пластине.

4. Через 2 мин возьмите пробы из каждой пробирки, кроме шестой. Для этого стеклянной палочкой из каждой пробирки нанесите по капле исследуемого раствора в каждую каплю йода на стеклянной пластине. Каждый ряд капель йода соответствует одной пробирке. Повторяйте процедуру каждые 2 минуты. Проследите, как изменяется окраска йода. Реакция считается законченной, если окраска йода с раствором в очередной пробе не изменяется.

Результаты проб занесите в таблицу, отмечая знаком «+» наличие реакции с йодом и знаком «-» её отсутствие.

Свойства фермента амилазы

Номер пробирки	Вещества	Ход реакции с йодом				
		2 мин	4 мин	6 мин	8 мин	10 мин
1	Крахмал + слюна / контроль					
2	Крахмал + слюна + HCl					
3	Крахмал + слюна + NaCl					
4	Крахмал + слюна + NaOH					
5	Крахмал + слюна прокипячённая					
6	Целлюлоза + слюна					

5. Сделайте вывод о том, какое из добавленных веществ ускоряет расщепление крахмала, какое замедляет или совсем прекращает реакцию. Почему в пробирке с прокипячённой слюной реакция не идёт вообще?

6. При гидролизе крахмала образуется мальтоза. Для доказательства её образования сделайте качественную реакцию. В первую контрольную пробирку после окончания реакции прилейте 2 мл раствора гидроксида натрия NaOH. Осторожно по каплям добавьте раствор сульфата меди (II) CuSO₄. Медленно нагрейте жидкость до кипения. Появляется жёлтый осадок.

7. Проверьте, произошли ли изменения с фильтровальной бумагой в шестой пробирке. Для этого сделайте качественную реакцию на мальтозу, как указано в пункте 6. Изменилась ли окраска исследуемого раствора? Занесите данные в таблицу. Сделайте вывод о специфичности действия фермента амилазы. Какое значение имеет специфичность действия амилазы?

2.2. Биологические задачи

Задание 1. В живой клетке одновременно протекает множество реакций, катализируемых разными белками-ферментами. Ряд веществ претерпевает сложные химические превращения, проходя через цепочку промежуточных соединений. Все ферментативные реакции осуществляются согласованно и строго регулируются. На чём основана такая регуляция?

Ответ. Регуляция ферментативных реакций основана на специфичности действия каждого фермента. Это обусловлено особой формой молекулы фермента, которая соответствует форме молекулы субстрата. Каждый субстрат подходит к своему ферменту, как «ключ к замку». Поэтому один фермент катализирует только одну реакцию и не влияет на другие, происходящие в клетке.

Задание 2. Результаты биохимических исследований показали, что молекулы большинства ферментов по размерам во много раз превосходят молекулы тех субстратов, с которыми они взаимодействуют. Однако непосредственно на катализируемую реакцию влияет небольшая часть молекулы фермента, содержащая обычно от трёх до двенадцати аминокислотных остатков. Как называют эту часть молекулы фермента? Какова роль остальных аминокислотных остатков?

Ответ: Главная часть фермента – активный центр. Здесь происходит видоизменение субстрата, осуществляется ферментативная реакция и образуются продукты реакции. Роль остальных аминокислотных остатков фермента состоит в том, чтобы обеспечить молекуле правильную глобулярную форму, которая очень важна для эффективной работы активного центра.

Задание 3. Объясните, почему ферменты активны только в присутствии определённых ионов или витаминов, которые сами не являются катализаторами. Например, активность фермента амилазы зависит от хлорид-ионов, а дыхательные ферменты митохондрий работают только в присутствии

рибофлавина – витамина В₂. С каким центром фермента взаимодействуют ионы и витамины? Почему ионы и витамины нужны для работы ферментов?

Ответ: Ионы и витамины называют коферментами или кофакторами. Подобно самим ферментам, они не разрушаются в катализируемых реакциях и нужны в очень незначительных количествах для присоединения к регуляторному, или аллостерическому, центру фермента.

Задание 4. На скорость ферментативной реакции влияет температура. При более высокой температуре молекулы веществ движутся быстрее, сталкиваются сильнее и чаще, а потому вероятность реакции между ними выше, чем при более низкой температуре. Объясните, почему тогда при температуре свыше 60 °С ферментативная реакция как правило прекращается.

Ответ: По своей химической природе ферменты являются белками, поэтому температура свыше 60 °С вызывает их необратимую денатурацию.

Задание 5. При постоянной температуре любой фермент работает наиболее эффективно в очень узком диапазоне значений рН среды. Оптимальным считается то значение рН, при котором реакция протекает с максимальной скоростью и выход продукта реакции наибольший. При более высоких и более низких значениях рН активность фермента снижается. Объясните механизм влияния рН среды на активность фермента.

Ответ. Сдвиг рН среды меняет заряд ионизированных кислотных и основных групп фермента, от которого зависит специфичная форма его молекулы, в первую очередь его активного центра, где протекает катализируемая реакция. Поэтому существует узкий диапазон значений рН среды, в котором проявляется активность фермента.

Задание 6. Во второй половине XX в. для борьбы с инфекционными заболеваниями широко применяли сульфаниламидные препараты, которые по своей химической структуре близки к парааминобензойной кислоте. Последняя является кофактором фермента, катализирующего реакцию образования фолиевой кислоты, необходимой бактериям для роста.

Объясните, на чём основано действие сульфаниламидных препаратов. Как называется данный процесс регуляции активности ферментов?

Ответ. Конкурентное ингибирование фермента. Сульфаниламидные препараты по химическому строению похожи на субстрат – парааминобензойную кислоту, они связываются с ферментом, поэтому выработка необходимой для роста патогенных бактерий фолиевой кислоты не происходит.

2.3. Задания для закрепления знаний

1. Тестовые задания

Выберите один правильный ответ.

1. Фермент – это

- 1) мономер белковой молекулы
- 2) вещество, хранящее наследственную информацию
- 3) богатое энергией вещество, синтезируемое в митохондриях
- 4) биокатализатор одной или несколько химических реакций

Ответ: 4

2. Какую функцию в клетке выполняет белок каталаза?

- 1) регуляторную
- 2) каталитическую
- 3) двигательную
- 4) энергетическую

Ответ: 2

3. Чем обусловлена способность ферментов ускорять одну или группу химических реакций?

- 1) растворимостью ферменты и субстрата в воде
- 2) соответствием строения фермента и субстрата
- 3) сходной молекулярной массой фермента и субстрата
- 4) одинаковым химическим составом ферменты и субстрата

Ответ: 2

4. Расщепление крупных молекул органических веществ до более мелких происходит под воздействием

- 1) витаминов
- 2) гормонов
- 3) ферментов
- 4) органических переносчиков

Ответ: 3

5. Кофактор – это:

- 1) активная часть простого фермента;
- 2) показатель активности фермента;
- 3) белковая часть сложного фермента;
- 4) небелковая часть сложного фермента.

Ответ: 4

6. Почему под влиянием разных факторов ферменты теряют свою активность?

- 1) изменяется их химический состав
- 2) изменяется структура их молекул
- 3) уменьшается их растворимость в воде
- 4) в них изменяется число аминокислотных остатков

Ответ: 2

7. Гидролазы:

- 1) ускоряют реакции гидрирования субстратов;
- 2) катализируют превращения альдегидов в спирты;
- 3) катализируют реакции разрушения химических связей с участием воды
- 4) ускоряют реакции переноса гидроксогрупп внутри молекулы субстрата;

Ответ: 3

8. Лиазы катализируют:

- 1) реакции соединения молекул;
- 2) расщепление связей в субстрате с помощью воды;

- 3) расщепление связей в субстрате без участия воды;
- 4) перенос электронов от одного субстрата к другому.

Ответ: 3

9. Кофермент – это:

- 1) легкоотделяющаяся белковая часть сложного фермента;
- 2) белковая часть сложного фермента;
- 3) небелковая часть простого фермента;
- 4) непрочносвязанная небелковая часть сложного фермента.

Ответ: 4

10. Простетическая группа – это:

- 1) белковая часть сложного фермента;
- 2) стабилизатор структуры фермента;
- 3) прочносвязанная с ферментом небелковая часть
- 4) часть фермента, образующая каталитический центр.

Ответ: 3

2. Задания с развёрнутым ответом

1. Прочитайте текст и выполните задания.

В настоящее время наряду с другими видами топлива для автомобильных двигателей используют так называемый *биоэтанол*, который получают из биомассы некоторых сельскохозяйственных культур, таких как кукуруза, картофель, пшеница, сахарный тростник.

При получении биоэтанола растительное сырьё измельчают и обрабатывают водяным паром для перевода крахмала в растворимую форму. После этого крахмал подвергают осахариванию – ферментативному гидролизу, в результате чего образуется глюкоза. Брожением глюкозы получают этанол.

1) Для увеличения выхода глюкозы ферментативный гидролиз проводят при некоторых оптимальных значениях температуры и кислотности среды. О выходе глюкозы судят по её концентрации в образующемся растворе

(рис. 4) или по количеству гидролизованного крахмала (рис. 5). Результаты экспериментов по определению оптимальных температуры и кислотности среды гидролиза крахмала с участием некоторого фермента показаны на графиках.

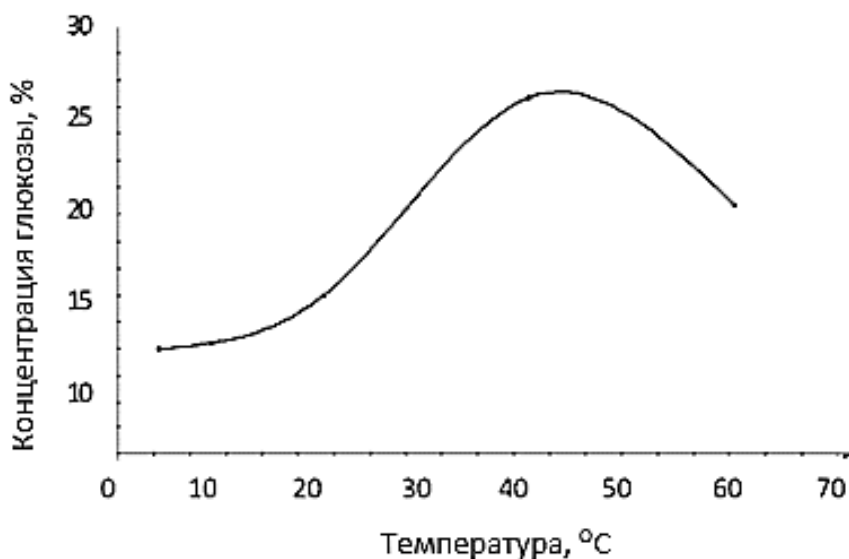


Рис. 4. Влияние температуры на выход глюкозы при ферментативном гидролизе крахмала

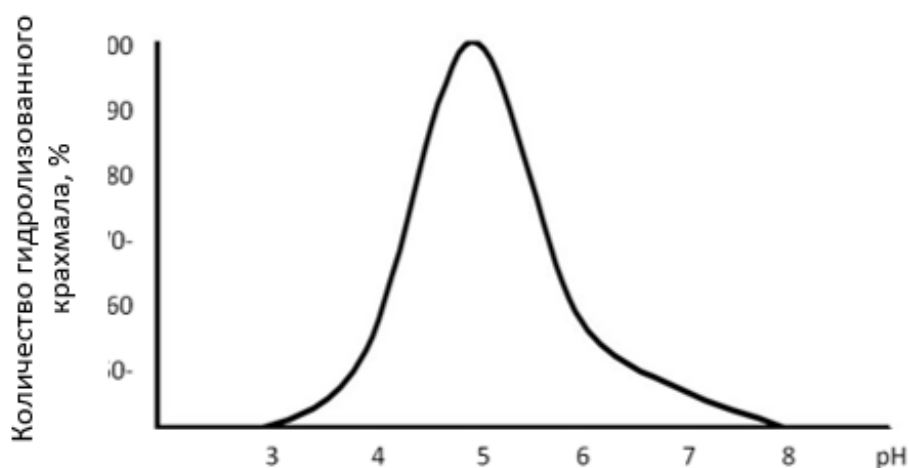


Рис. 5. Влияние кислотности среды на выход глюкозы при ферментативном гидролизе крахмала

На основании данных графиков определите оптимальные значения температуры и кислотности среды (pH) для достижения максимального выхода глюкозы в процессе гидролиза крахмала с участием исследуемого фермента.

Оптимальное значение температуры составляет _____ °С.

Оптимальное значение рН равно _____ .

Ответ. Оптимальное значение температуры составляет 40-45 °С; оптимальное значение рН равно 5.

2. Прочитайте текст и выполните задания.

Каталитическая активность некоторого фермента в процессе гидролиза крахмала при различных температурах представлена на графике (рис. 6).

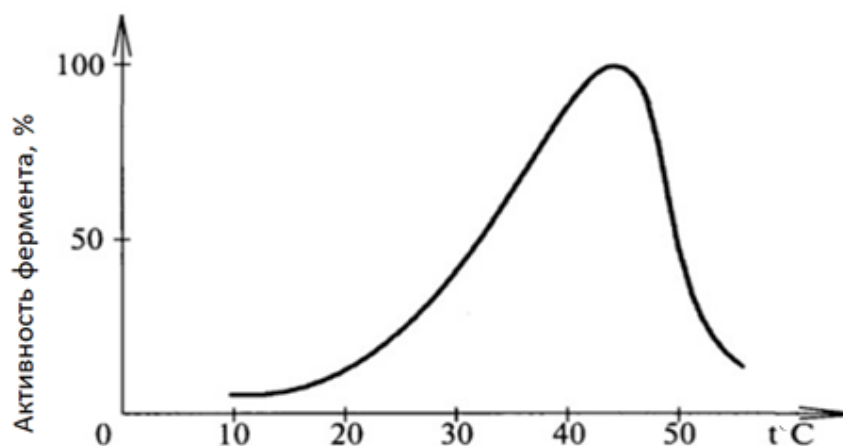


Рис. 6. Зависимость активности фермента в процессе гидролиза крахмала от температуры

Объясните характер изменения каталитической активности фермента при повышении температуры от 10 до 50 °С.

Ответ. Каталитическая активность ферментов значительно зависит от температуры. При низкой температуре (на графике в интервале 10-20 °С) ферментативные реакции протекают с малой скоростью, то есть ферменты проявляют малую активность. При повышении температуры каталитическая активность ферментов возрастает до некоторого оптимального значения (на графике в интервале 40-45 °С), после чего резко падает, так как ферменты теряют свою каталитическую активность вследствие необратимого изменения белковой структуры.

3. Какова природа большинства ферментов и почему они теряют свою активность при повышении уровня радиации?

Ответ

- 1) Большинство ферментов – белки.
- 2) Под действием радиации происходит денатурация – изменяется структура белка-фермента.

4. Почему ферменты слюны активны в ротовой полости, но теряют свою активность в желудке?

Ответ.

- 1) Ферменты слюны активны в нейтральной или слабощелочной среде, которая характерна для ротовой полости.
- 2) В желудке среда кислая, поэтому ферменты слюны неактивны.

5. Замораживание ферментов, в отличие от действия высоких температур, не приводит к потере их активности при возвращении в нормальные условия. Чем это объясняется?

Ответ.

- 1) Ферменты являются белками, потому нагревание приводит к их обратимой денатурации и потере активности.
- 2) Низкие температуры вызывают обратимую денатурацию белков, и в нормальных условиях они восстанавливают свою структуру и активность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ Минобрнауки России от 17.05.2012 N 413 (ред. от 12.08.2022) "Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования" (Зарегистрировано в Минюсте России 07.06.2012 N 24480) Приказ Минобрнауки России от 17.05.2012 N 413 (ред. от 12.08.2022)
https://slavschool.gosuslugi.ru/netcat_files/userfiles/Obr_standarty_i_trebovaniya/Prikaz_Minobrnauki_Rossii_ot_17.05.2012_N_413_red._ot_12.08.pdf?ysclid=m4bqm8817i445592839 (дата обращения 22.11.2024).
2. Федеральная образовательная программа среднего общего образования, утверждена Приказом Министерства просвещения Российской Федерации от 18 мая 2023 № 371. [Электронный ресурс]. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202307130017> (дата обращения 22.11.2024).
3. Паршутина Л.А. Естествознание. Биология. Практикум: учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / Л.А. Паршутина. -М.: Издательский центр «Академия», 2021. - 131 с.
4. Паршутина Л.А. Естествознание. Биология. Методическое пособие для учителя: учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / Л.А. Паршутина. - М.: Издательский центр «Академия», 2021. - 124 с.
5. Теремов А.В. Биология. Биологические системы и процессы. 10 класс: пособие для самостоятельной работы обучающихся (углублённый уровень)/А.В. Теремов, Р.А. Петросова. – М.: Мнемозина, 2015. – 343 с.: ил.
6. Теремов А.В. Биология. Биологические системы и процессы. 10 класс: учеб. для общеобразоват. учреждений (профильный уровень)/А.В. Теремов, Р.А. Петросова. – 9-е изд., стер.- М.: Мнемозина, 2020. – 400 с.