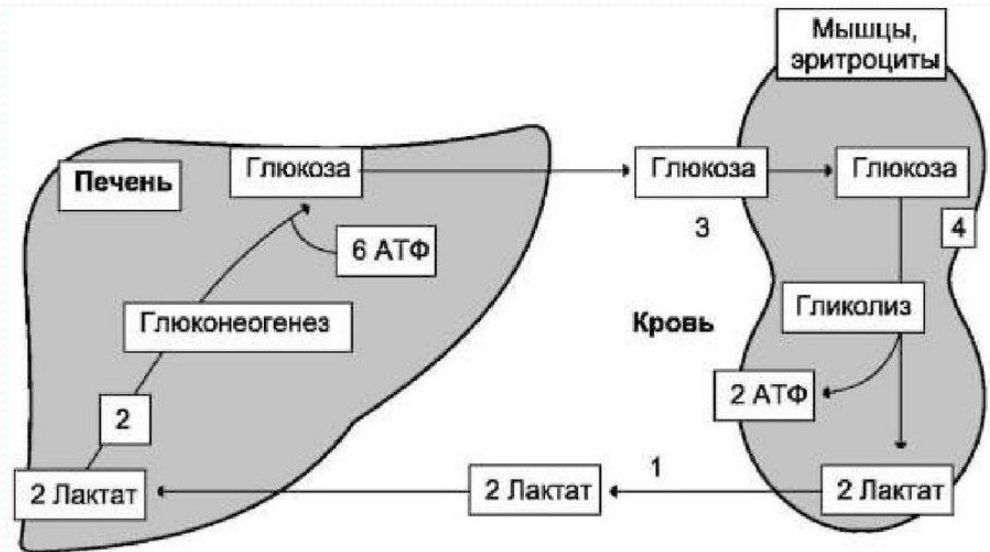
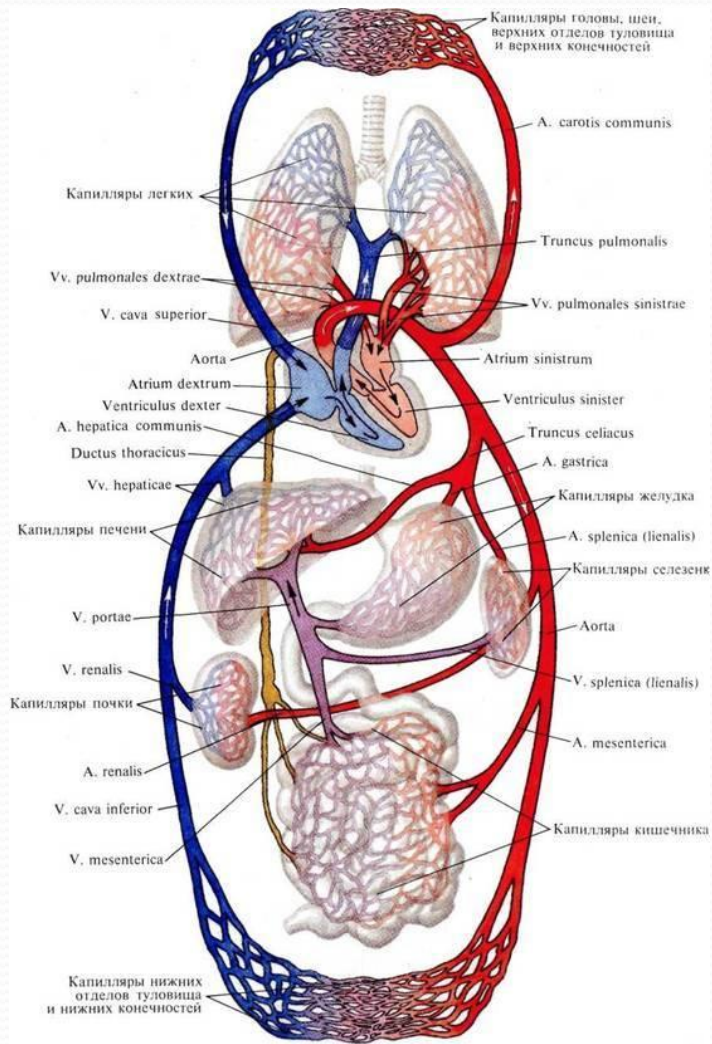


Катаболизм органических веществ на примере углеводов и жиров

Стадии энергетического обмена

	I подготовительный этап	II бескислородный этап	III кислородный этап
Где происходит расщепление?	В органах пищеварения. В лизосоме в клетке.	Внутри клетки.	В митохондриях.
Чем активизируется расщепление?	Ферментами пищеварительных соков.	Ферментами мембран клеток.	Ферментами митохондрий.
До каких веществ расщепляются соединения клетки?	Белки → аминокислоты. Жиры → глицерин + жирные кислоты. Углеводы → глюкоза.	Глюкоза → 2 молекулы молочной кислоты + энергия.	Пировиноградная кислота до CO_2 и H_2O
Сколько выделяется энергии?	Мало, рассеивается в виде тепла.	За счет 40% - синтезируется АТФ, 60% - рассеивается в виде тепла.	Более 55% энергии запасается в виде АТФ.
Сколько синтезируется энергии в виде АТФ?	—	2 молекулы АТФ.	36 молекул АТФ.

Роль печени и Цикл Кори

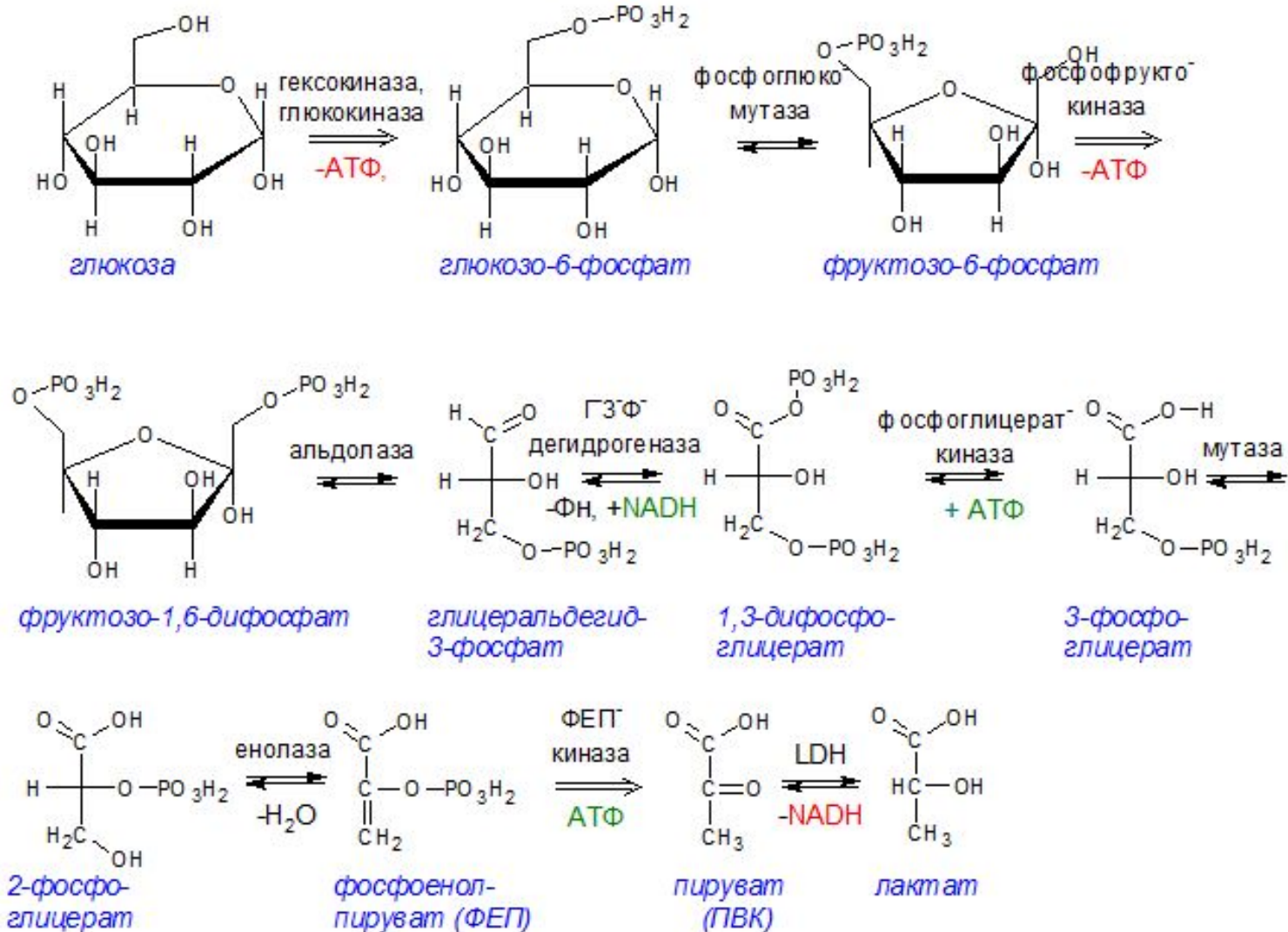


Классификация ферментов

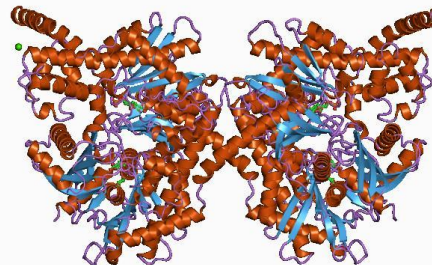
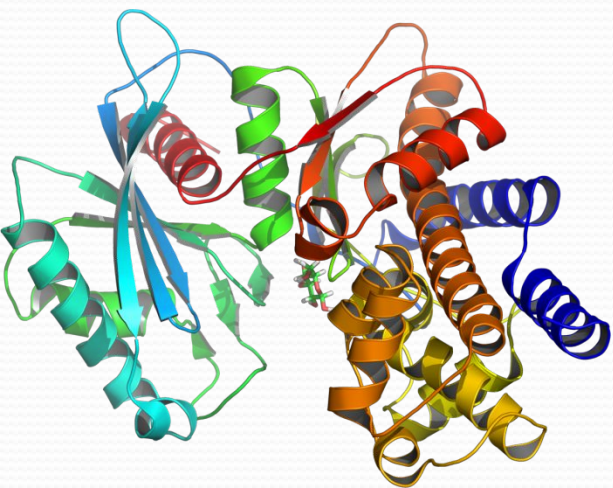
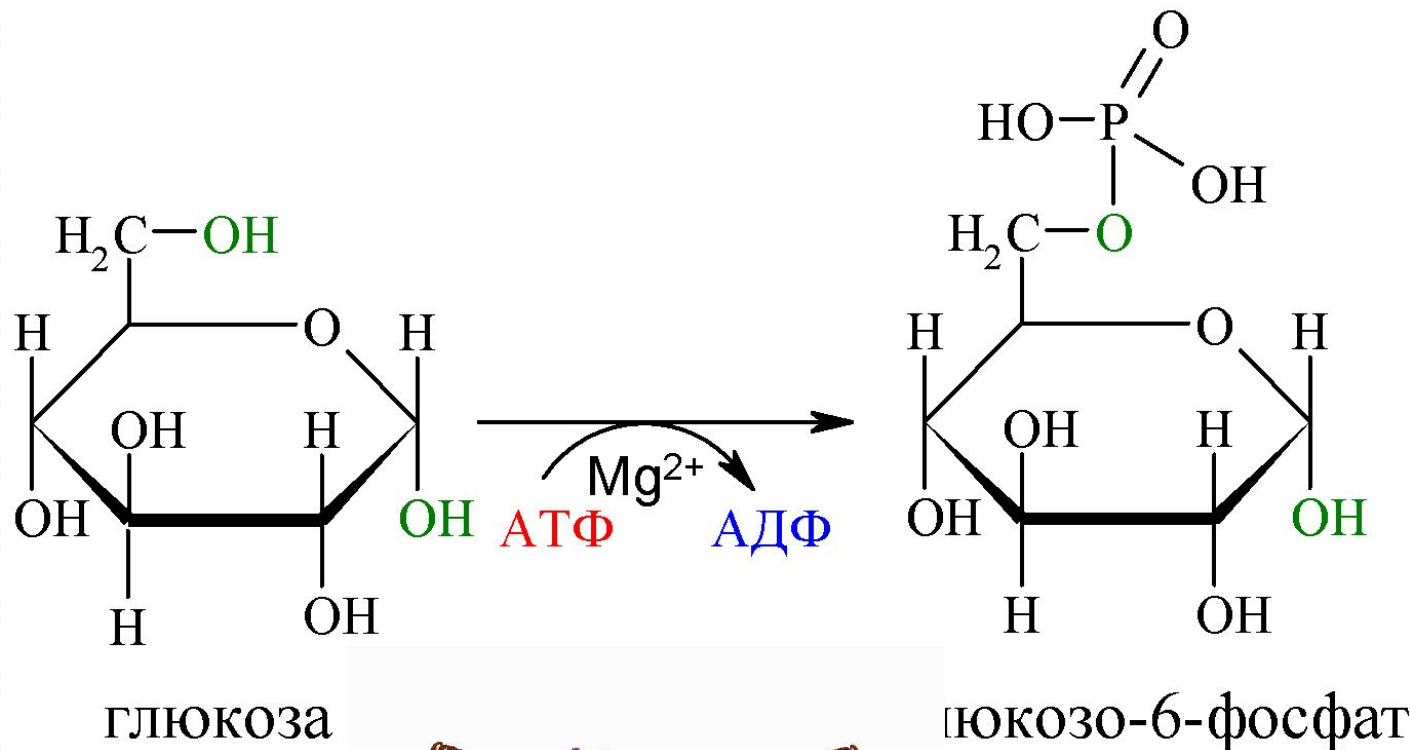
Классы ферментов	Катализируемая реакция	Примеры ферментов или их групп
Оксидоредуктазы	Перенос атомов водорода или электронов от одного вещества к другому.	Дегидрогеназа, оксидаза
Трансферазы	Перенос определенной группы атомов -метильной, ацильной, фосфатной или аминогруппы-одного вещества к другому	Трансаминаза, киназа
Гидролазы	Реакции гидролиза	Липаза, амилаза, пептидаза
Лиазы	Негидролитическое присоединение к субстрату или отщепление от него группы атомов. При этом могут разрываться связи C-C, C-N, C-O или C-S	Декарбоксилаза, фумараза, альдолаза
Изомеразы	Внутримолекулярная перестройка	Изомераза, мутаза
Лигазы	Соединение двух молекул в результате образования новых связей, сопряженное с распадом АТФ	Синтетаза

Гликолиз или Брожение

● Схема гликолиза

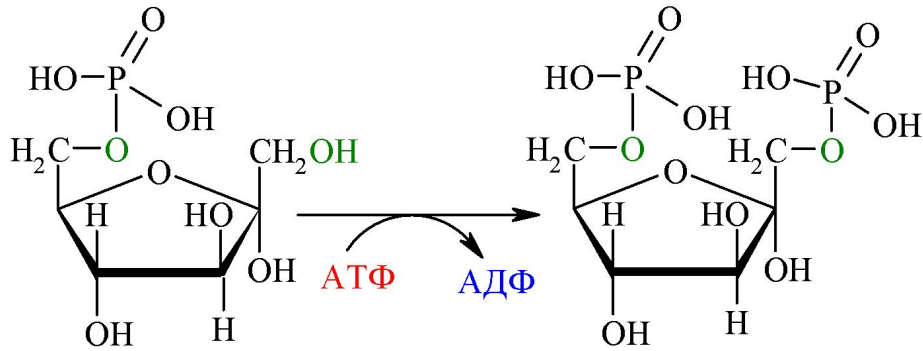


Первая реакция



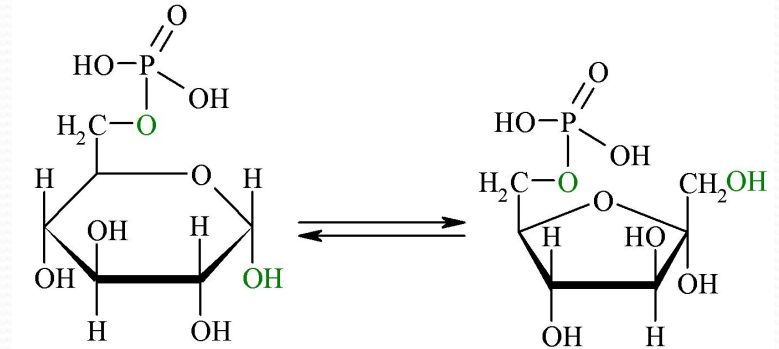
Гексокиназа. Всего в организме существует 4 изоформы этого фермента. IV форма носит название Глюкокиназа и располагается она в печени (гепатоцитах).

Вторая и Третья реакции



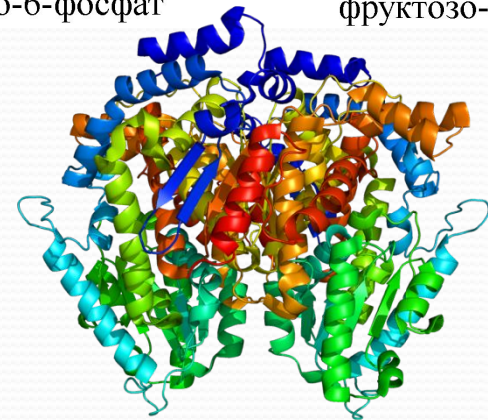
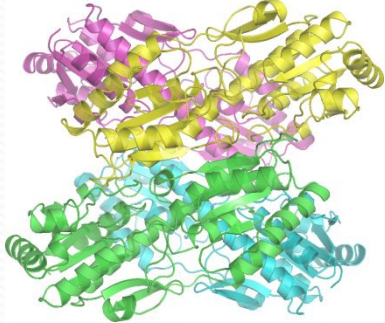
фруктозо-6-фосфат

фруктозо-1,6-бифосфат



глюкозо-6-фосфат

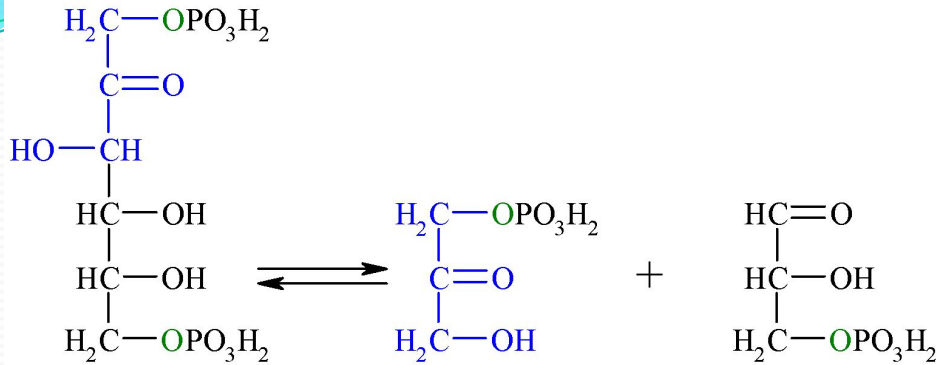
фруктозо-6-фосфат



У некоторых, как правило анаэробных, бактерий и протистов фосфоглюкозоизомераза в качестве донора фосфорильной группы для образования фруктозо-1,6-дифосфата использует пиродифосфорную кислоту (PP_i), а не АТФ. В растительных клетках имеется как АТФ-зависимая фосфоглюкозоизомераза, так и пиродифосфат-зависимая фосфоглюкозоизомераза (реакция, катализируемая последней, обратима). Пиродифосфат-зависимая фосфоглюкозоизомераза локализована в цитозоле и активируется в условиях стресса, при дефиците АТФ (например, при аноксии) и фосфорном голодании. Мутация в гене PFKM, кодирующем изоформу фосфоглюкозоизомеразы мышечного типа, приводит к болезни Таруи— нарушению хранения гликогена (гликогеноз), при котором снижена способность некоторых типов клеток использовать углеводы в качестве источника энергии.

Фосфоглюкозоизомераза катализирует обратимую изомеризацию глюкозо-6-фосфата (альдозы) во фруктозо-6-фосфат (кетозу).
Механизм этой реакции включает в себя образование промежуточного енодиольного соединения. Эта реакция одинаково хорошо идёт в обоих направлениях

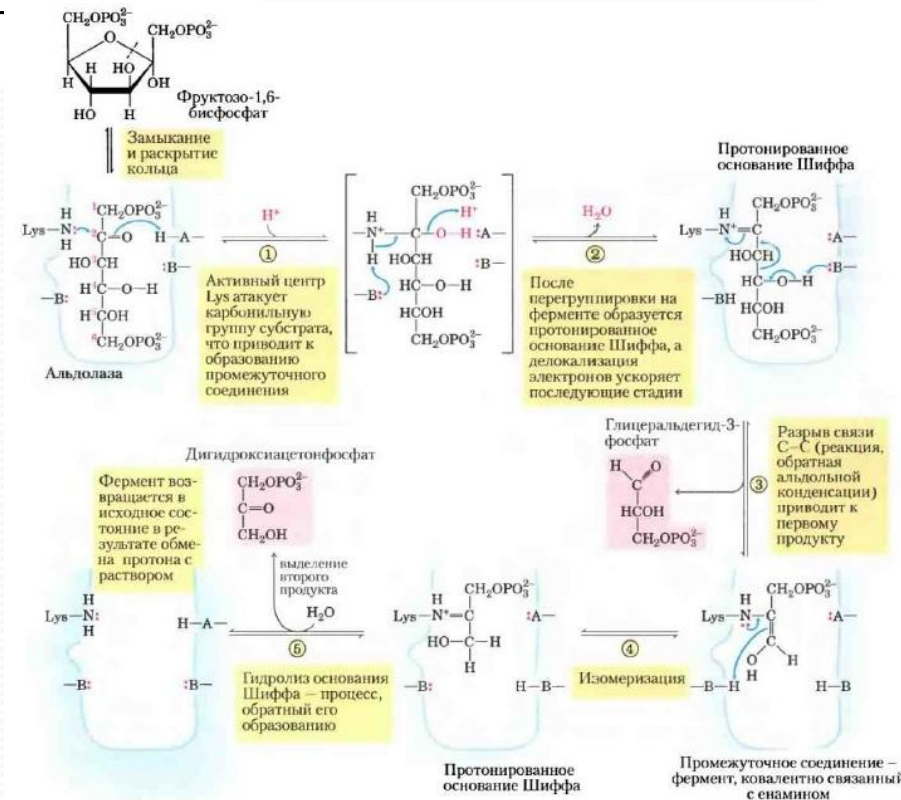
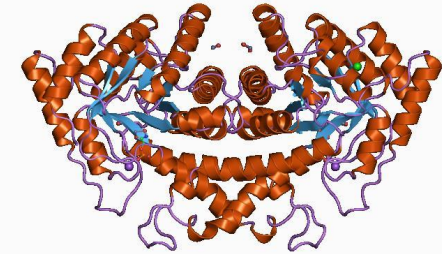
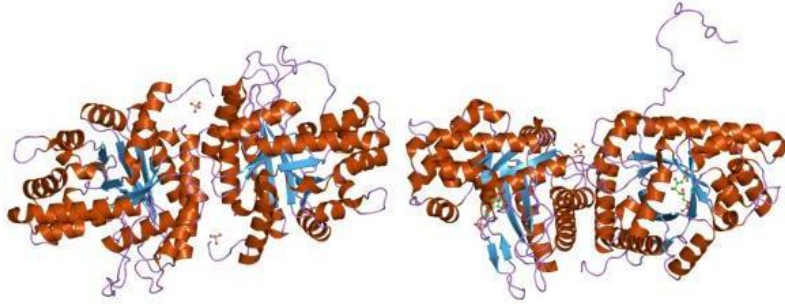
Четвертая реакция



фруктозо-1,6-
бисфосфат

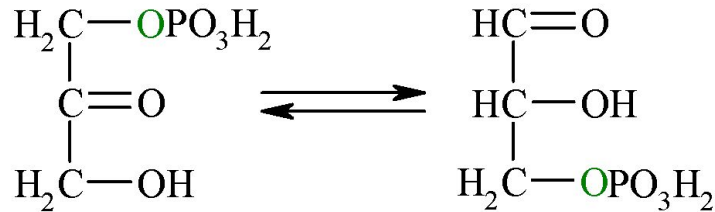
диоксиацетон-
фосфат

глицеральдегид-3-
фосфат



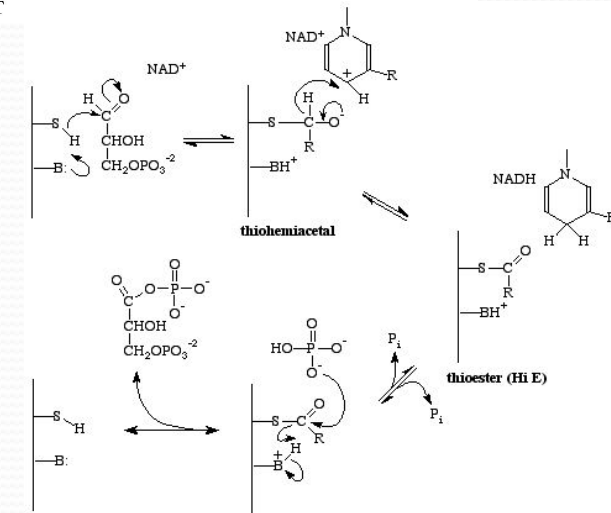
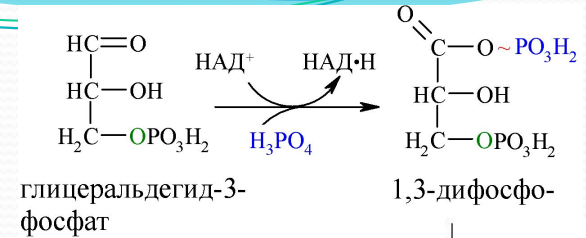
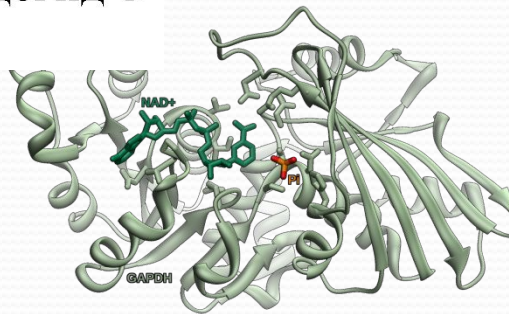
Существуют 2 класса альдоз. Альдозы класса I имеются у животных и растений, их работа сопровождается образованием промежуточного основания Шиффа. Альдозы класса II имеются у грибов и бактерий, при их работе промежуточных оснований Шиффа не образуется. Вместо этого ион цинка в активном сайте фермента связывается с атомом кислорода карбонильной группы при C-2. Ион Zn^{2+} поляризует карбонильную группу и стабилизирует енольное промежуточное соединение, образуемое при разрыве связи C—C

реакции



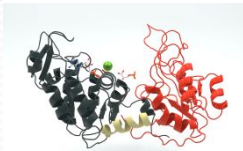
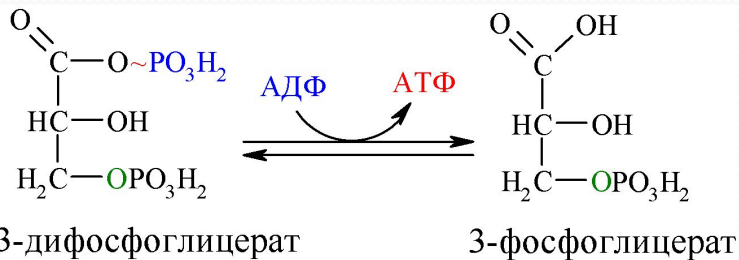
диоксиацетон-фосфат

глицеральдегид-3-фосфат



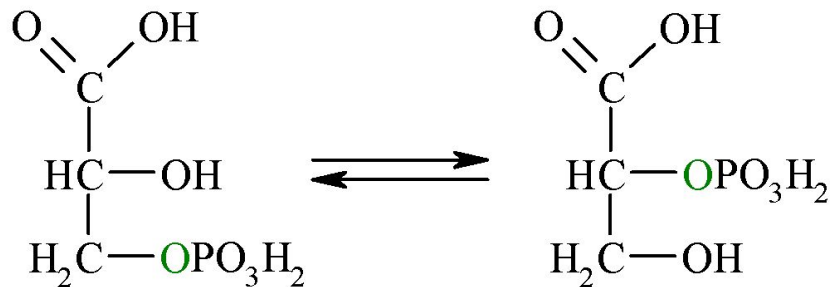
Количество NADH^+ в клетке ($< 10^{-5} \text{ M}$) гораздо меньше, чем количество глюкозы, расщепляемой за несколько минут. Если NADH , образующийся на этой стадии гликолиза, не будет постоянно расходоваться (то есть окисляться), то гликолиз останавливается.

Этот фермент получил своё название за обратную реакцию, при которой происходит перенос фосфатной группы с АТФ на 3-фосфоглицерат. Он катализирует оба направления реакции. Реакцию фосфорилирования 3-фосфоглицерата он катализирует при глюконеогенезе и при фотосинтетическом поглощении CO_2



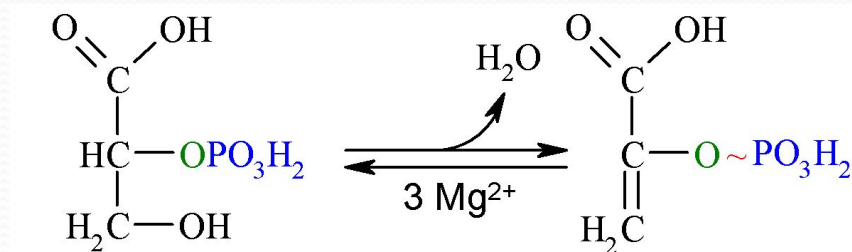
Механизм этой реакции схож с механизмом реакции, катализируемой фосфогексоизомеразой на стадии 2

Восьмая и Девятая реакции



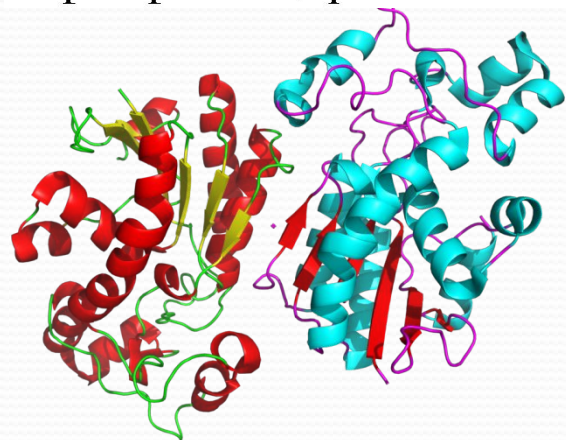
3-фосфоглицерат

2-фосфоглицерат

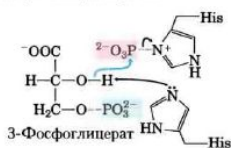


2-фосфоглицерат

фосфоенолпируват



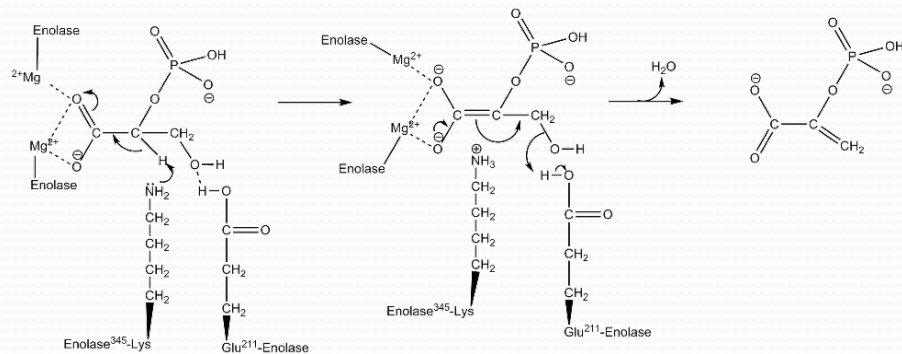
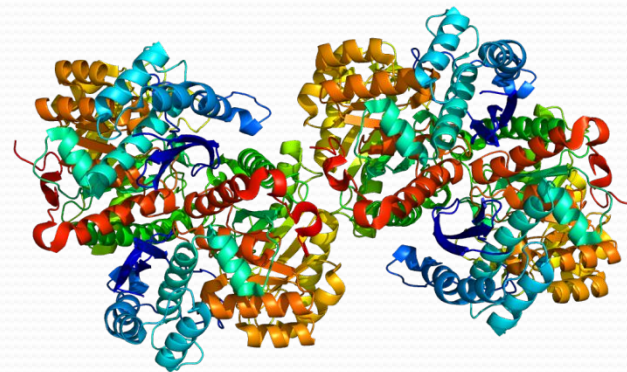
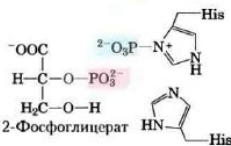
Фосфоглицератмутаза



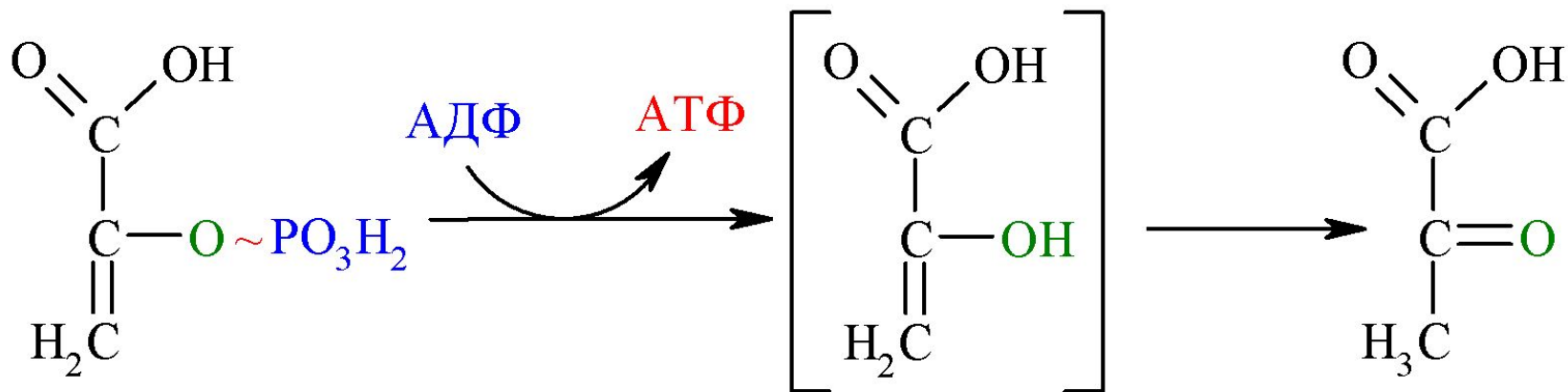
① Происходит перенос фосфатной группы с активного центра His на C-2(OH) субстрата. Второй активный центр His участвует в основном катализе.



② Фосфатная группа переносится с C-3 субстрата на первый активный центр His. Второй активный центр участвует в кислотном катализе.



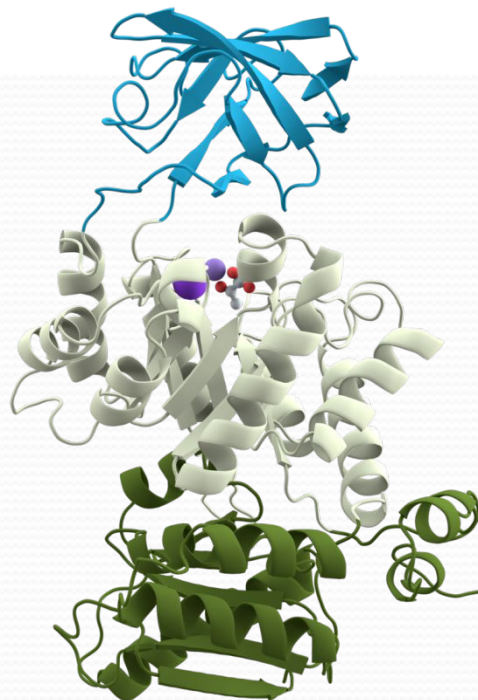
Юбилейная Десятая реакция



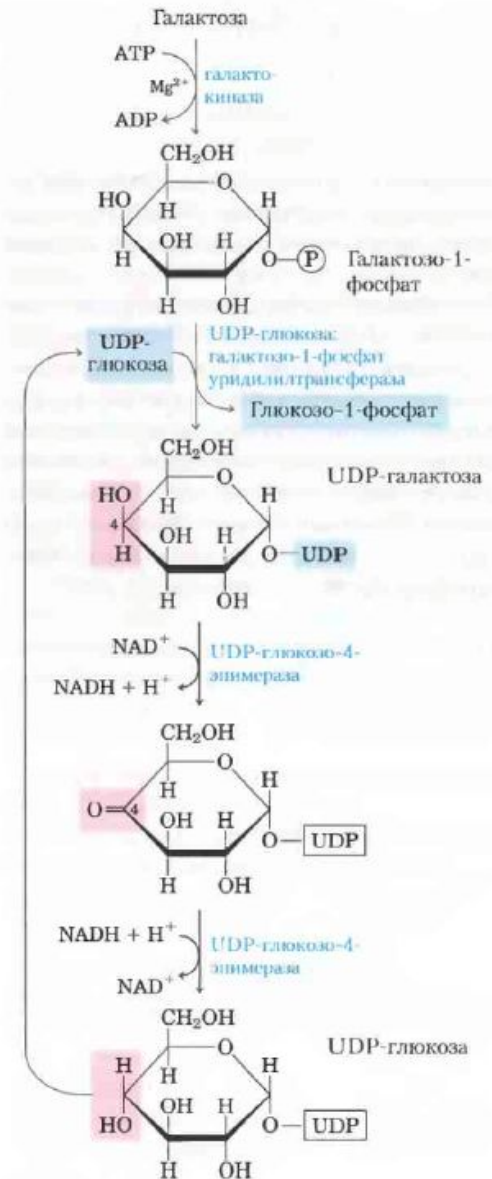
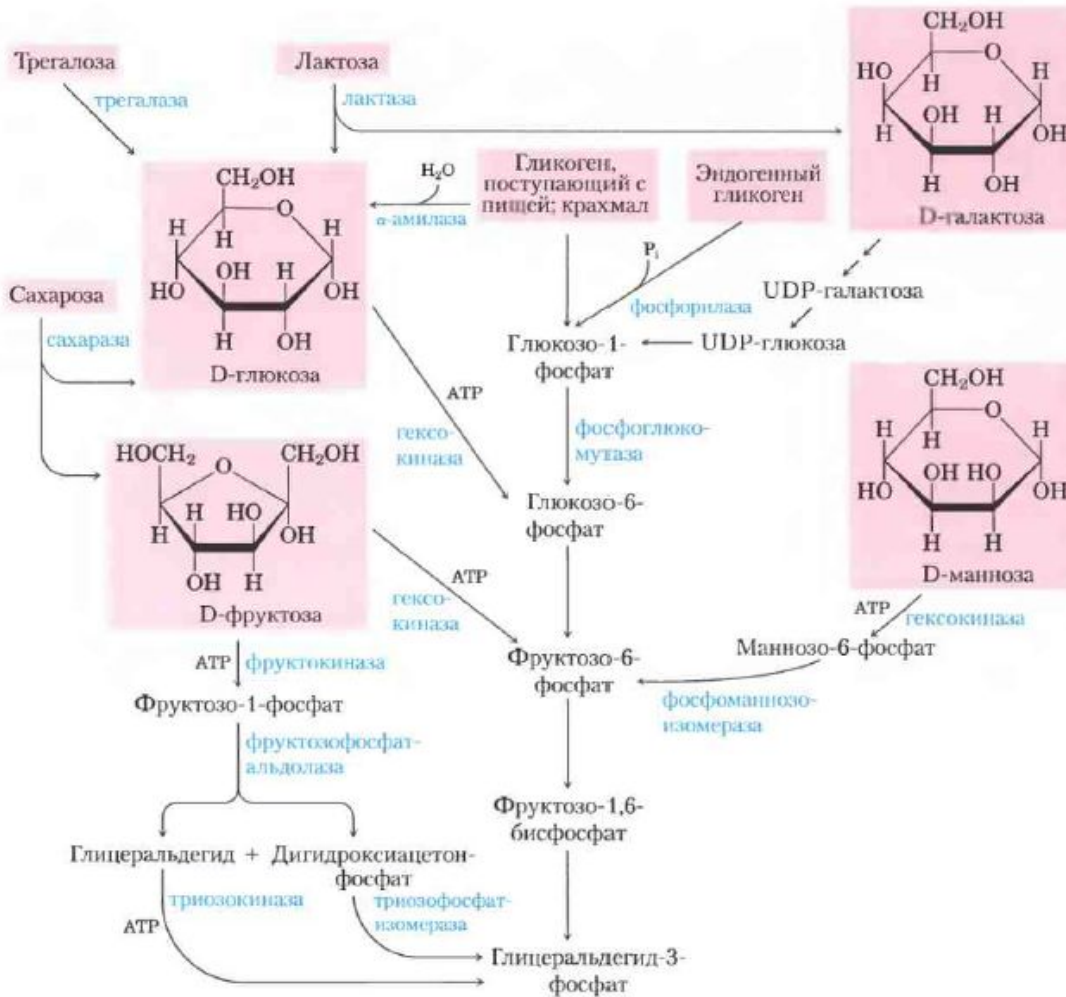
фосфоенолпируват

енольная форма
пирувата

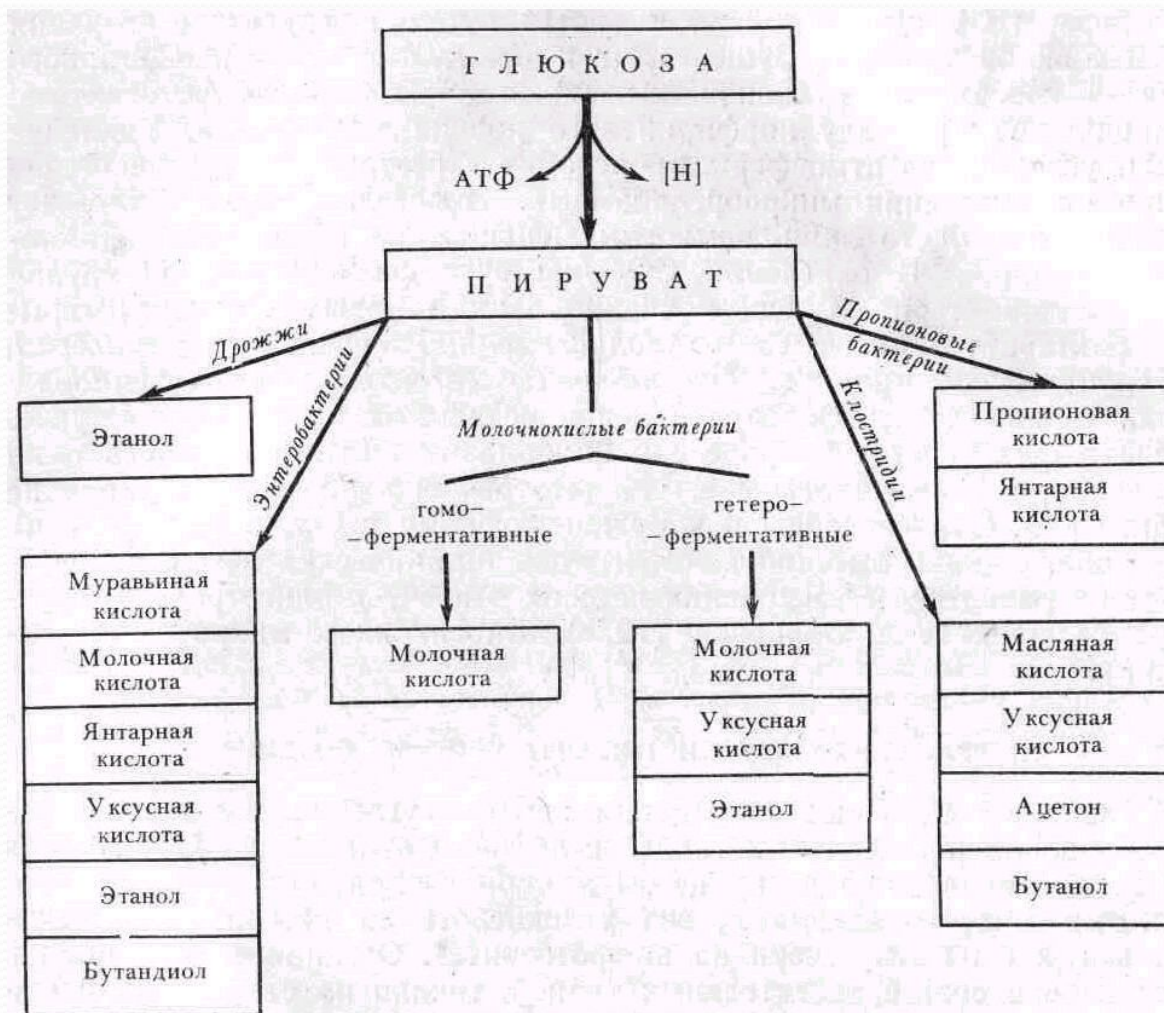
пируват
(кето-форма)



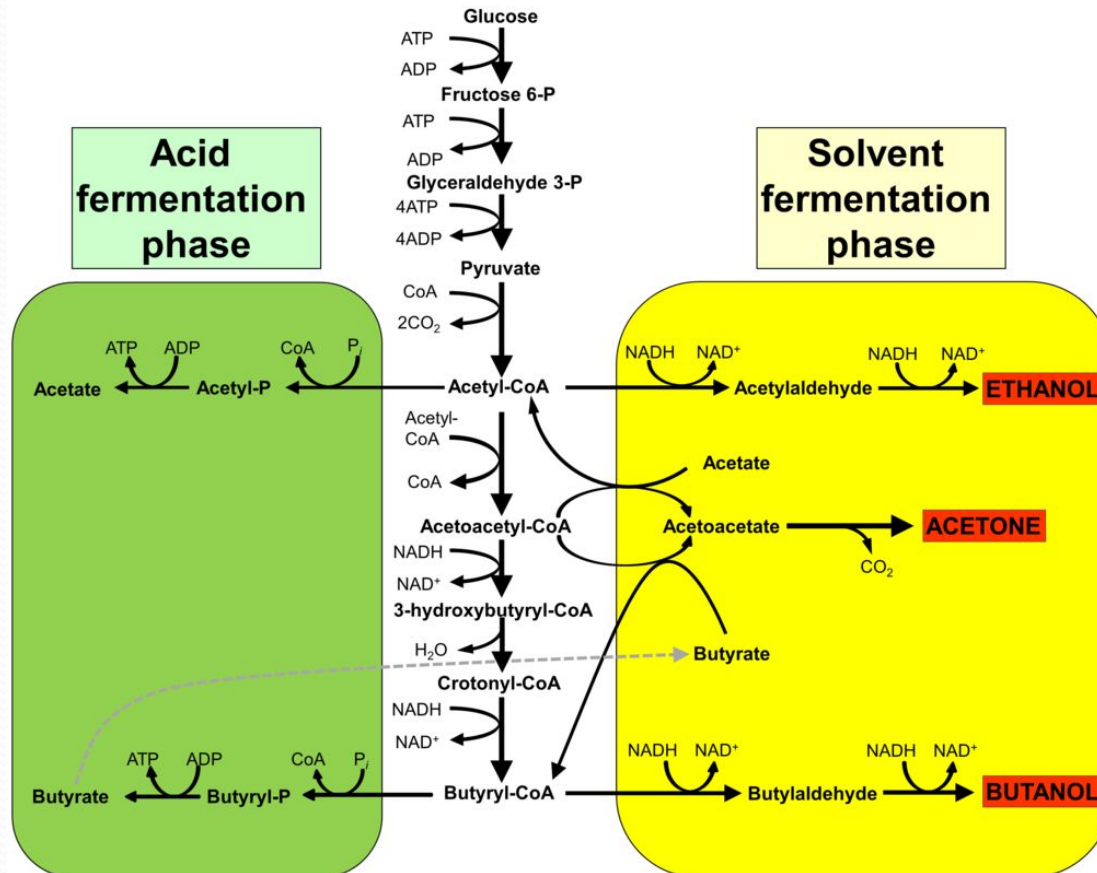
Вовлечение других сахаров в гликолиз



Другие типы брожения

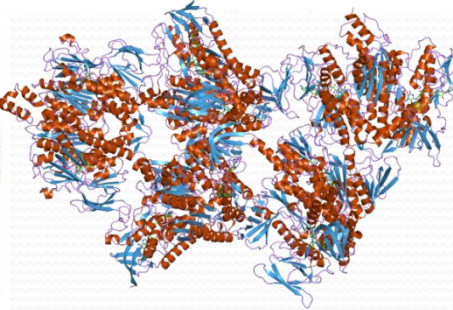
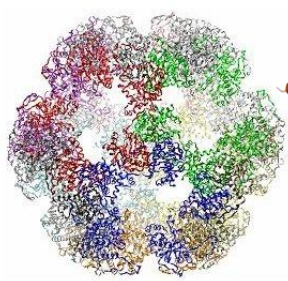
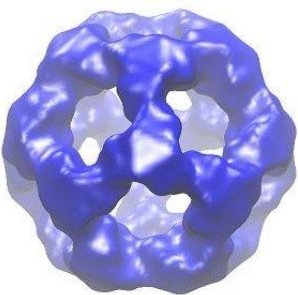
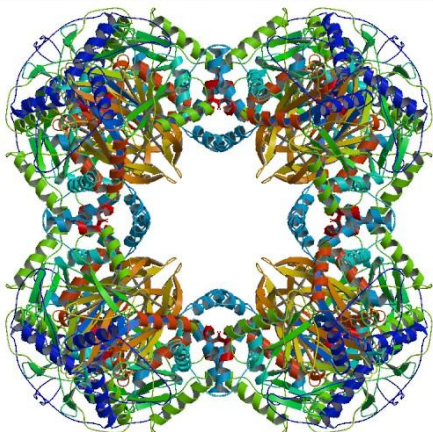
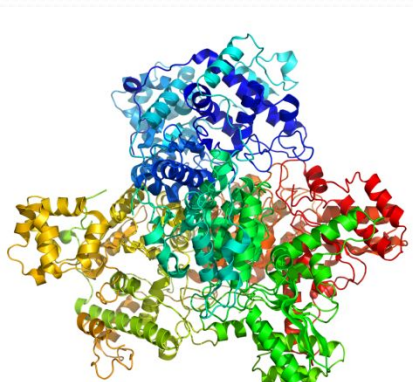
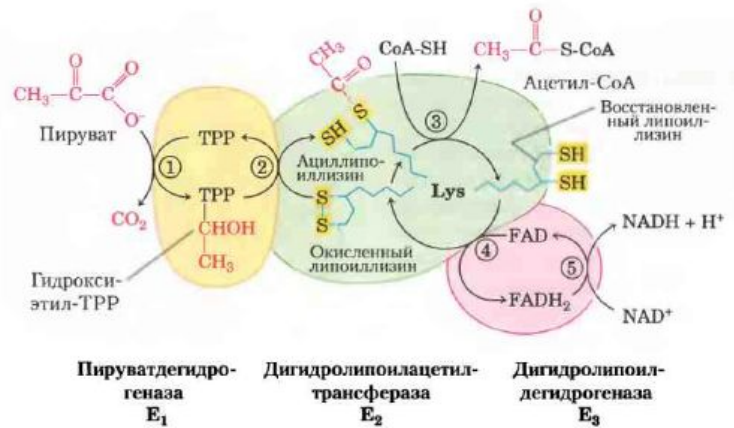
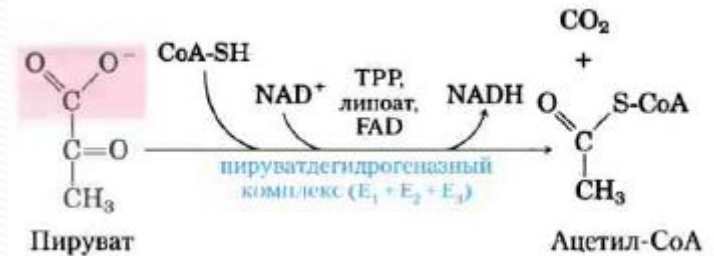
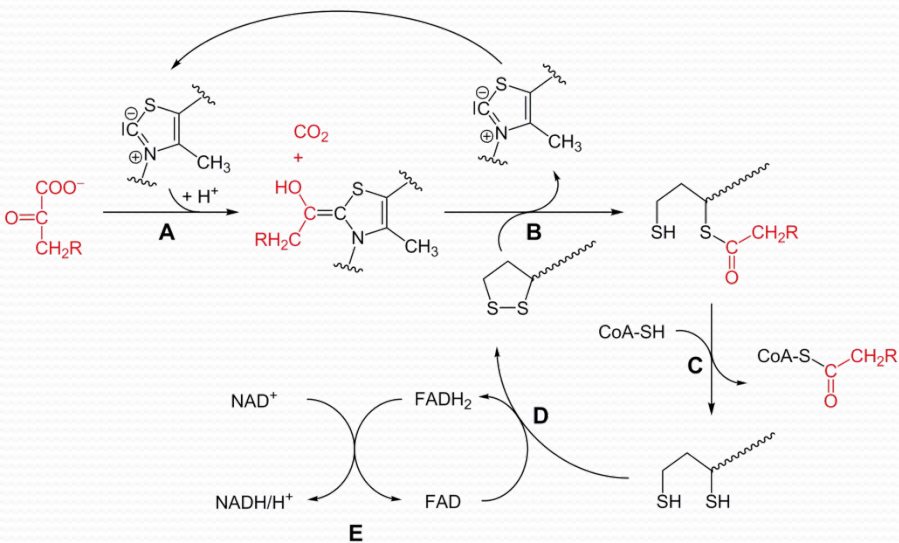


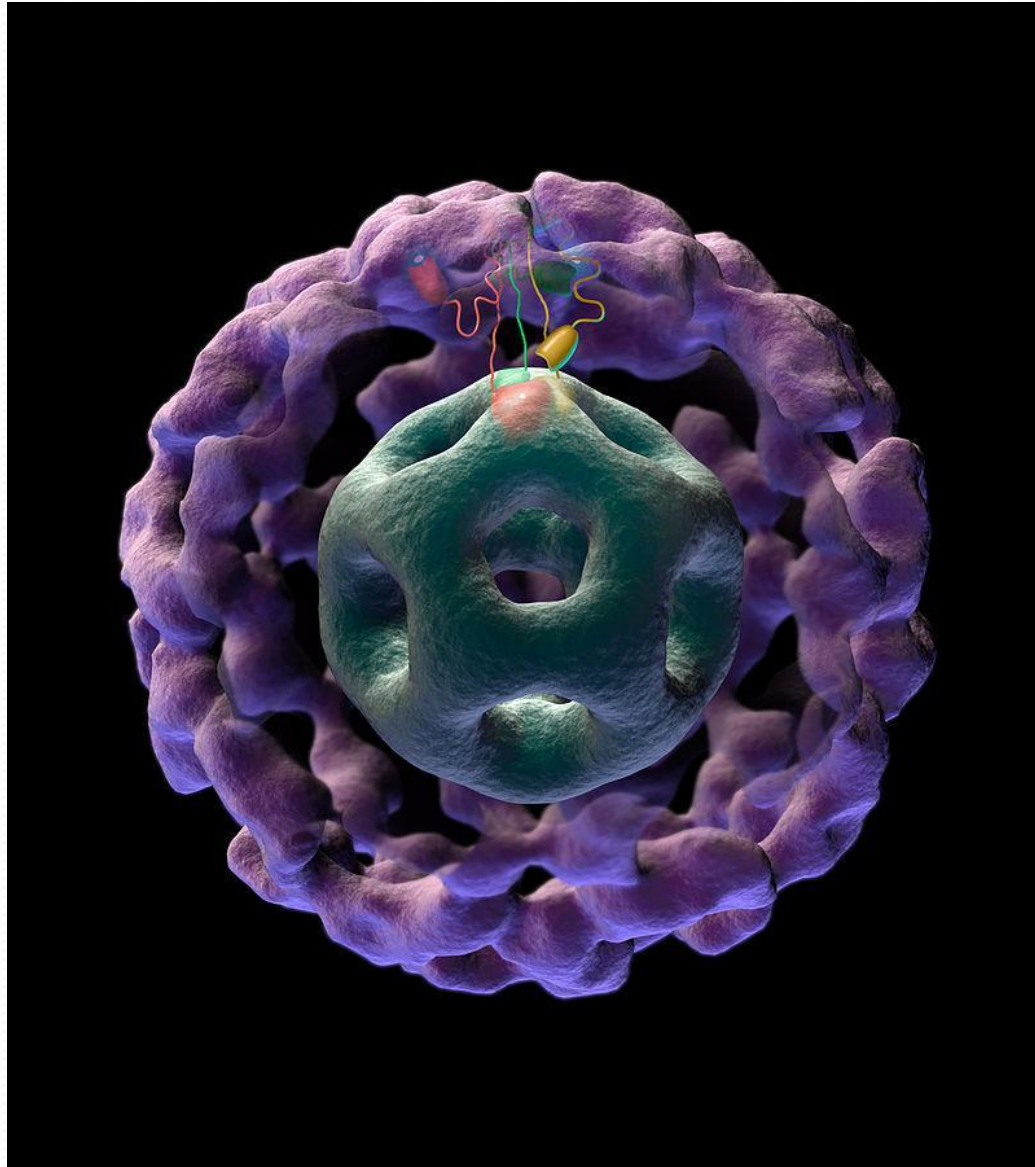
КЛОСТРИДИЕВЫХ, МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ И ДРОЖЕЙ.



Декарбоксилирование Пирувата

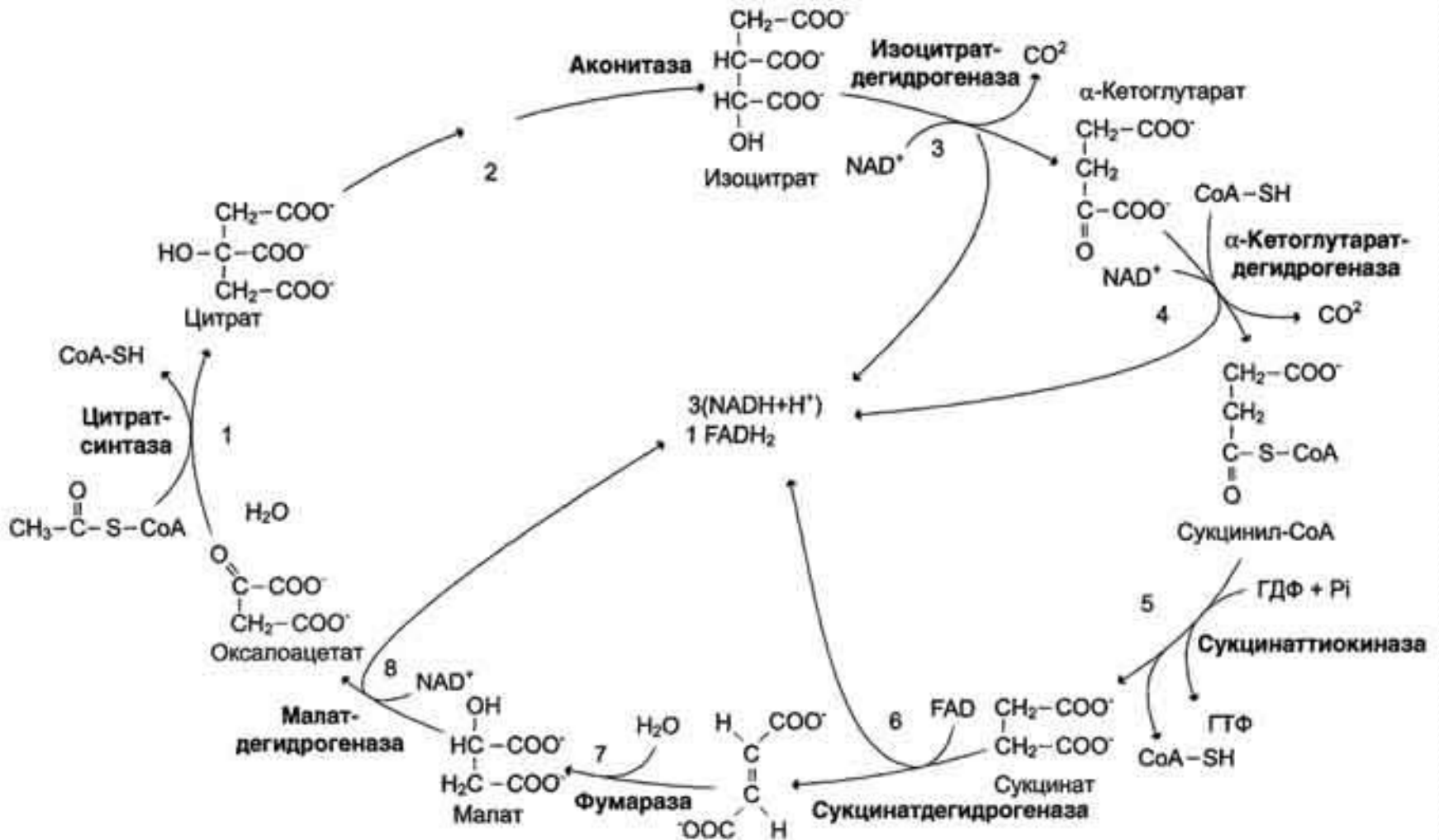
Цикл Кребса. Начало. Необратимые изменения



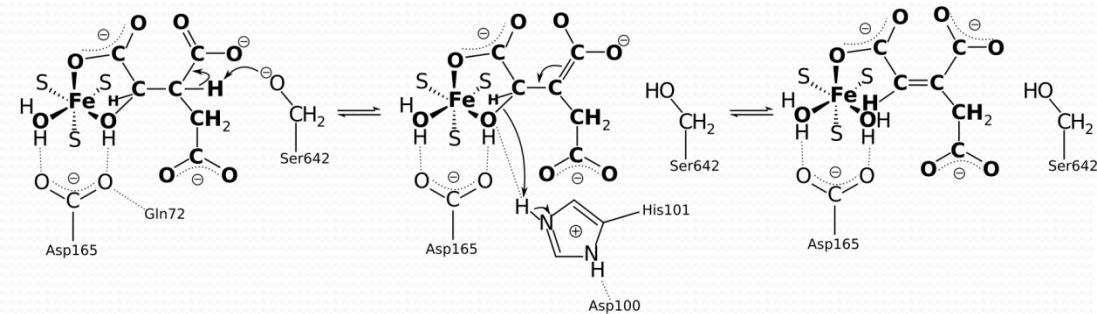
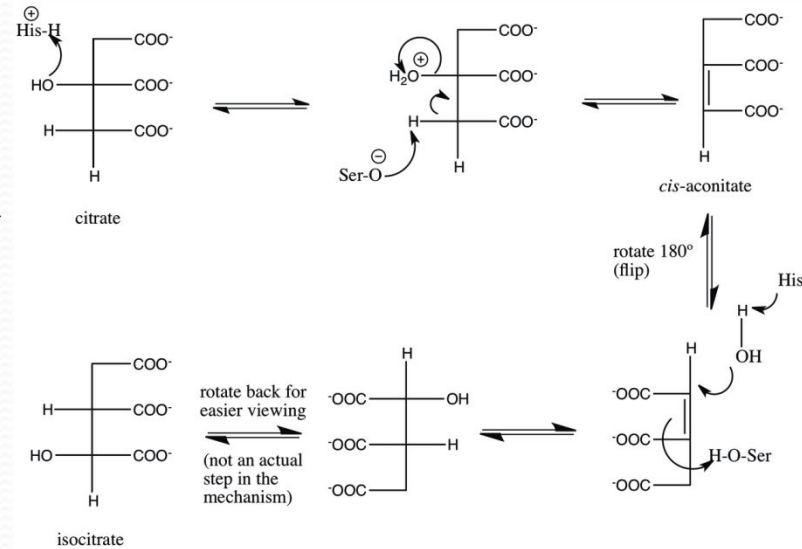
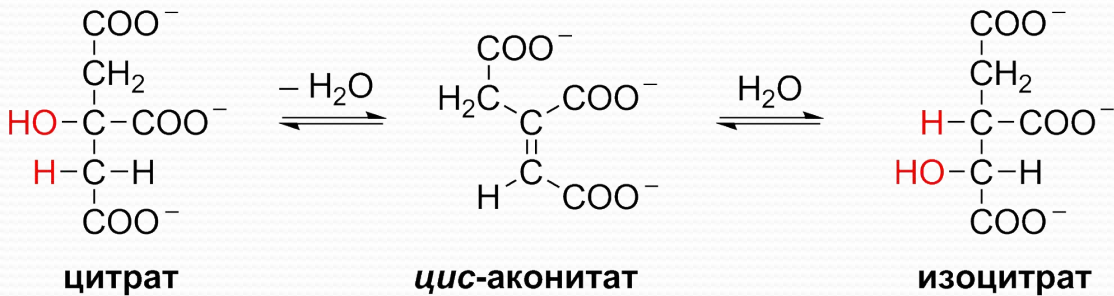


Цикл Трикарбоновых кислот.

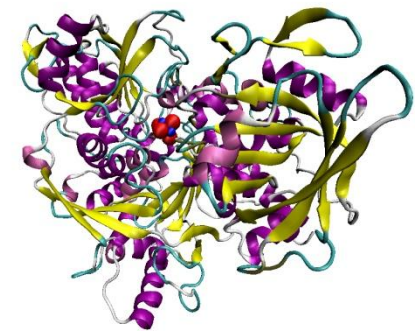
Цикл Кребса



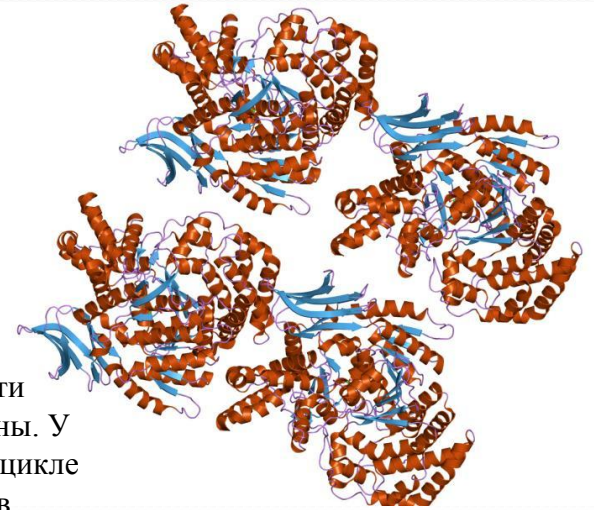
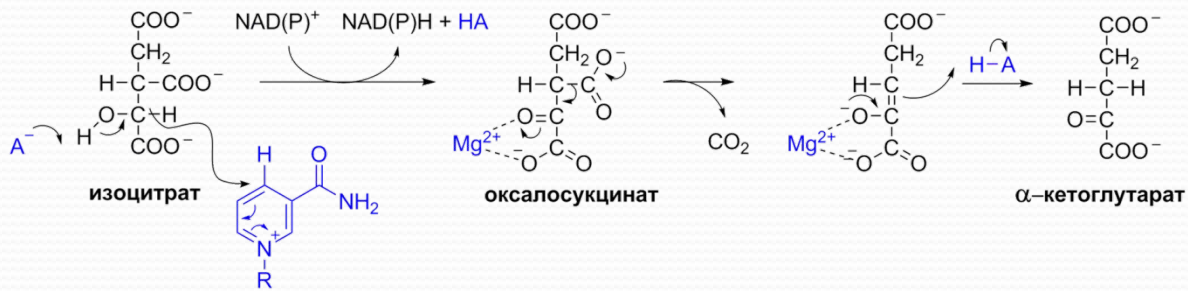
Вторая реакция



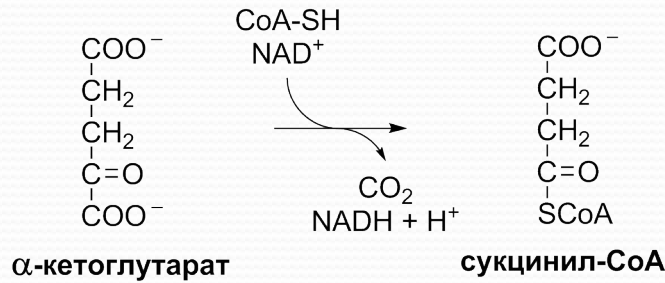
Аконитаза содержит *железосерный кластер*, который служит как для связывания субстрата в активном центре, так и для каталитической гидратации или дегидратации. В клетках, не содержащих достаточного количества железа, аконитаза утрачивает свой железосерный кластер и приобретает регуляторную роль в метаболизме железа



реакция

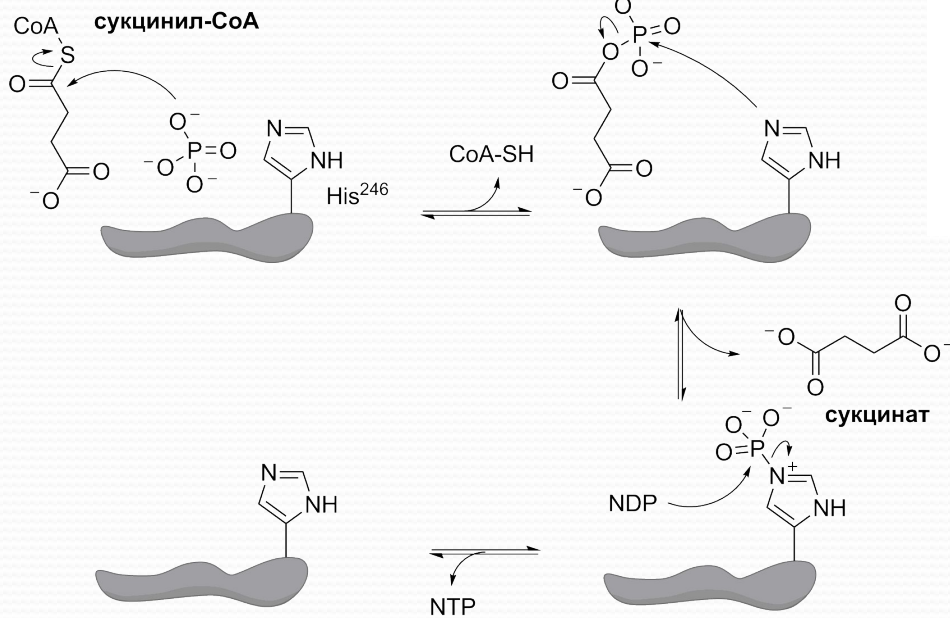
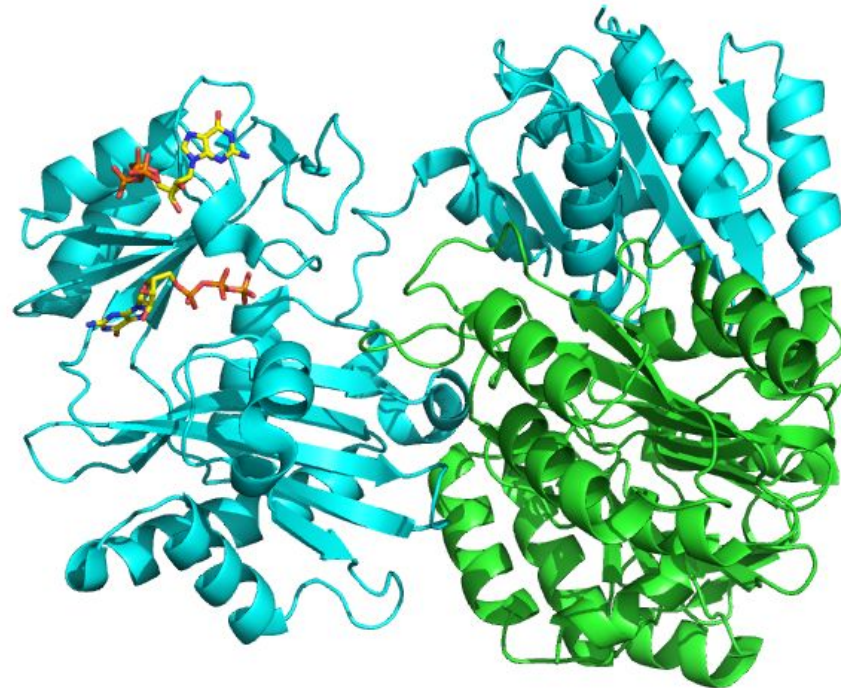
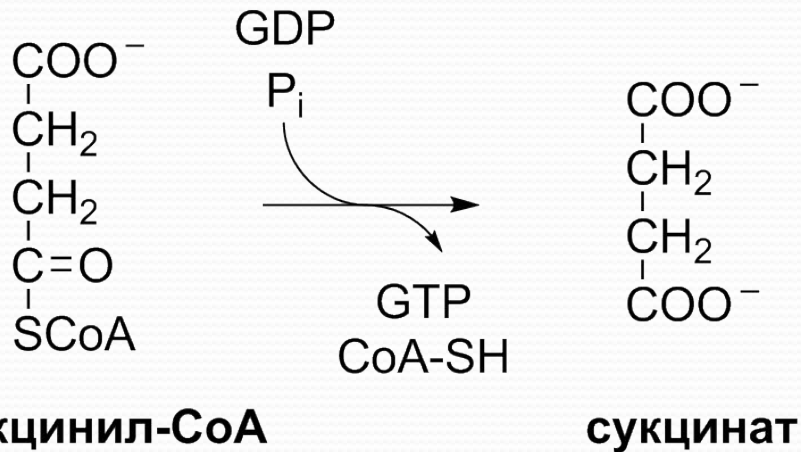


В клетках обнаружены две различных формы (изозима) исоцитратдегидрогеназы. Для функционирования одной из них нужен НАД⁺, для другой — НАДФ⁺ (причём для активности последней нужен ион Mg²⁺, а не Mn²⁺). Осуществляемые ими реакции в остальном идентичны. У эукариот НАД-зависимый изозим локализован в митохондриальном матриксе и участвует в цикле трикарбоновых кислот. Главной функцией НАДФ-зависимого изозима, встречающегося как в митохондриальном матриксе, так и в цитозоле, возможно, является образование НАДФН, который необходим для восстановительных анаболических процессов



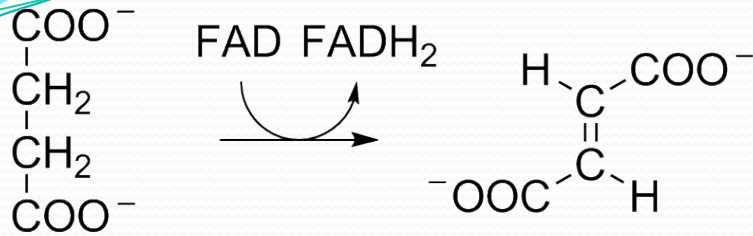
Эта реакция практически идентична пируватдегидрогеназной реакции окислительного декарбоксилирования пирувата, а α -кетоглутаратдегидрогеназный комплекс чрезвычайно близок к пируватдегидрогеназному комплексу (ПДК) по структуре и функциям.

Пятая реакция



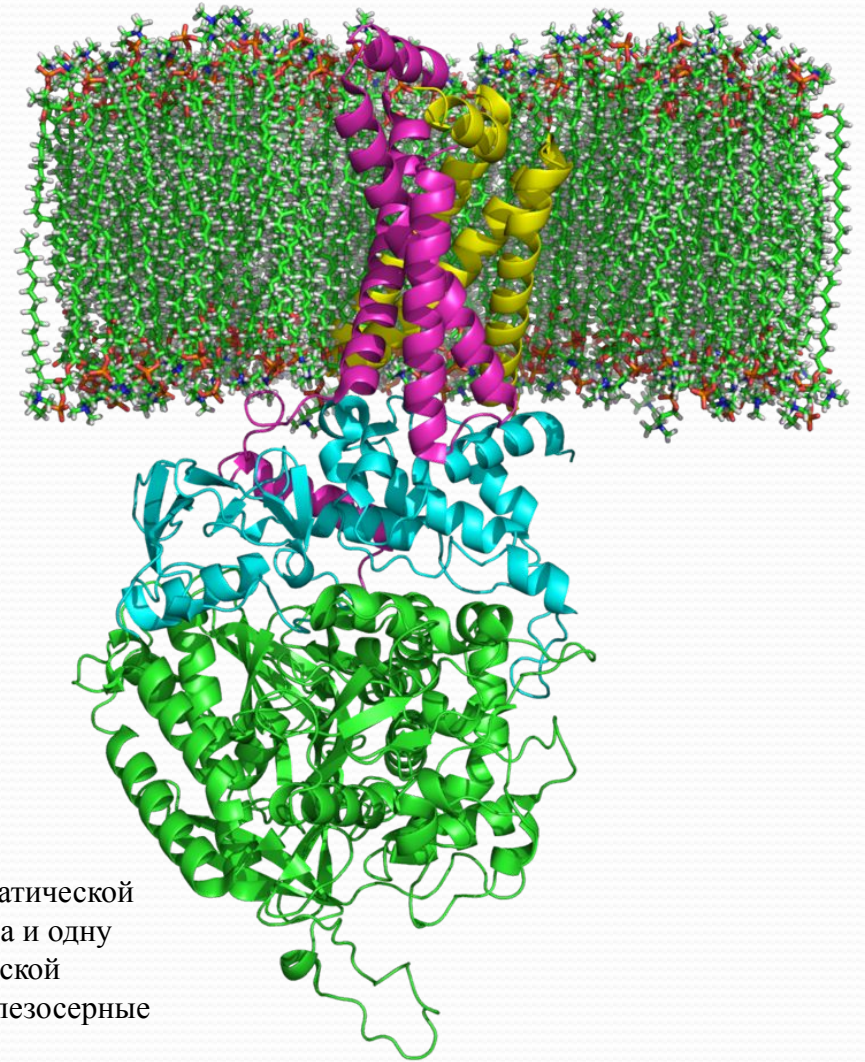
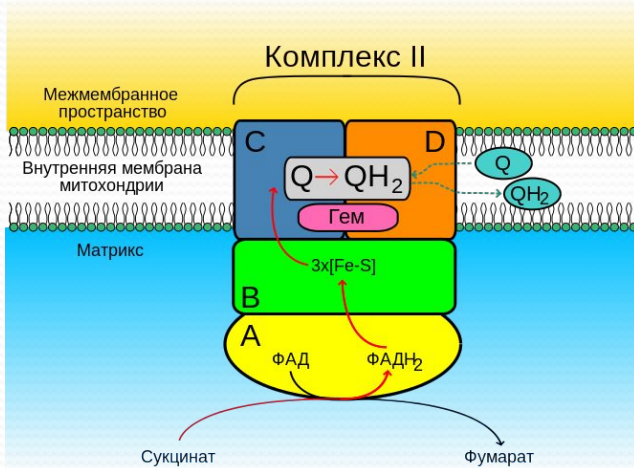
Эта энергозапасующая реакция включает промежуточные этапы, на которых молекула фермента сама становится фосфорилированной по остатку гистидина в активном центре. Эта фосфорильная группа, которая имеет высокий потенциал для переноса, переносится на АДФ или ГДФ с образованием АТФ или ГТФ соответственно.

Шестая реакция



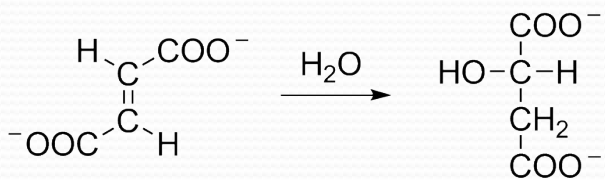
сукцинат

фумарат



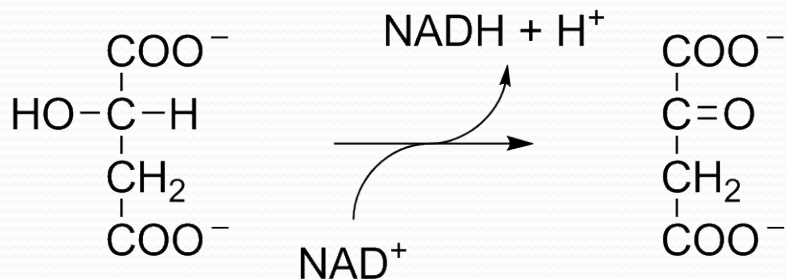
У эукариот сукцинатдегидрогеназа прочно связана со внутренней митохондриальной мембраной, у бактерий она располагается на плазматической мембране. Этот фермент содержит 3 различных железосерных кластера и одну молекулу ковалентно связанного с ним ФАД, являющегося простетической группой фермента. Электроны от сукцината проходят через ФАД и железосерные кластеры, а далее они в составе переносчиков электронов попадают на дыхательную электронтранспортную цепь, расположенную на внутренней мембране митохондрий (плазматической мембране у бактерий). ФАД при этом восстанавливается до ФАДН₂, однако дальнейшим акцептором электронов является убихинон

реакции



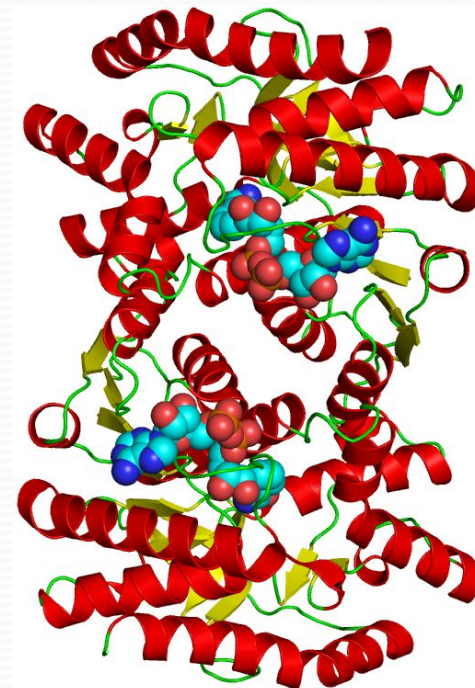
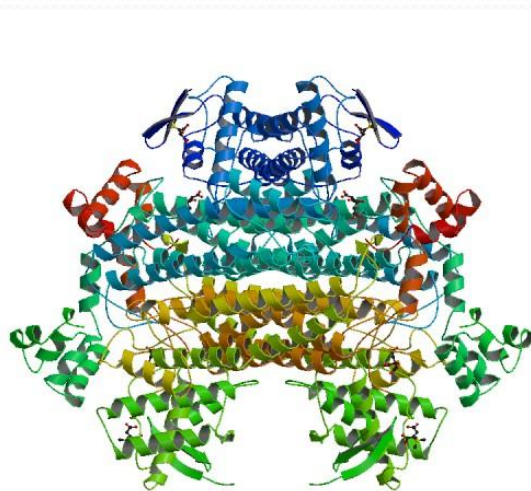
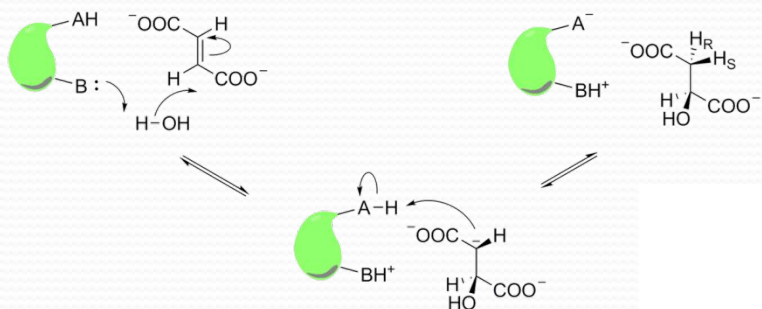
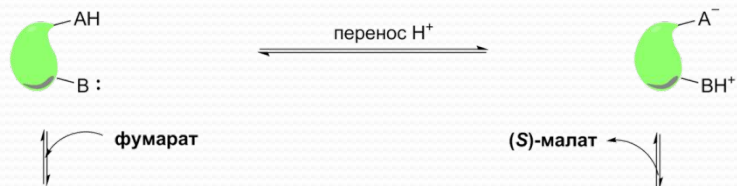
фумарат

малат

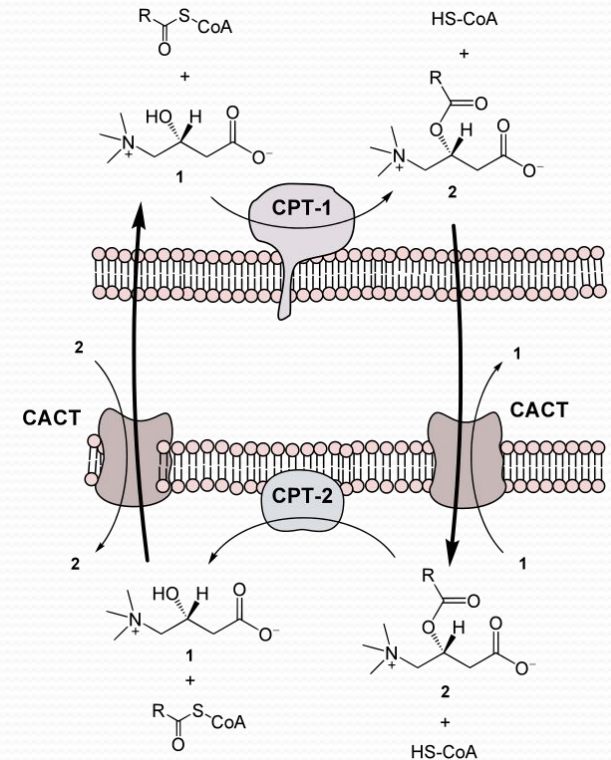
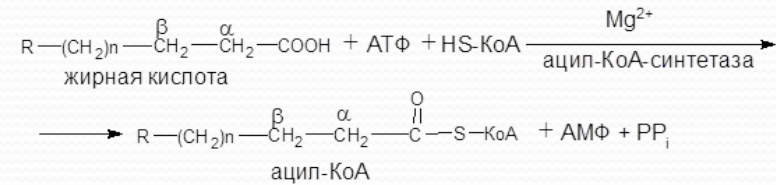
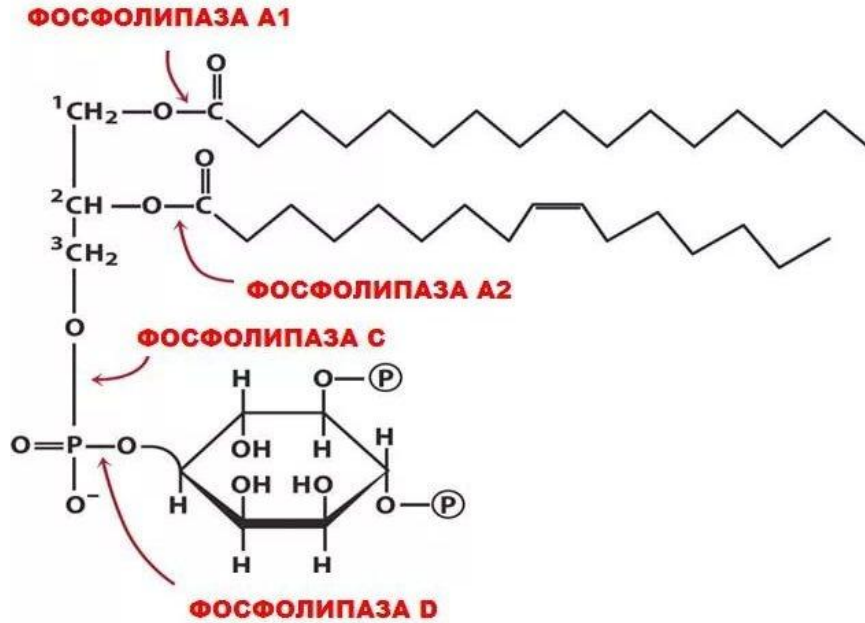


малат

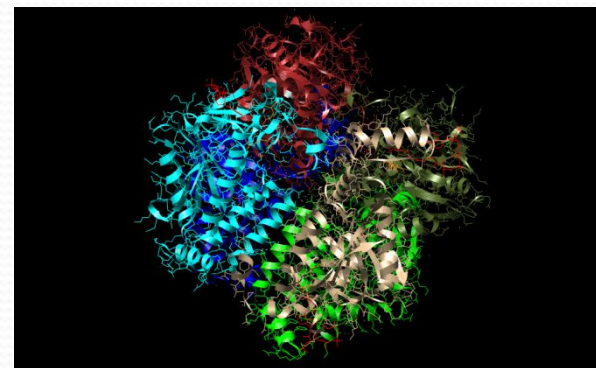
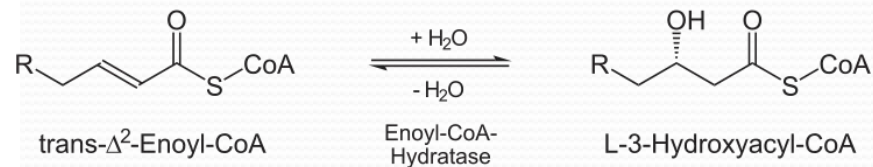
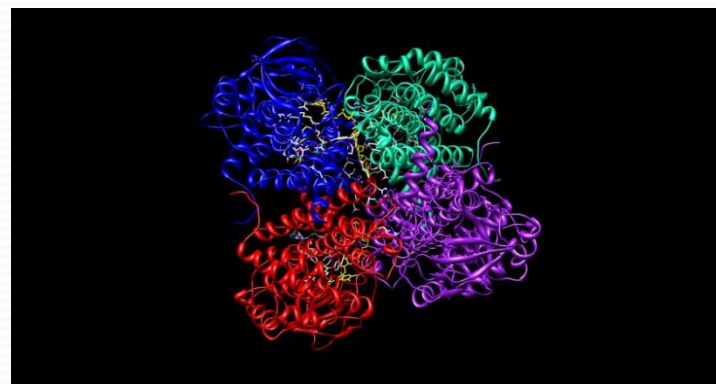
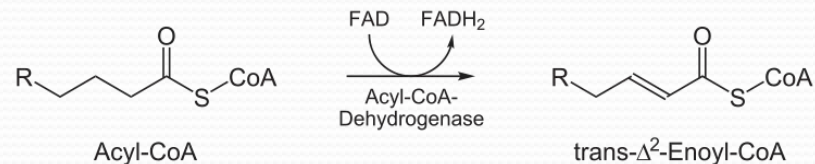
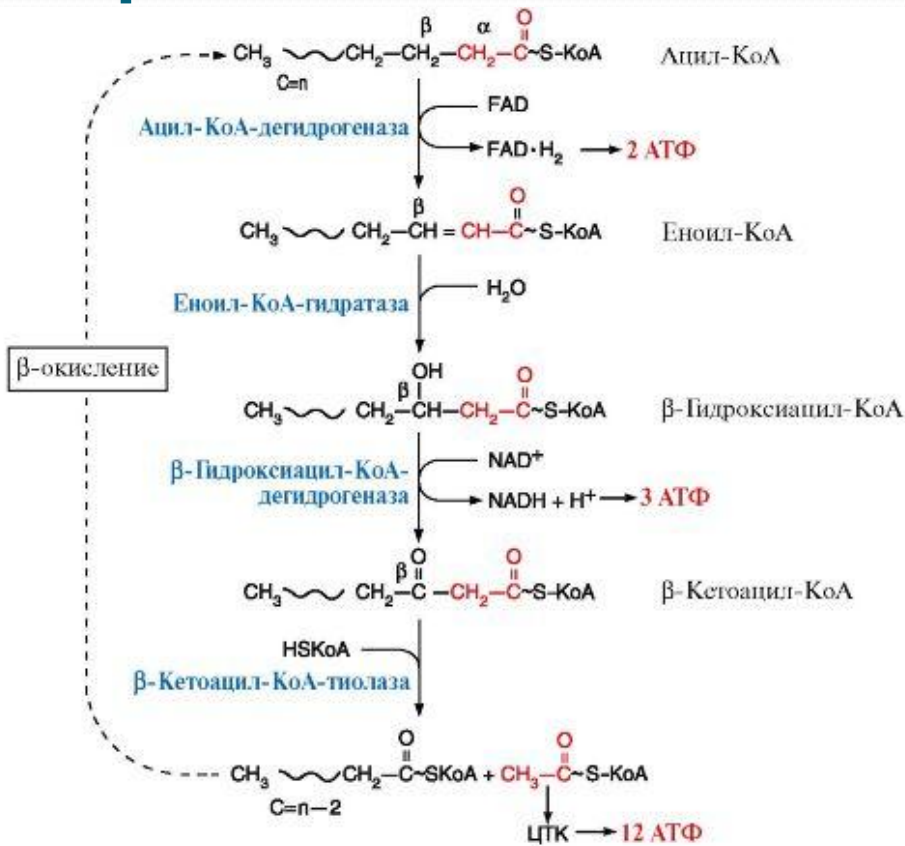
оксалоацетат



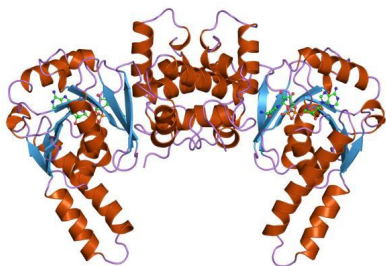
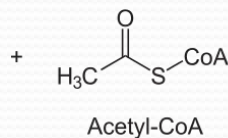
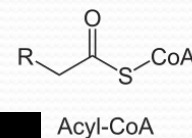
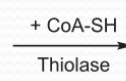
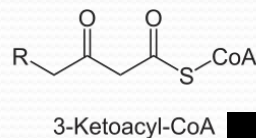
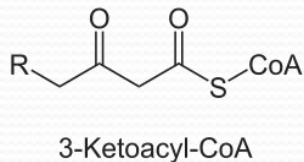
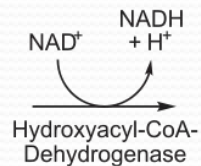
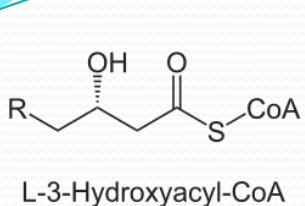
Катаболизм Жиров и активация ЖК



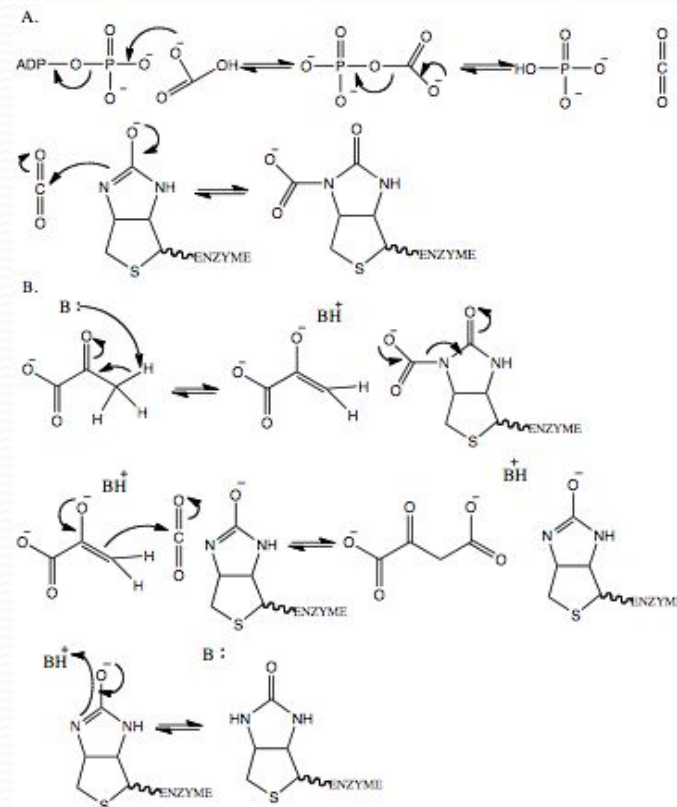
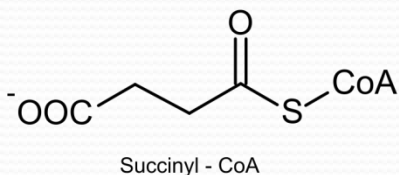
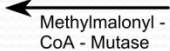
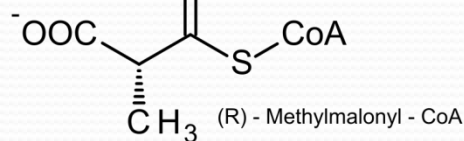
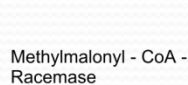
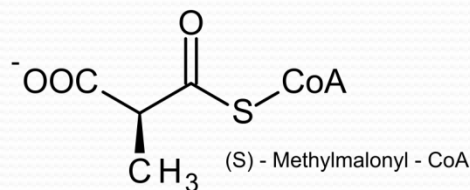
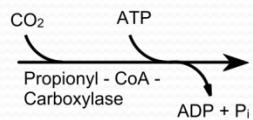
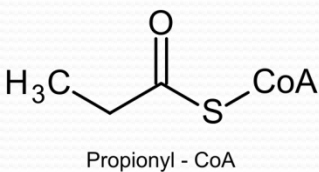
β-окисление жирных кислот



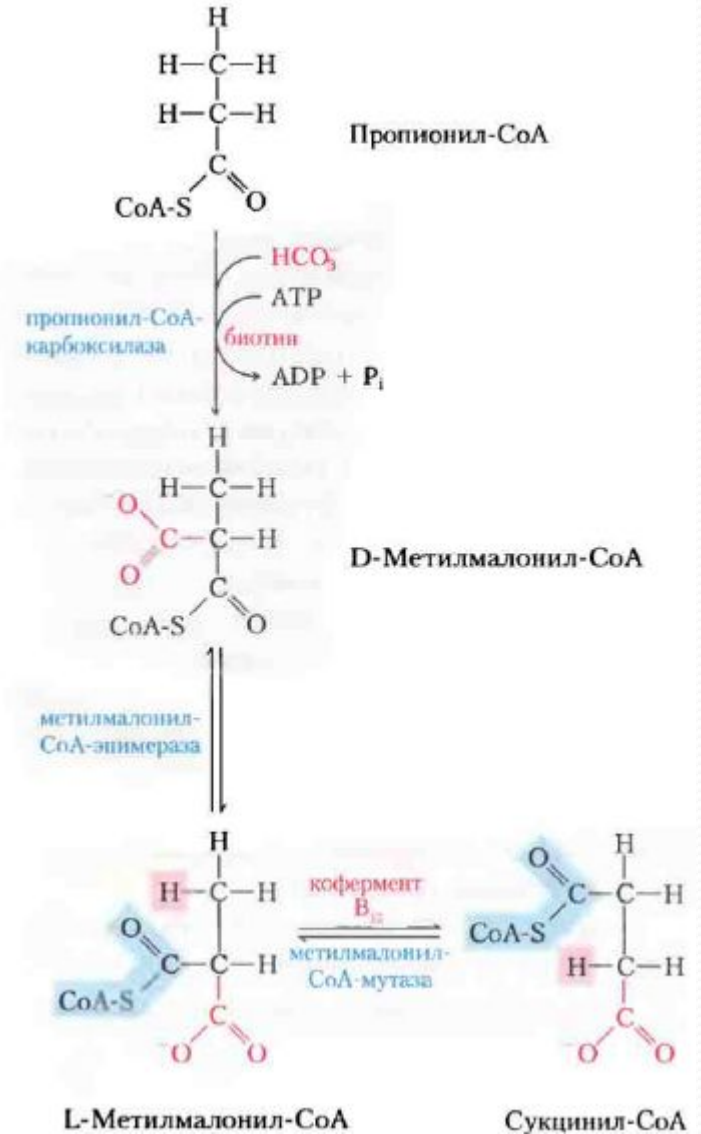
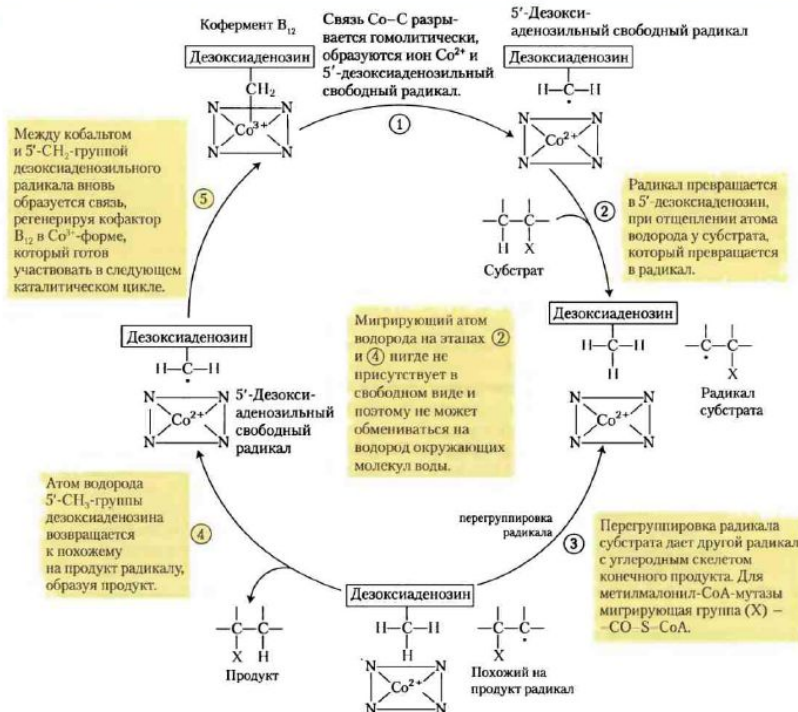
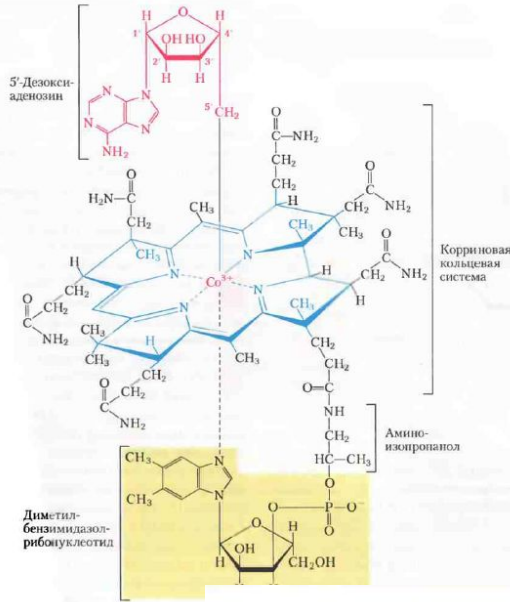
β-окисление жирных кислот



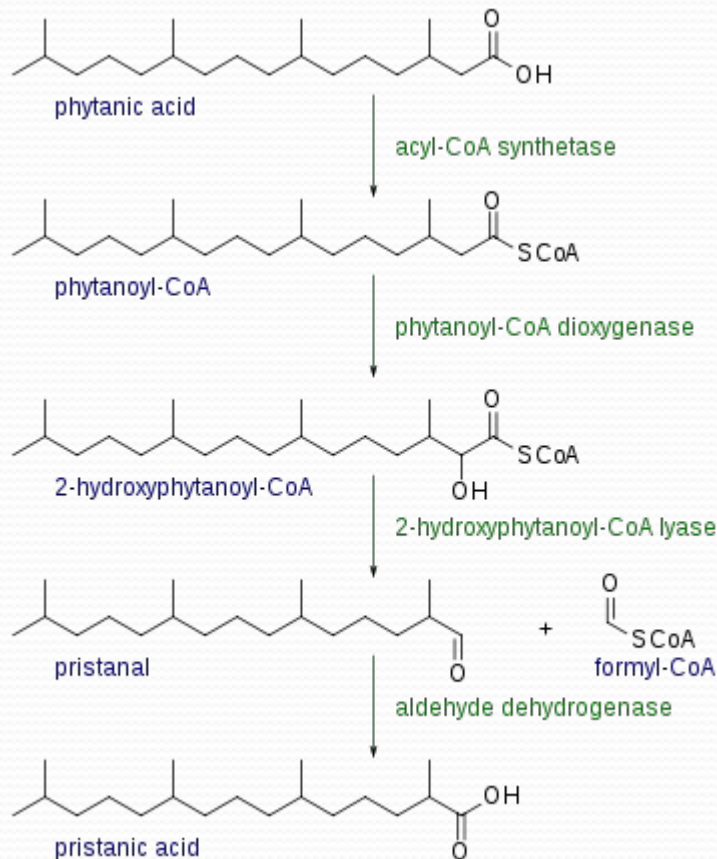
Окисление Жирных кислот с нечётным числом атомов углерода



углерода



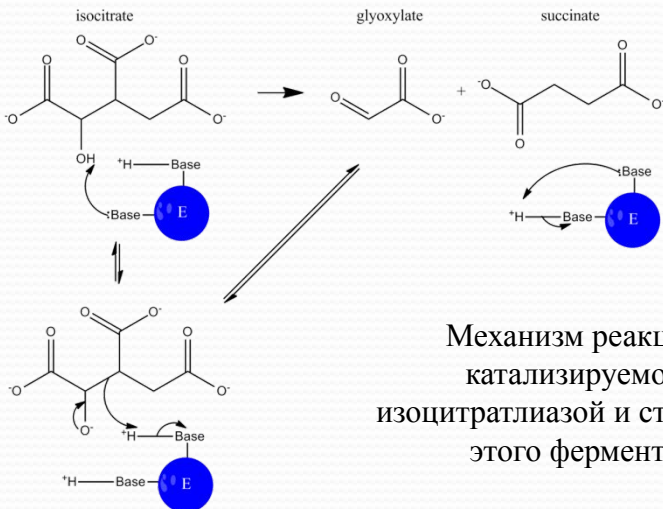
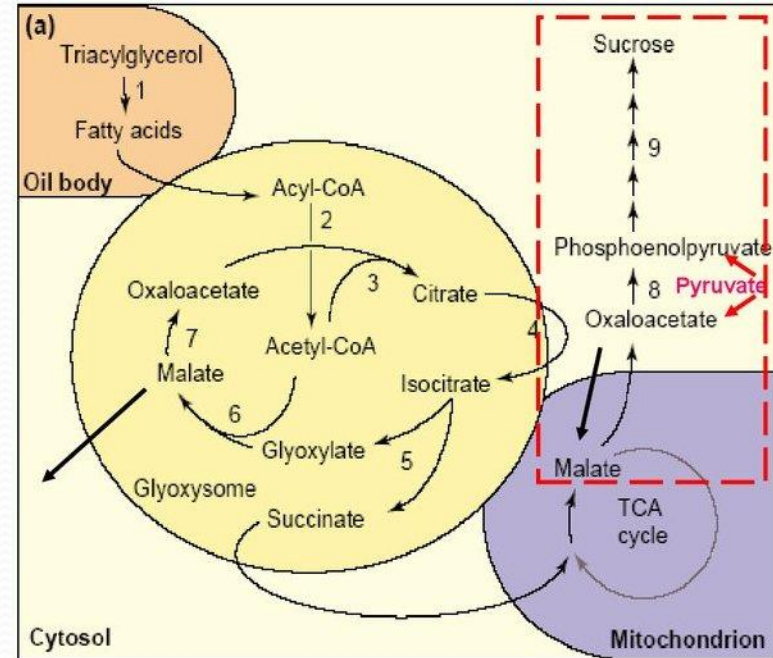
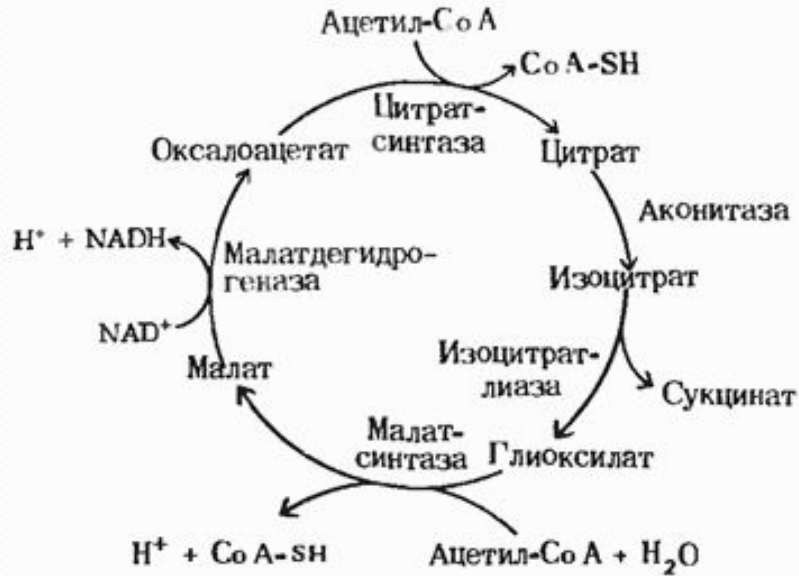
α -Окисление жирных кислот в пероксисомах



Рассмотрим α -окисление жирных кислот в животных клетках на примере фитановой кислоты. Сначала фитановая кислота превращается в фитаноил-СoА (реакция катализируется ферментом *фитаноил-СoА-синтетазой*). Это соединение далее гидроксيليруется по α -углеродному атому, в этой реакции принимает участие молекулярный кислород (*фитаноил-СoА-гидроксилаза*). Затем получившийся α -гидроксифитаноил-СoА декарбоксилируется с образованием альдегида (пристаналья), содержащего на один атом углерода меньше, и формил-СoА, который впоследствии гидролизуется и окисляется до CO_2 . Эта реакция протекает с участием тиаминпирофосфата (ТРР) и катализируется *α -гидроксифитаноил-СoА-лиазой*. Далее альдегид окисляется с образованием соответствующей карбоновой кислоты (*альдегиддегидрогеназа*), у которой уже нет заместителя при β -атоме углерода и она может далее окислиться в ходе β -окисления. У животных α -окисление служит не только для деградации жирных кислот с полипренильными цепями, но также жёлчных кислот. В мозге некоторые жирные кислоты, входящие в состав сфинголипидов, гидроксيليруются по α -положению. У растений последовательность реакций α -окисления та же, с тем лишь отличием, что в первой реакции гидроксирования по α -положению образуются D- или L-2-гидроксикилоты. L-гидроксикилоты быстро вовлекаются в дальнейшие реакции α -окисления, а D-гидроксикилоты накапливаются и в норме присутствуют в зелёных листьях. При дефектах в гене фитаноил-СoА-гидроксилазы развивается синдром Рефсума.

ГЛИОКСИЛАТНЫЙ ЦИКЛ РАС

Растений



Механизм реакции катализируемой изоцитратлиазой и структура этого фермента



Как это всё запомнить?

ЩУКа съела ацетат, получается цитрат
через цисаконитат будет он изоцитрат
водороды отдав НАД, он теряет CO_2
этому безмерно рад альфа-кетоглутарат
окисление грядет — НАД похитил водород
ТДФ, коэнзимА забирают CO_2
а энергия едва в сукциниле появилась
сразу АТФ родилась и остался сукцинат
вот добрался он до ФАДа — водороды тому надо
фумарат воды напился, и в малат он превратился
тут к малату НАД пришел, водороды приобрел
ЩУКа снова объявилась и тихонько затаилась