Прокариоттардың энергетикалық метаболизмі

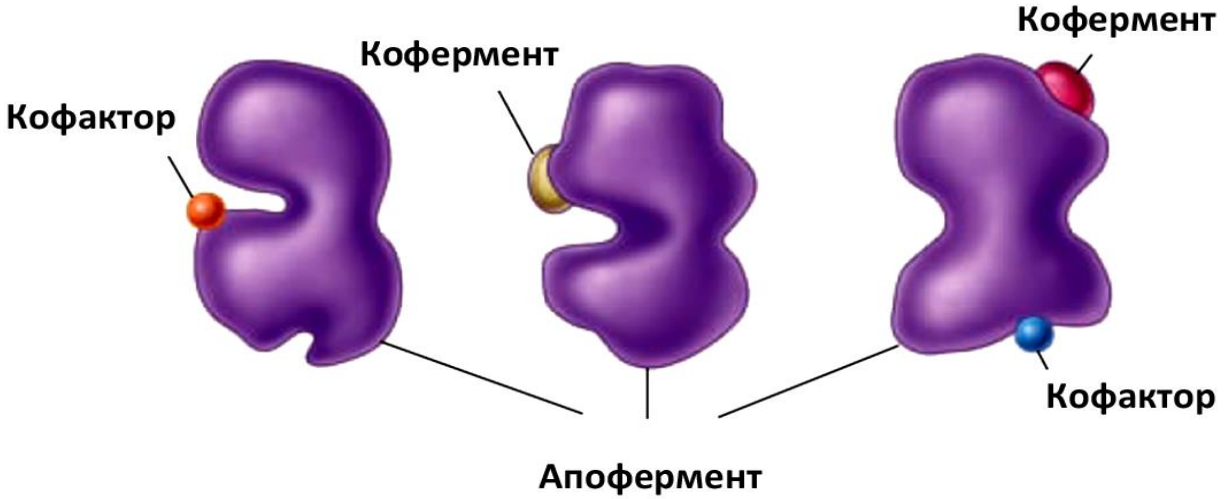
Ферменттер

Ферменттер (энзимдер) - (лат. *fermentum*) тірі жүйедегі химиялық реакцияларды жылдамдататын (катализдейтін) протеинді молекулалар

Ферменттер құрылымына қарай бөлінеді:

Қарапайым протеиндер (гидролитикалық ферменттер)

Күрделі протеиндер (тотығу процесін басқаратын және әртүрлі химиялық топтарды тасымалдау реакцияларына қатысатын ферменттер).



Екінші топтың ферменттерінің протеинді бөлігі **апофермент**, ал ферменттің активтілігін анықтайтын протеинді емес бөлігі **кофактор** деп аталады. Ал жекеленген күйде фермент өзінің активтілігінен айрылады. Апофермент пен кофактордың біріккен комплексі **голофермент** деп аталады.

Ферменттердің қасиеттері:

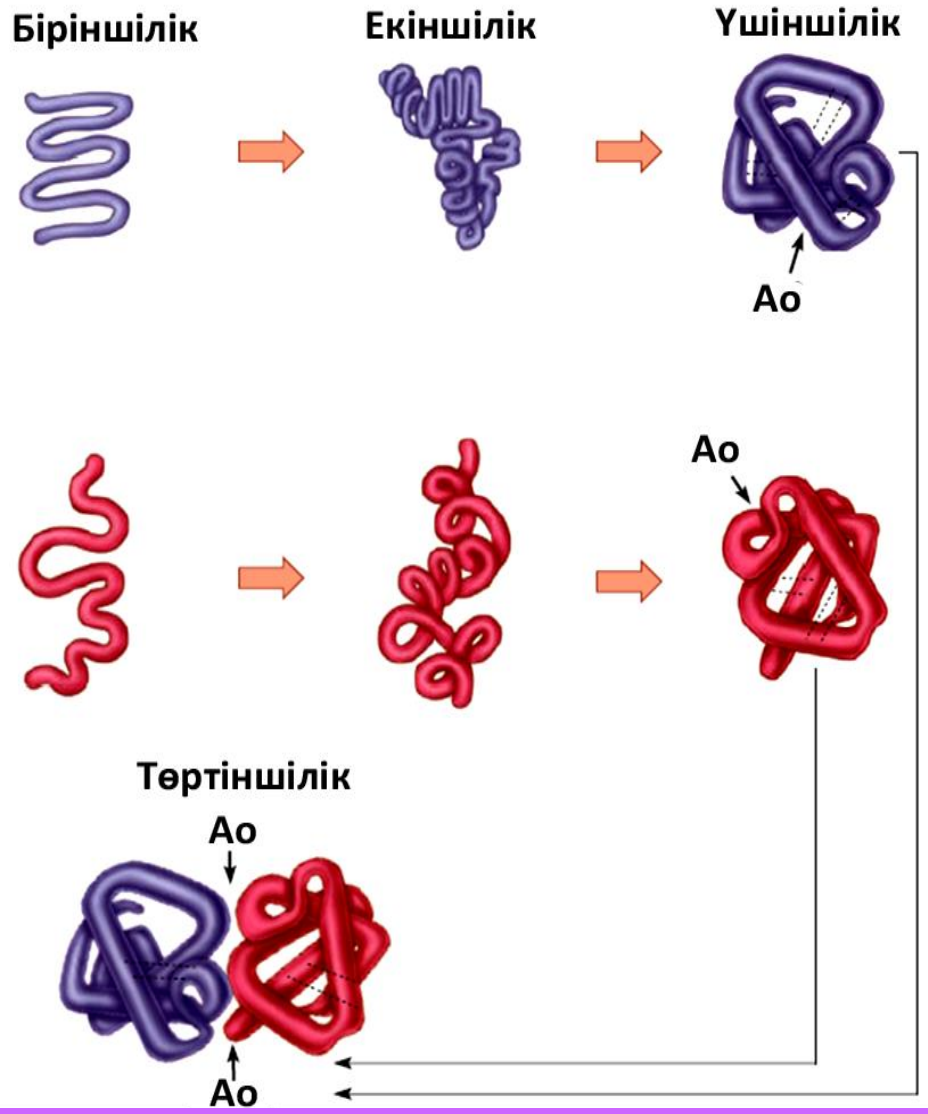
- Реакциялар жылдамдығын арттырады, ал өздері шығындалмайды.
- Олардың реакцияға қатысуы соңғы өнімнің табиғатына да, қасиетіне де еш әсерін тигізбейді.
- Ферменттердің аз ғана бөлігі субстраттың көп бөлігін ыдыратуға қабілетті.
- Ферменттердің активтілігі орта реакциясы, температурасы, қысымы, субстрат концентрациясымен анықталады.
- Әрбір ферменттің өзінің оптимум температурасы бар.

Барлық протеиндер сияқты апоферменттер бірнеше құрылымнан тұрады (біріншілік, екіншілік, үшіншілік, төртіншілік).

Полипептидті тізбек біріге отырып протеиннің үшіншілік құрылымын құрайды және активті орталыққа ие болады

Басқа полипептидті тізбек біріге отырып протеиннің үшіншілік құрылымын құрайды және өзгеше активті орталық құрайды

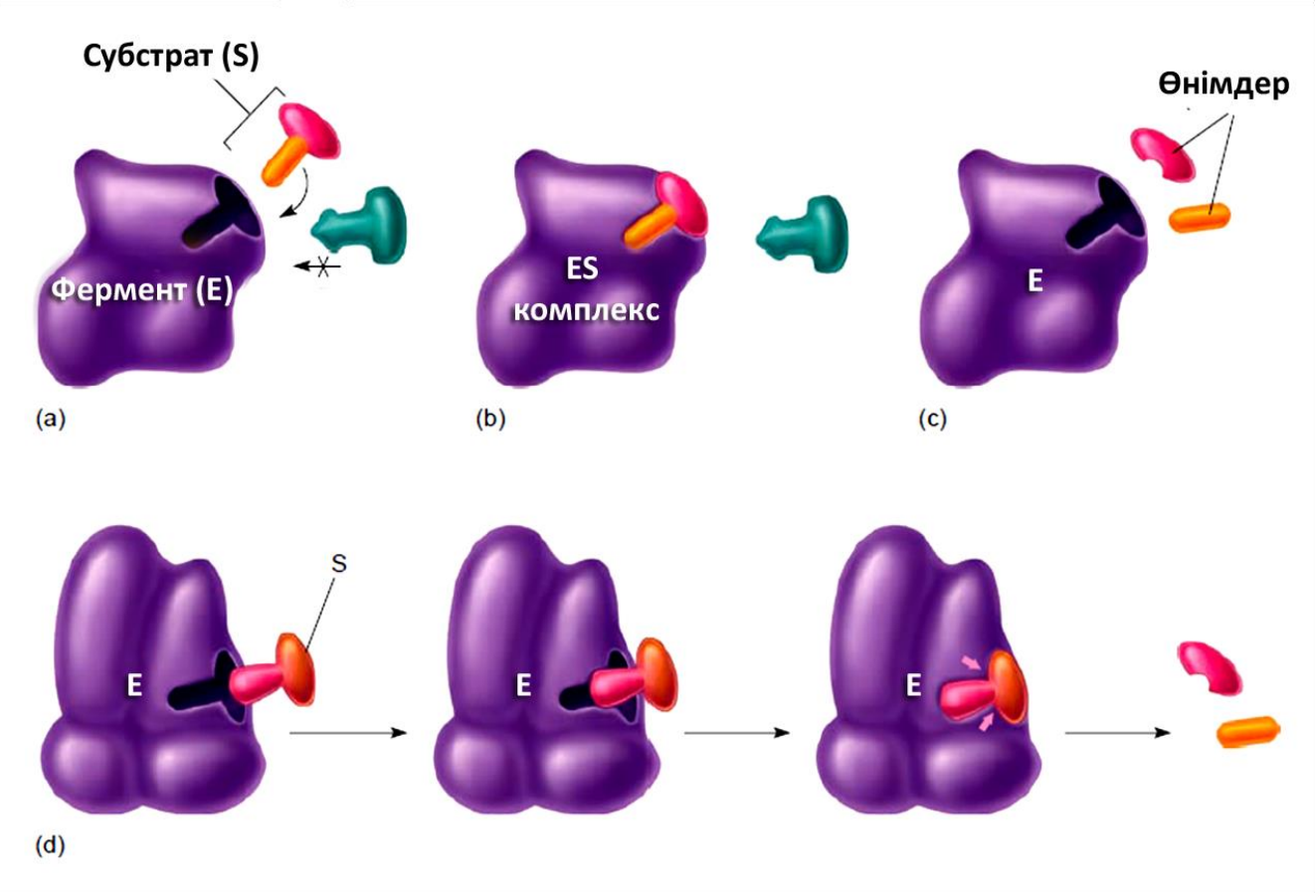
Комплексті ферменттер бірнеше полипептидті тізбектерден құрала отырып төртіншілік құрылымды түзеді.



Фермент субстрат байланысы

Әдетте ферметті реакция белгілі бір субстраттың ферментпен байланысуымен басталады.

Яғни, әр ферменттің **субстраттық спецификалық қасиеті** (тек бір субстрат пен оның трансформацияланған өнімімен байланысуы) мен **спецификалық қасиетімен** (реакциялардың ішінде тек субстрат қатысатын реакцияны катализдейді) сипатталады.



a) Субстрат (S) ферментпен (E) сай келуі.

b) Фермент-субстрат комплексінің түзілуі.

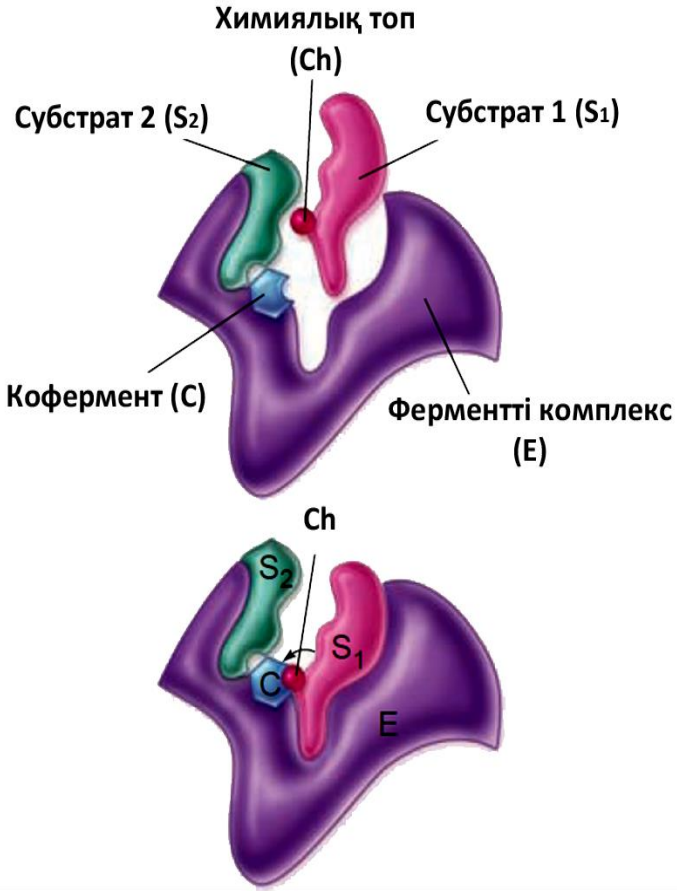
c) Реакция аяқталған соң фермент өнімді босатады.

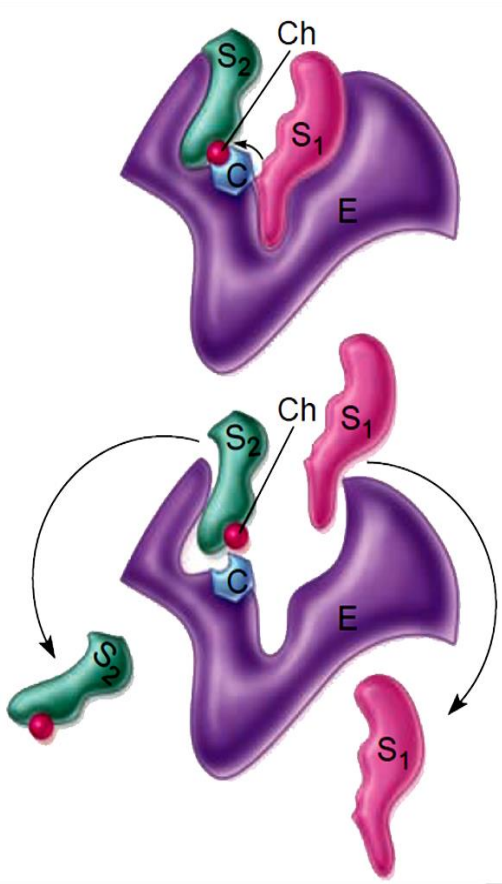
d) Кей жағдайда фермент бірнеше өнімді босатуы мүмкін.

Коферменттердің қызметі

Кофакторлар металл иондары (Fe, Cu, Co, Zn, Mo және т.б.), күрделі органикалық қосылыстар (**коферменттер**) немесе екеуі де болуы мүмкін.

Коферменттер әдетте ферментті реакция нәтижесінде бір қосылыстан екінші қосылысқа көшетін электрон, атом немесе әртүрлі топтардың аралық тасымалдаушылары рөлін атқарады.





- Коферменті бар фермент екі субстратпен байланысады
- Кофермент химиялық топты бірінші субстраттан алады
- Кофермент химиялық топты екінші субстратқа трасформациялауға дайындалады
- Кофермент химиялық топты екінші субстратқа көшіреді, өзгерген субстрат ферменттен босатылады.

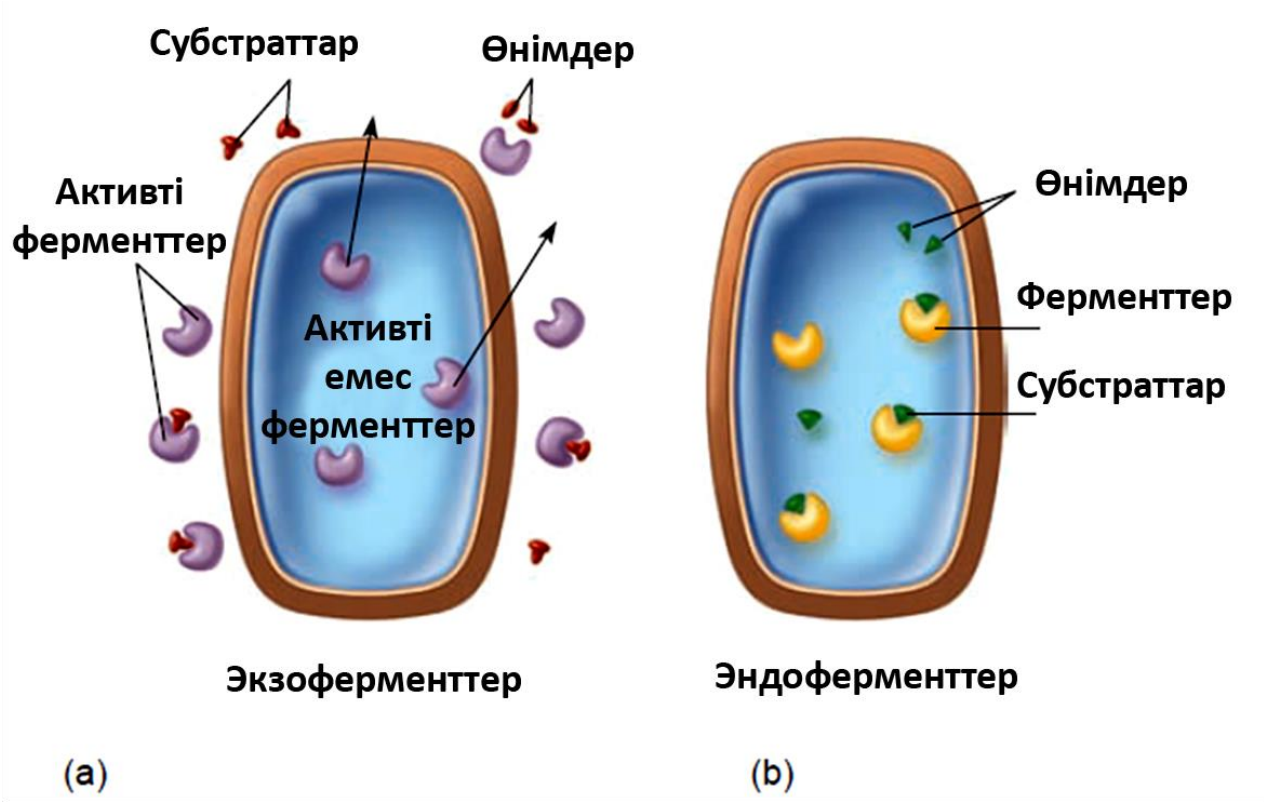
Коферменттер және простетикалық топтар

Кофермент немесе прстетикалық топтар	Тасымалданатын субстраттар	Витаминдер
Никотинаминадениндинуклеотид -NAD(P)$^+$	Сутегі, e^-	Никотин қышқылы
Флавинмононуклеотид – FMN Флавинаденин-динуклеотид - FAD	Сутегі, e^-	Рибофлавин
Убихинон	Сутегі, e^-	Q_{10}
Цитохром	e^-	Гем туындылары
Биотин	Карбоксил топтары	Биотин
Пиридоксальфосфат	Амин топтары	Пиридоксин
Тетрагидрофол қышқылы	Формильді топтар	Фоли қышқылы
Кофермент А	Ацильді топтар	Пантотен қышқылы
Липой қышқылы	Ацильді топтар және сутегі	Липой қышқылы
Кофермент В12	Карбоксильді топтар	Кобаламин
Тиаминпирофосфат	Альдегидті топтар	Тиамин

Кофермент ферменттің протеинімен байланысуын ферменттің **простетикалық тобы** деп аталады.

Ферменттердің жіктелуі

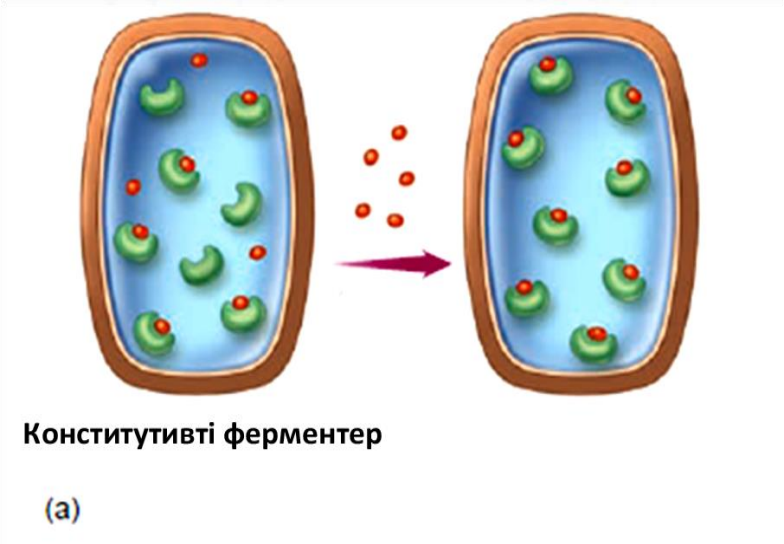
Ферменттер функциялану ортасына қарай **эндоферменттер** және **экзоферменттер** болып бөлінеді.

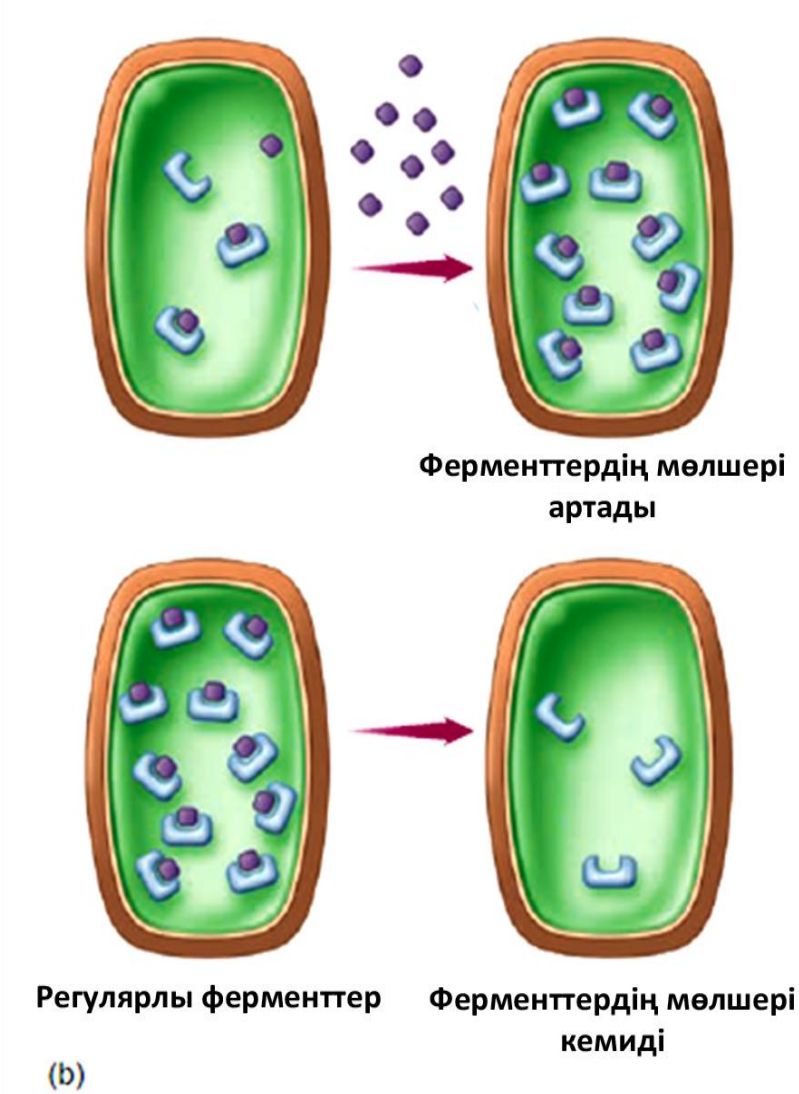


Экзоферменттер тек клетка сыртында ғана активке ие. Әдетте сыртқы ортадағы ксенобиотиктер мен макромолекулаларды ыдыратады. Оған целлюлоза, амилаза, пенициллиназа жатады.

Эндоферменттер клетка ішінде активтілікке ие және оған метаболизм процесін жүргізетін ферменттер тобы жатады.

Ферменттер клеткада мөлшеріне байланысты конститутивті және регулярлы болып бөлінеді:





Конститутивті ферментер клеткада бір қалыпты мөлшерде болады, субстраттың саны олардың мөлшерін өзгертпейді (a).

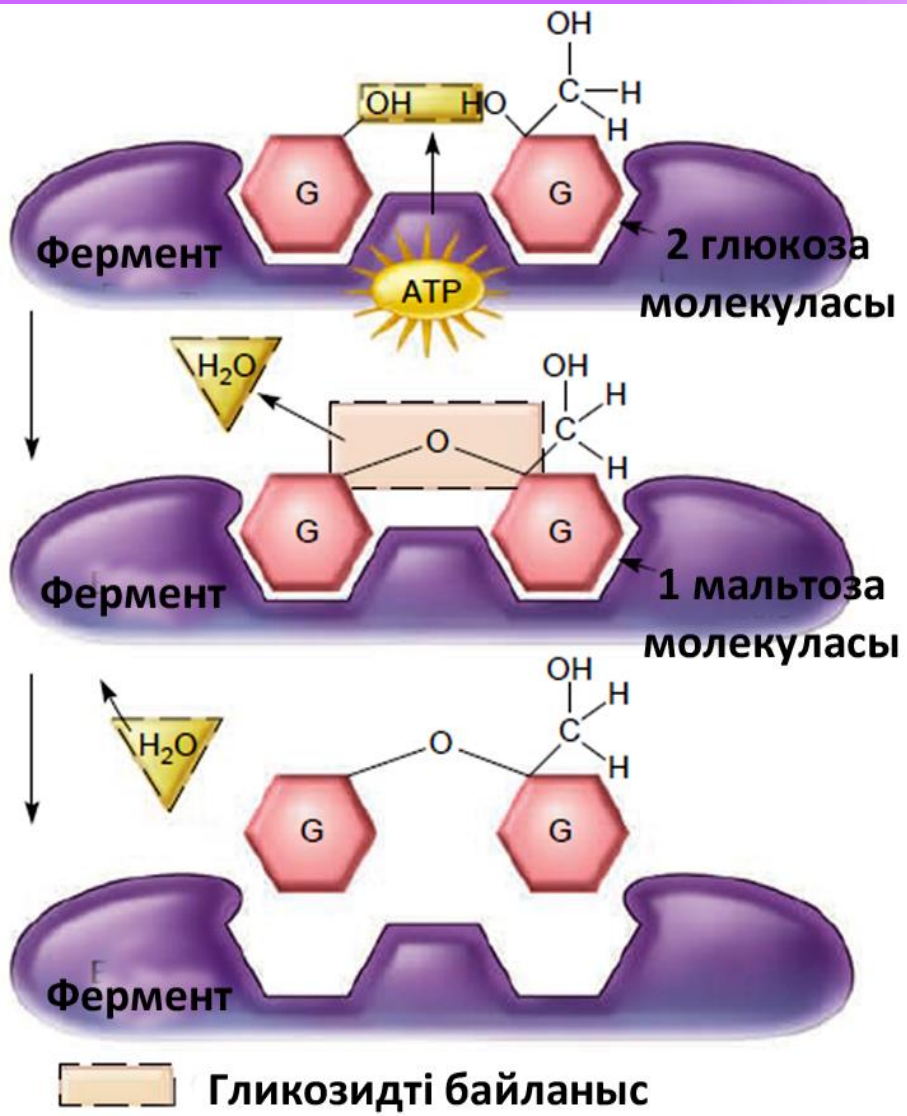
Регулярлы ферменттер клеткада мөлшері субстраттың санына байланысты өзгеріп отырады (b).

Ферменттердің классификациясы

#	Ферменттер тобы	Функциялары	Түрлері
1	Оксидоредуктазалар	Тотығу-тотықсыздану реакцияларын катализдейді	Дегидрогеназалар (NAD, NADF, FAD), цитохромдар (b, c, c_1, a, a_3)
2	Трансферазалар	Бір қосылыстан екінші қосылысқа жекеленген радикалдарды, бөлшектенген молекула немесе атомды топтардың тасымалын катализдейді	Ацетилтрансфераза, фосфотрансфераза (киназа), аминотрансфераза, фосфорилаза
3	Гидролазалар	Су қатысында протеиндер, майлар мен полисахаридтердің синтезі мен ыдырау реакцияларын катализдейді	Протеолитикалық ферменттер (пептидгидролазалар), гликозид гидролазалары (α,β амилазалар, β галактозидаза, α глюкозидаза, β фруктофуранозидаза), эстеразалар (липаза, фосфтаза)

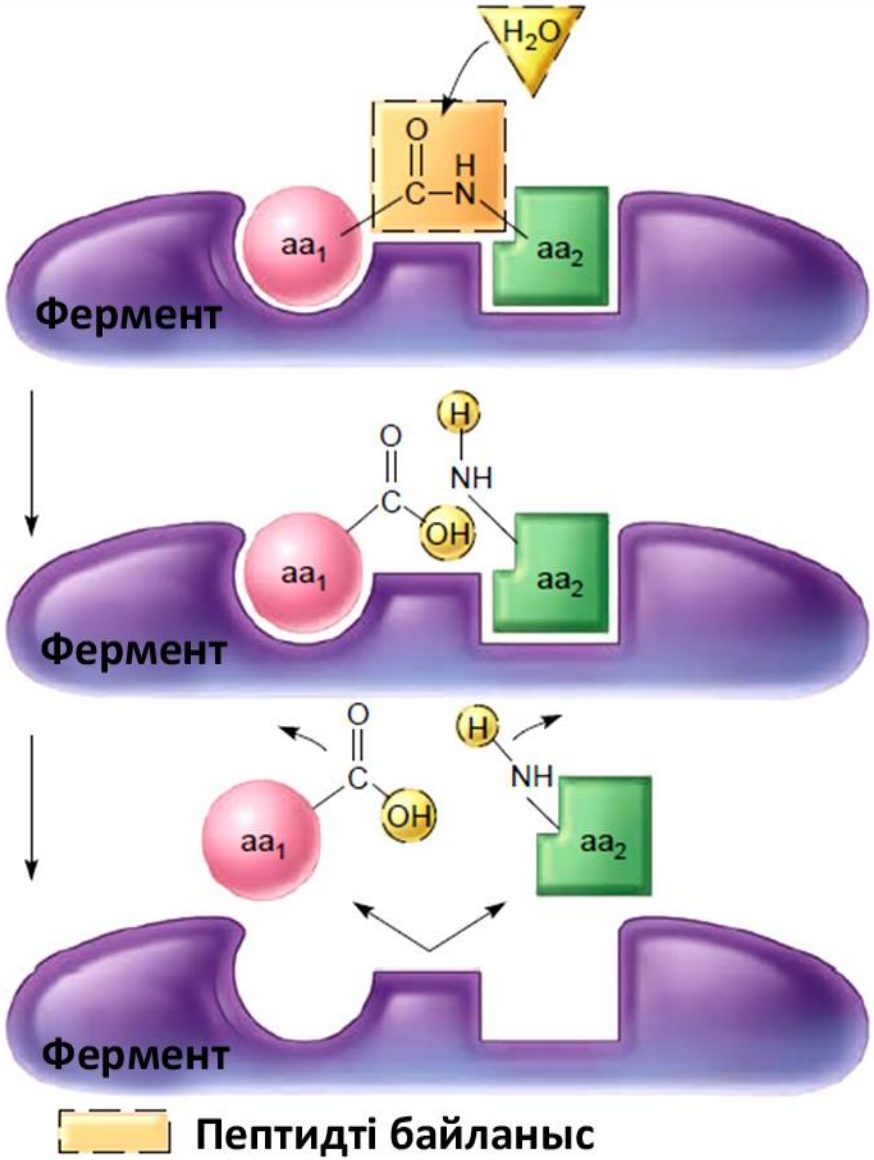
#	Ферменттер тобы	Функциялары	Түрлері
4	Лиазалар	Субстраттардан қос байланысты түзе отырып белгілі бір химиялық топтардың ажыратуын катализдейді	Пируватдекарбоксилаза, альдолаза
5	Изомеразалар	Органикалық қосылыстарды изомерлерге дейін айналдыруына қатысады	Триозофосфатизомераза, глюкозофосфатизомераза
6	Лигазалар	Қарапайым қосылыстардан күрделі қосылыстардың синтезін катализдейді	Аспарагинсинтетаза, карбоксилаза

Синтез



Клеткада әрқашан синтез процесі жүріп жатады. Синтез үшін төменгі субстратты молекулалардың арасына коваленттi байланысты туғызатын ферменттер қажет. Оны **конденсациялық реакция** деп атайды, АТФ жұмсалады және су молекуласы бөлініп шығады.

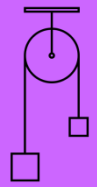
Гидролиз



Ал катаболиттік реакцияларға керісінше су жұмсалады. Екі амин қышқылдарының арасындағы пептидті байланысты үзу үшін су молекуласы қажет.

Энергия
E

Табиғаттағы энергия түрлері:

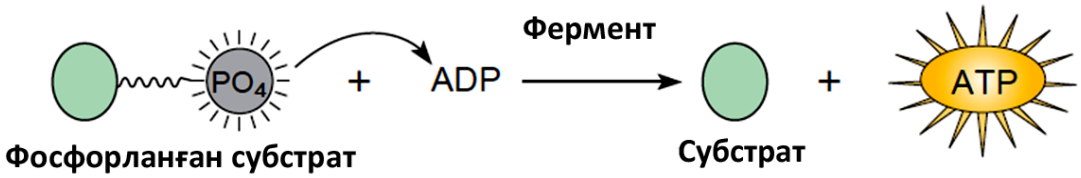
1		Ядролық энергия
2		Электрлі энергия
3		Жылу энегиясы
4		Механикалық энергия
6		Электромагнитті (физикалық) энергия
7		Химиялық энергия

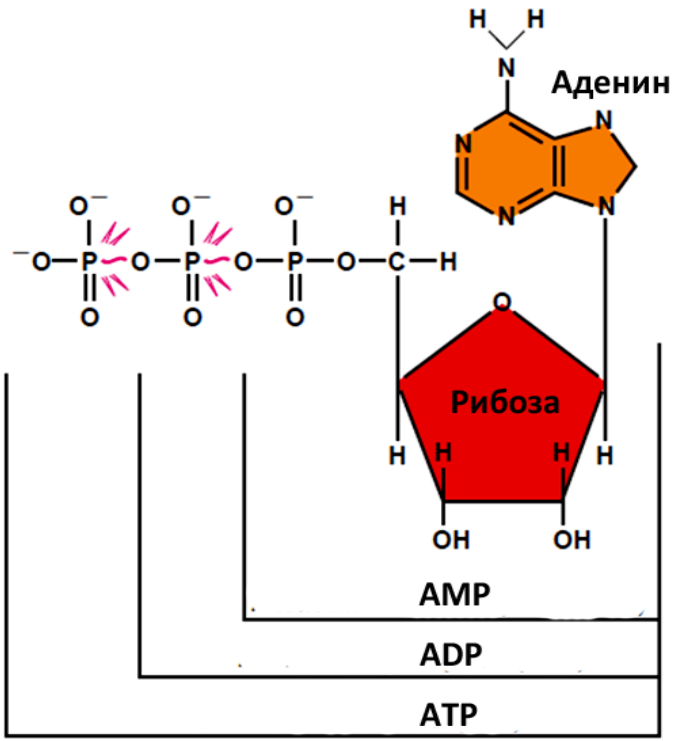
Энергия

Кез келген тірі клетка энергияны макроэргиялық байланыс (energy-rich bond) түрінде жинақтайды. Гидролитикалық ажырау (ыдырау) барысында макроэргиялық байланыстан энергия босап шығады да биосинтетикалық реакцияларға жұмсалады.

Энергияның аккумуляторлары мен тасымалдаушылары қызметін мынадай қосылыстар атқарады:

- Аденозинтрифосфат (АТФ)
- Аденозиндифосфат (АДФ)
- Цитозинтирфосфат (ЦТФ)
- Уридинтрифосфат (УТФ)
- Гуанозинтирфосфат (ГТФ)
- Креатинтрифосфат
- Ацетилфосфат



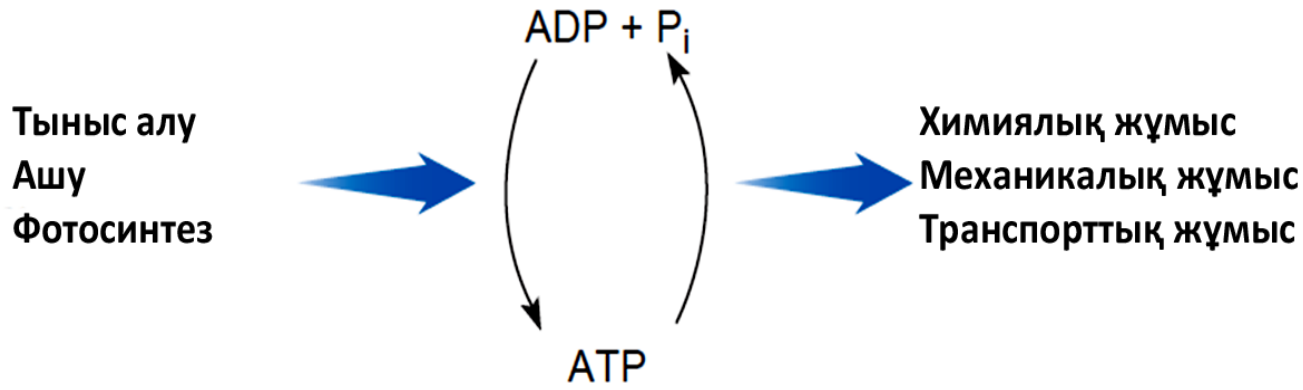


Ажырағанда энергия бөлініп шығатын байланыс

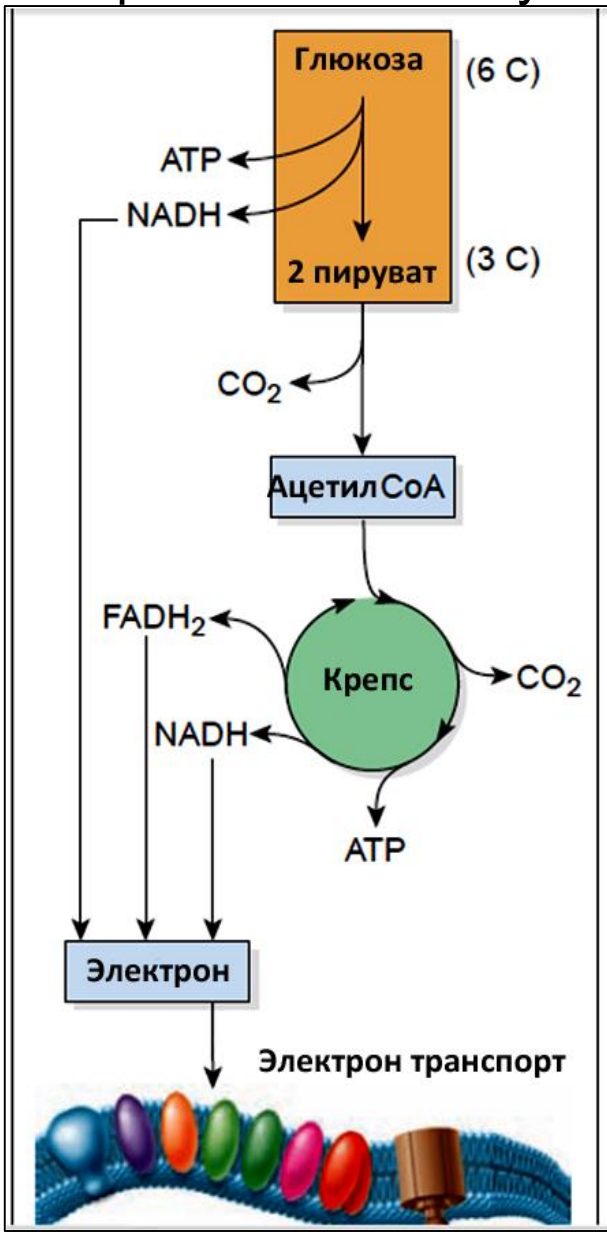
Энергияның ең басты тасымалдаушысы АТФ болып табылады.

АТФ нәтижесінде түзіледі:

1. Фотосинтетикалық фосфорлану – **фотосинтез**
2. Тотыға фосфорлану (тыныс алу тізбегіндегі фосфорлану) – **тыныс алу**
3. Субстрат деңгейінде фосфорлану – **ашу**

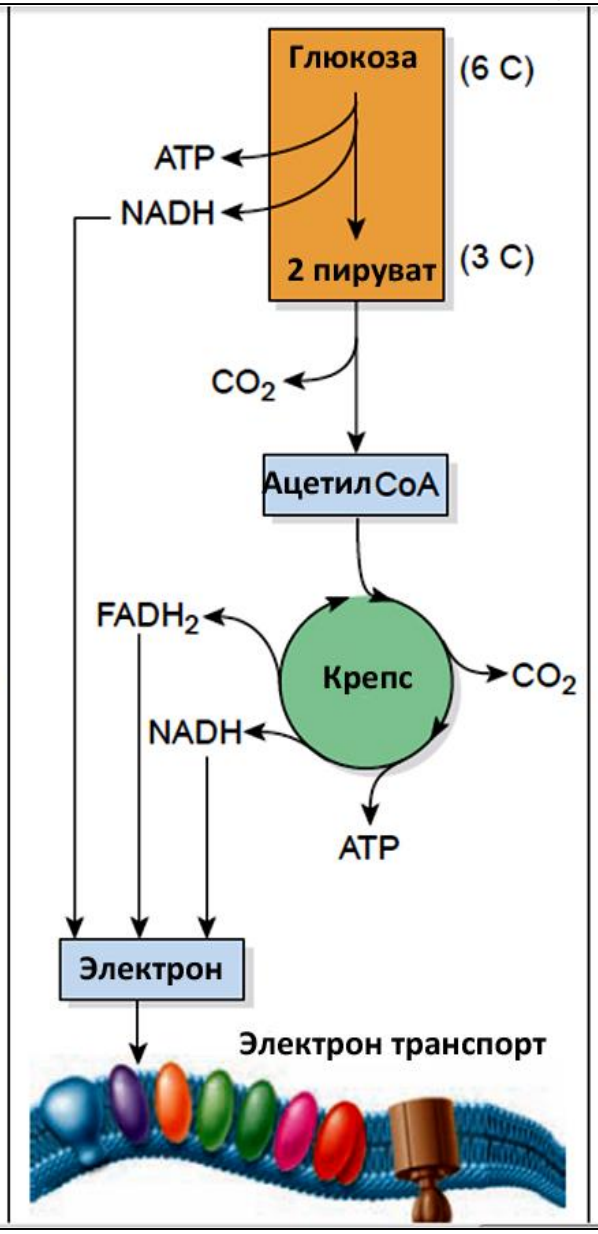


Аэробты тыныс алу



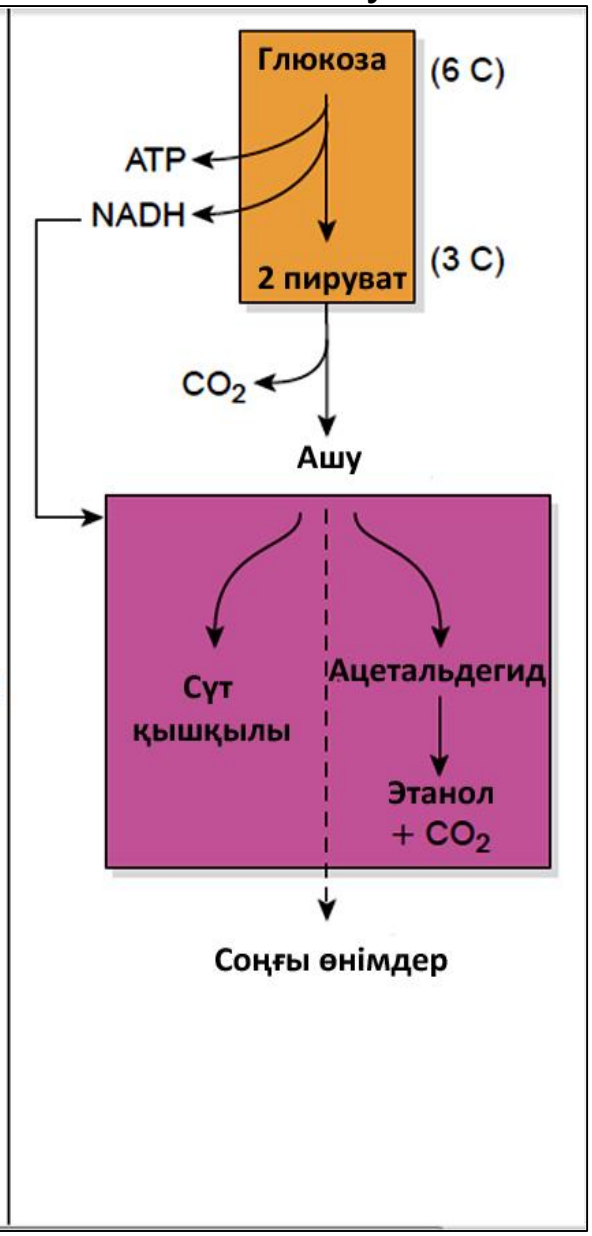
O_2 соңғы электрон акцепторы

Анаэробты тыныс алу



SO_4, NO_3, CO_3 соңғы электрон акцепторлары

Ашу



Органикалық қосылыстар соңғы электрон акцепторлары

Органикалық қосылыстардың тотығу-тотықсыздану (биологиялық тотығу) процесін 1780 жылдары француз ғалымы Лавуазе зерттеп «тыныс алу» деген термин берген.

Ол кезде тотығу деген түсінікті заттардың оттегімен байланысуын, ал тотықсыздану оттегіден ажырауын түсінген.

Қазіргі кезде тотығу деген заттардан сутектің екі атомының (яғни, екі электрон мен екі протонның) ажырауын айтады, оны сондықтан дегидрлену деп атайды.

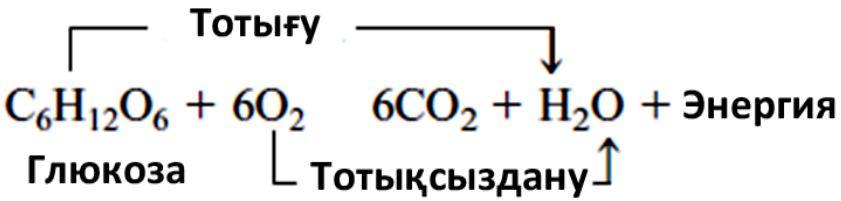
Ал тотықсыздану сутектің екі атомының (яғни, екі электрон мен екі протонның) қосылуын айтады, оны гидрлену деп атайды.

Тотығу:

$AH_2 \rightarrow A+2H$

$B+2H \rightarrow BH_2$

$\mathbf{AH_2 + B \rightarrow BH_2 + A}$



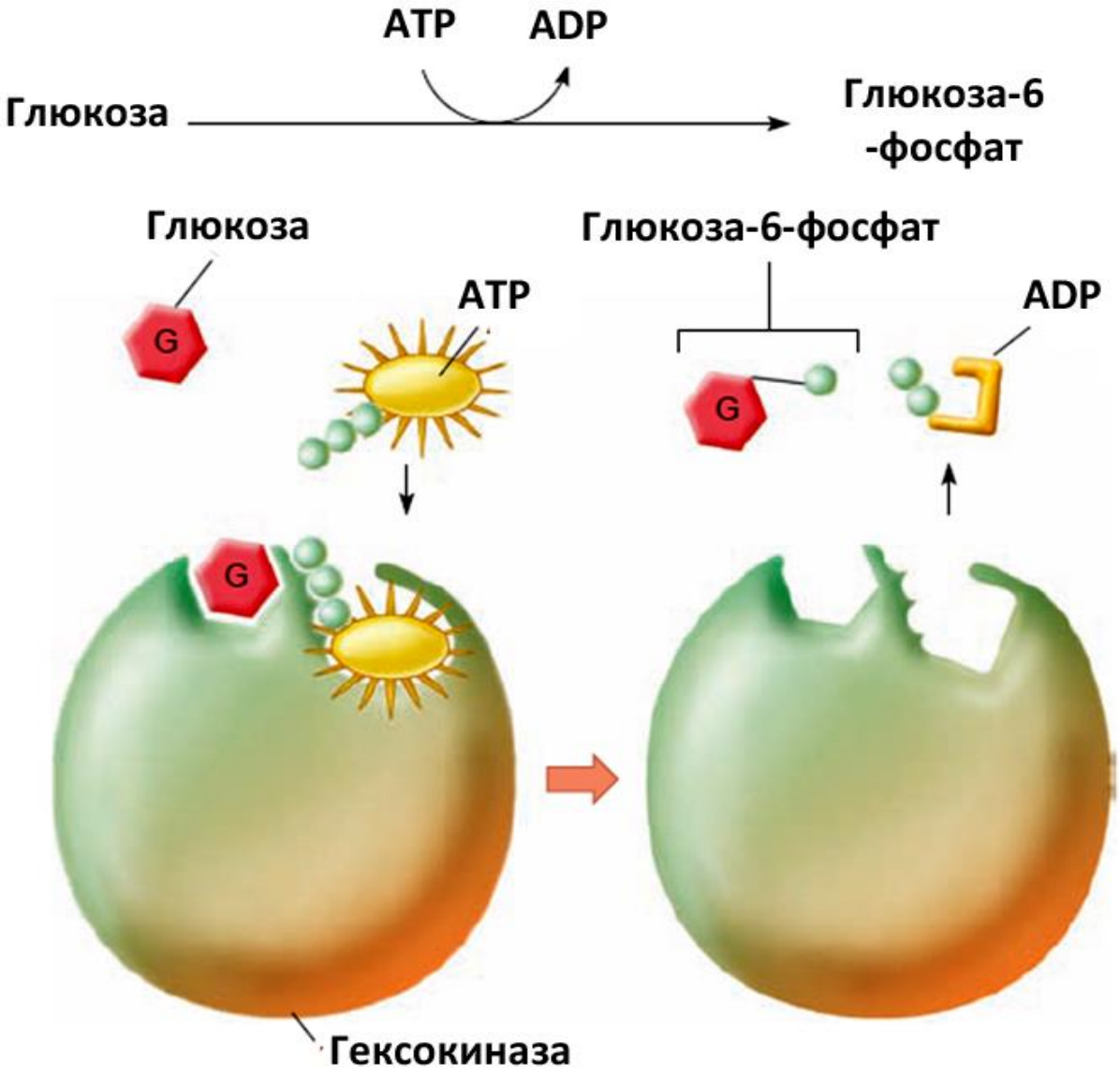
AH_2 – тотықсыздандырғыш немесе сутегі доноры

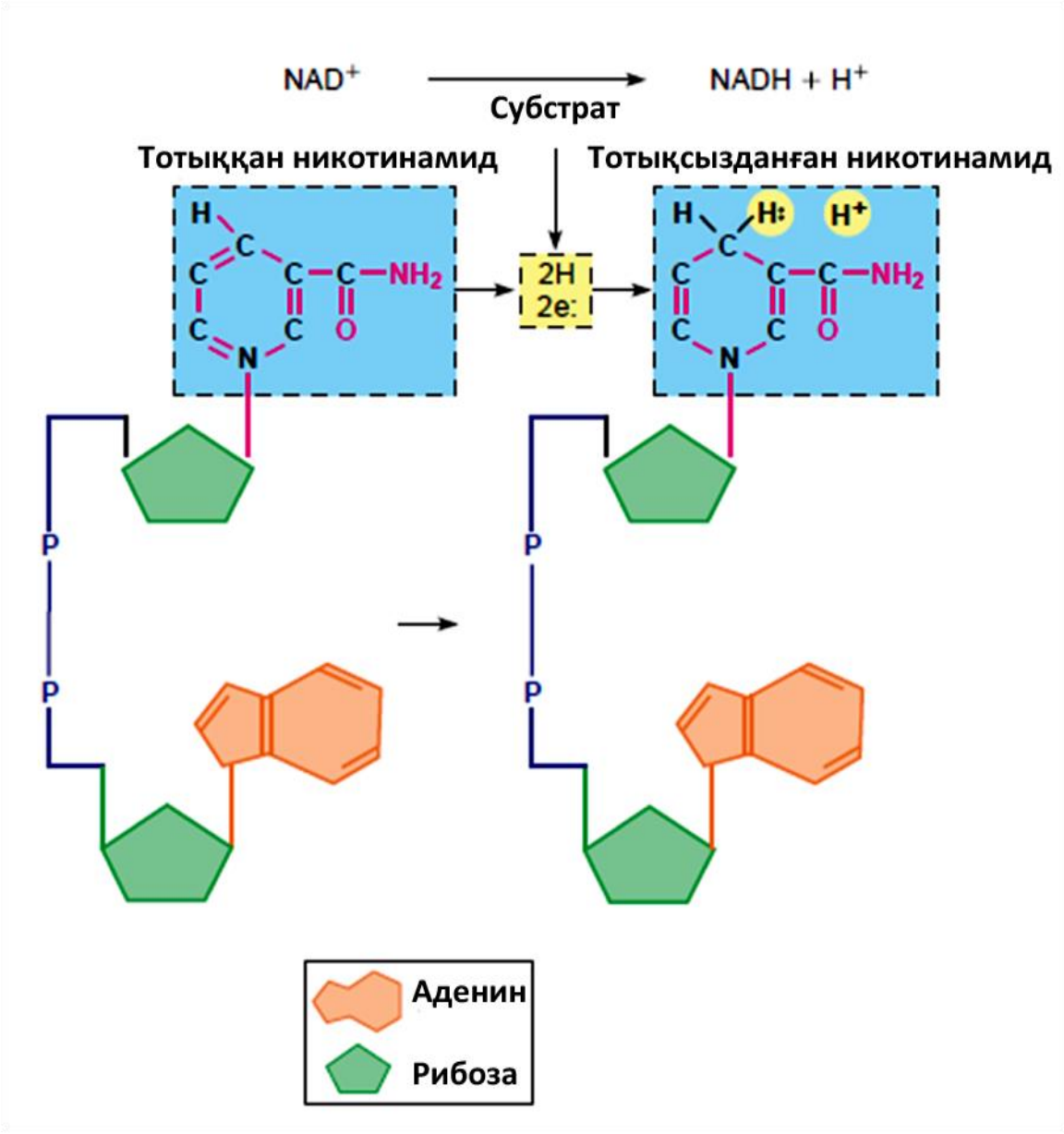
B – тотықтырғыш немесе сутегі акцепторы

Яғни, егер реакция барсында атом немесе молекула электрондарын (e^-) жоғалтса - тотығу, ал кері процесс – электрондардың қосылуы – тотықсыздану деп аталады.

Электрондар да сутегі атомдары да мұндай күйде сақталмайды. Ол міндетті түрде химиялық қосылыстарға акцептирленуі (қабылдануы) керек. Сондықтан да тотығу процесінен соң тотықсыздану болады.

Жолдары	Метаболизм жолдары	Электрон акцепторы	Өнімдер	Микроорганизм топтары
Аэробты тыныс алу	Гликолиз, Кребс циклы, электрон транспорты	O_2	ATP, CO_2, H_2O	Аэробтылар: факультативті анаэробтылар
Анаэробты тыныс алу				
Ашу	Гликолиз	Органикалық молекулалар	ATP, CO_2, этанол, сүт қышқылы	Факультативтілер, аэротолеранттылар, қатаң анаэробтылар
Тыныс алу	Гликолиз, Кребс циклы, электрон транспорты	Әртүрлі органикалық емес иондар (NO_3^-, SO_4^{2-}, CO_3^{3-})	CO_2, ATP, органикалық қышқылдар, H_2S, CH_4, N_2	Анаэробтылар, кейбір факультативтілер


ATP
ADP
Глюкоза
Глюкоза-6
-фосфат
Глюкоза
Глюкоза-6-фосфат
ATP
ADP
G
G
G
Гексокиназа


NAD+
NADH + H+
Субстрат
Тотыққан никотинамид
Тотықсызданған никотинамид
2H
2e:
H:
H+
NH2
P
P
Аденин
Рибоза