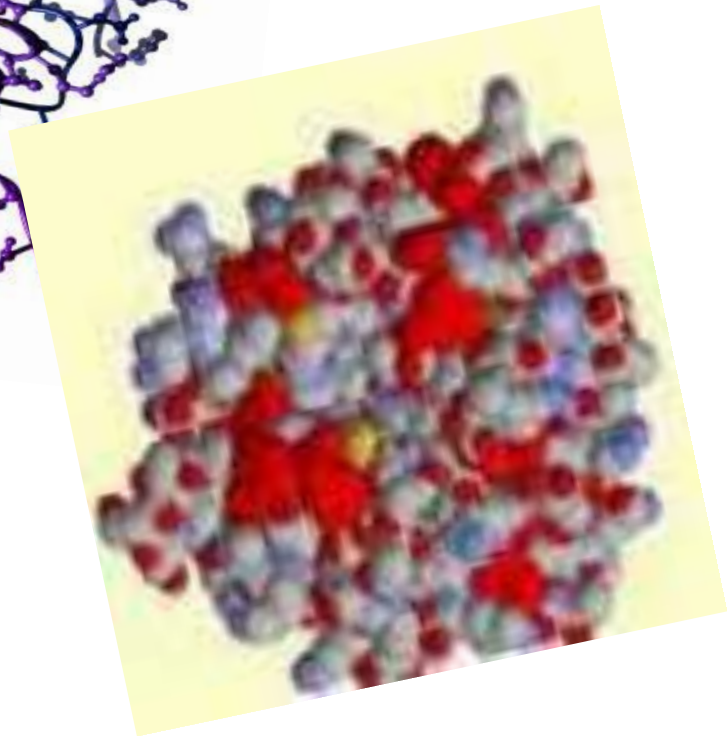
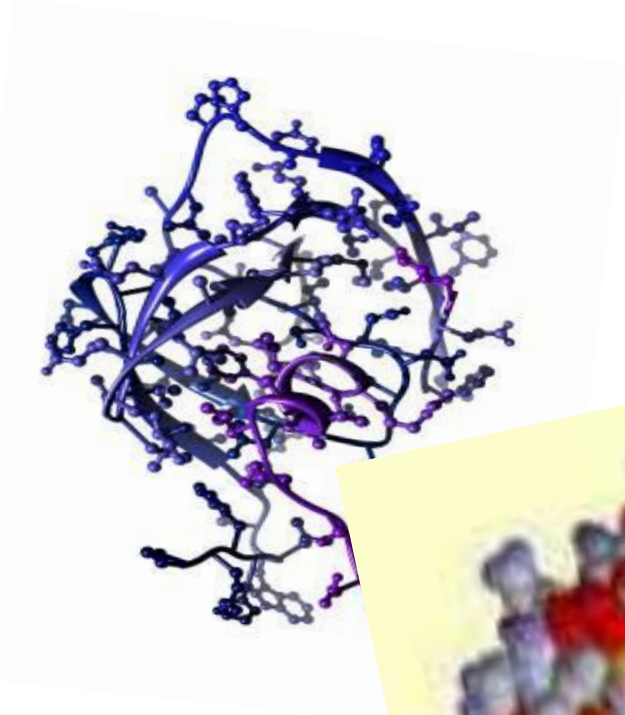
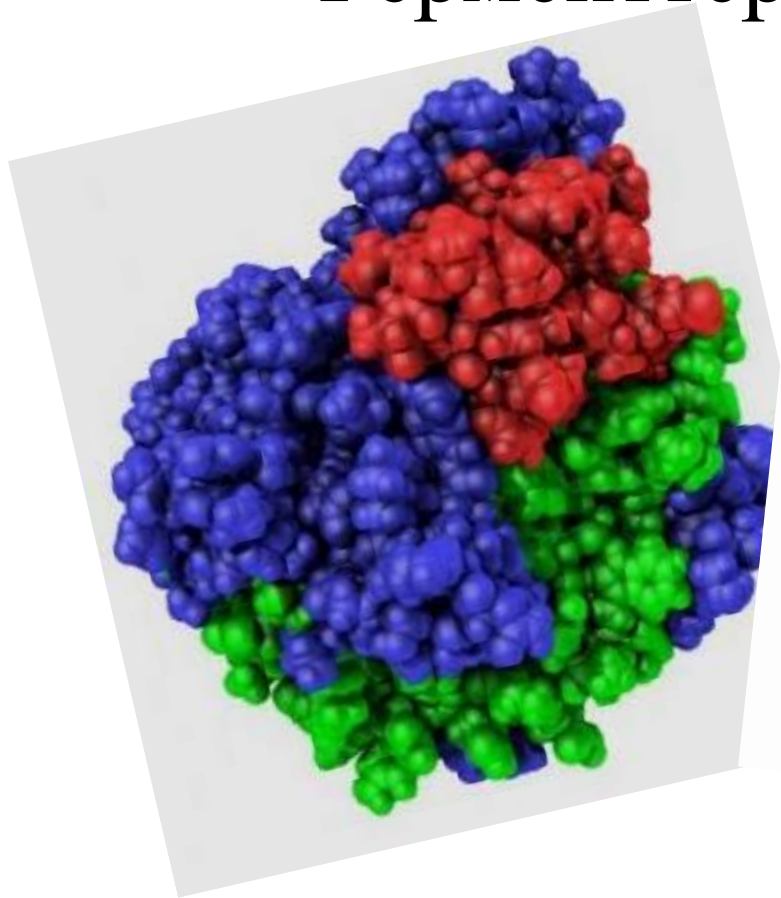


С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті
Физика және химия кафедрасы.
Пән. Биологиялық химия

Дәріс тақырыбы: Ферменттер.

Ферменттер – тіршілік негізі



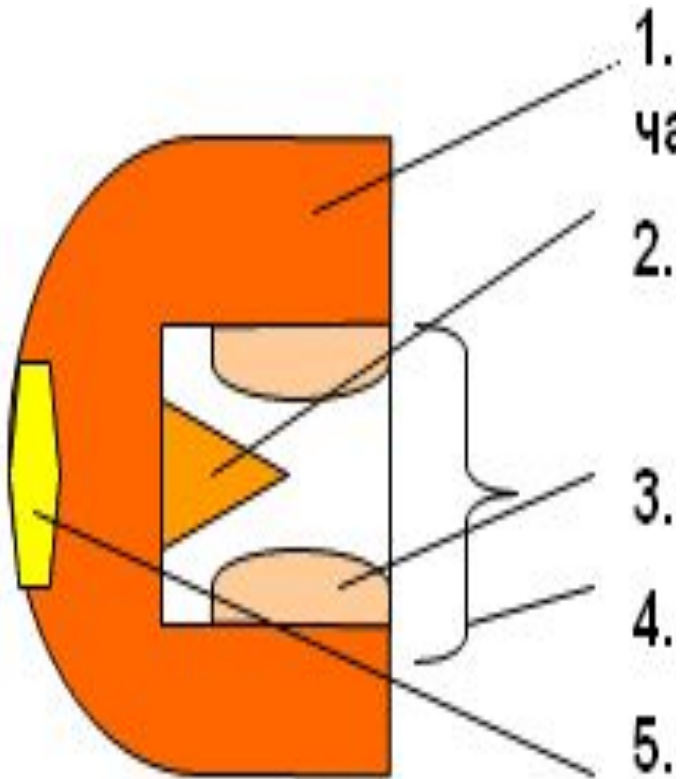
Жоспары:

1. Фермент туралы жалпы түсінік
2. Ферменттердің химиялық құрамы және құрылымы
3. Ферменттер атаулары мен жіктемесі
4. Ферменттердің әсер ету теориясы
5. Ферменттік реакциялардың кинетикасы
6. Ферменттер қасиеттері
7. Имобилденген ферменттер
8. Ферменттердің практикалық маңызы

- **Ферменттер** (латынша fermentum- ашу немесе enzym, ен-ішкі, зүме-ашытқы) тірі ағзада түрлі биохимиялық реакцияларды белсендіруші, биологиялық катализатор.
- **Ферменттер** химиялық табиғаты жағынан ақуыз, протеиндер-ақуыз, ақуызды емес простетикалық топпен байланысқан жоғары молекулалы қосылыс.

*Алғашқы кристалл фермент уреазаны
1926 ж американдық биохимик Д.Самнер алған.*

Ферменттің құрылысы



1. Апофермент – ақуыз денесі (ақуыздық бөлігі)
2. Каталитикалық орталық
3. Субстраттық орталық
4. Ақуыздың активті бөлігі
5. Аллостериялық (реттегіш) орталық

Ферменттің белсенді орталығы

- Фермент молекуласының субстратпен тікелей тиісіп жанасатын бөлігін *ферменттің активті орталығы* деп аталады;
- Активті орталық бүйір радикалында функционалды тобы бар амин қышқылдарының қалдықтарынан түзіледі. Күрделі ферменттерде активті орталыққа металл иондары мен коферменттер де кіреді.
- Реакцияласуға қабілетті топтары бар амин қышқылдары:
 - 1) цистеин, құрамында сульфгидрлік тобы –SH бар;
 - 2) серин, гидроксильдік -ОН тобы бар;
 - 3) гистидин, имидазол сақинасы бар;
 - 4) аспарагин мен глутамин қышқылдары құрамында екінші карбоксильдік -COOH топ бар;
 - 5) триптофан, құрамында индол сақинасы;
 - 6) гидрофобты амин қышқылдары, олардың құрамында субстраттың полярсыз учаскесіне жақын гидрофобты (полярсыз) бүйір топтар болады.
- Активті орталық кеңістік пішінді, ол ферменттің полипептидтік тізбегінде бірінен-бірі қашық орналасқан жеке амин қышқылдарының өзара жақындасуынан пайда болады.

Аллостерлік орталық

- “Аллостерия” (грек. Allo - басқа, stereos - орын) деген термин “басқа жермен байланысты” не “басқа орталықпен байланысты” деген мағынаны береді.
- Екі немесе одан да көп суббөліктен тұратын ферменттердегі өзінің катализдік орталығынан тыс, молекула бетінде қосымша байланыстырушы бөлігі *аллостерлік орталық болады*. Мұндай ферменттер аллостерлік ферменттер деп аталады.
- Ферменттердің аллостерлік эффекторлары: субстраттар немесе реакция өнімдері, нуклеотидтер (АМФ, АТФ), амин қышқылдары, металл иондары, сутегі иондары.

Ферменттердің аталуы. Номенклатурасы

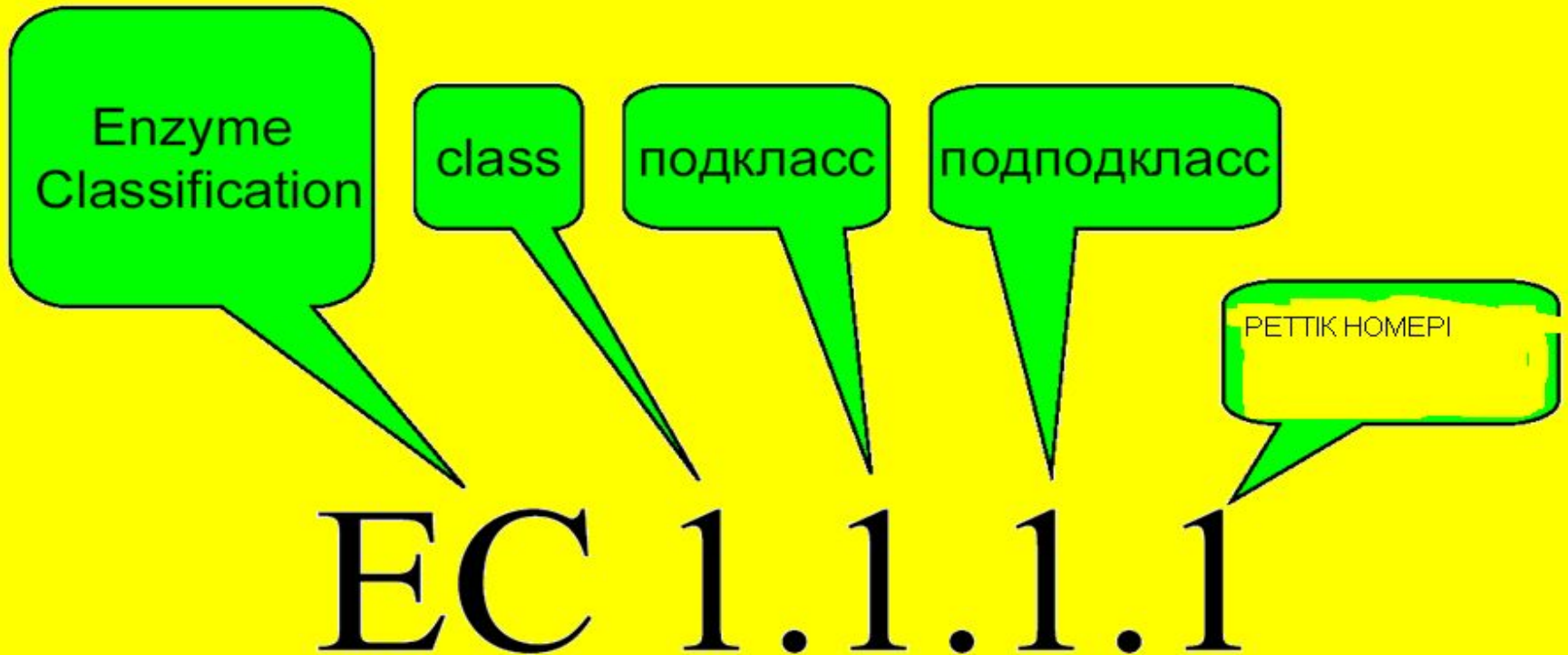
- Ферменттердің кездейсоқ белгілеріне қарай (тривиалды): пепсин (грек. пепсис- асқорыту)
- Субстрат атауына байланысты (рационалды), субстратқа аза жалғанады (1883 ж. Э.Дюкло) **амилаза**-крахмал, **липаза**-липид, **уреаза**-мочевина
- Химиялық құрамына, катализдейтін реакциясының сипатына қарай, мысалы **сукцинатдегидрогеназа**

-2H



Янтарь қышқылы

Энзим жіктемесі Е.С. (Enzyme Classification)



1972 ж. ферменттерге арнайы нөмір, шифр берілді. Мысалы, уреаза шифрі – **3.5.1.5**.

Бірінші сан (3)- уреаза ферменттерің 3 класына жатады, яғни гидролиз реакциясын белсендіреді;

екінші сан (5) уреазаның 5-ші класшаға, яғни C-N байланысындағы гидролизді белсендіреді;

үшінші сан (1) уреазаның 5-ші класшаның класшасына жатады, яғни сызықты амидтердің гидролизін белсендіреді;

төртінші сан (5) осы класшадағы уреазаның реттік нөмірі.

Ферменттердің ақуыздық қасиеті:

- ақуыз тәрізді кристалдануы;
- нейтралды тұздардың қанық ерітіндісімен әсер еткенде тұнбаға түсуі;
- түрлі факторлармен әсер еткенде денатурациялануы;
- диализдену;
- ақуыздарға тән сапалық реакциялар (биурет реакциясы) тән.

Ақуыздан ерекшелігі:

- биохимиялық реакцияларды жылдамдатуы.

- А.Е.Арбузов: «Болашақтың химиясының қазіргі химиядан қандай айырмашылығы болуы керек? Тірі табиғатқа еліктеу – міне болашақтың химиясының бейнесі»

Ферменттермен жұмыстың күрделілігі:

- сақтау кезінде өте тұрақсыздығы, яғни жылдам бұзылып, өзінің белсенділігін жоғалтады

Сондықтан, ферменттерді тұрақтандыру, яғни **иммобилизацияланған**, яғни тірі ағзадан бөлініп, қатты дененің бетіне оларды адсорбция әдісімен отырғызу тәсілімен бекітілген ферменттер алынды.

Иммобилизацияланған жүйелер химиясының негізін салушы И.В.Березин болды.

Биологиялық катализатор-ферменттердің кәдімгі катализаторлардан айырмашылықтары:

- катализдейтін нысанаға және қатысатын реакциясына байланысты талғампаздығы.
- толық стереохимиялық талғампаздығы.
- кәдімгі катализаторларға қарағанда ферменттік реакция өте үлкен жылдамдықпен жүреді.
- температуралық оптимумы $38-40^{\circ}\text{C}$
- әрбір фермент үшін белгілі бір рН мәнінің болуы.

Ферменттер

қарапайым

рибонуклеаза, пепсин,
трипсин, химотрипсин,
папаин, амилазалар,
гидролаза классы

күрделі

Апофермент
(ақуызды бөлігі)

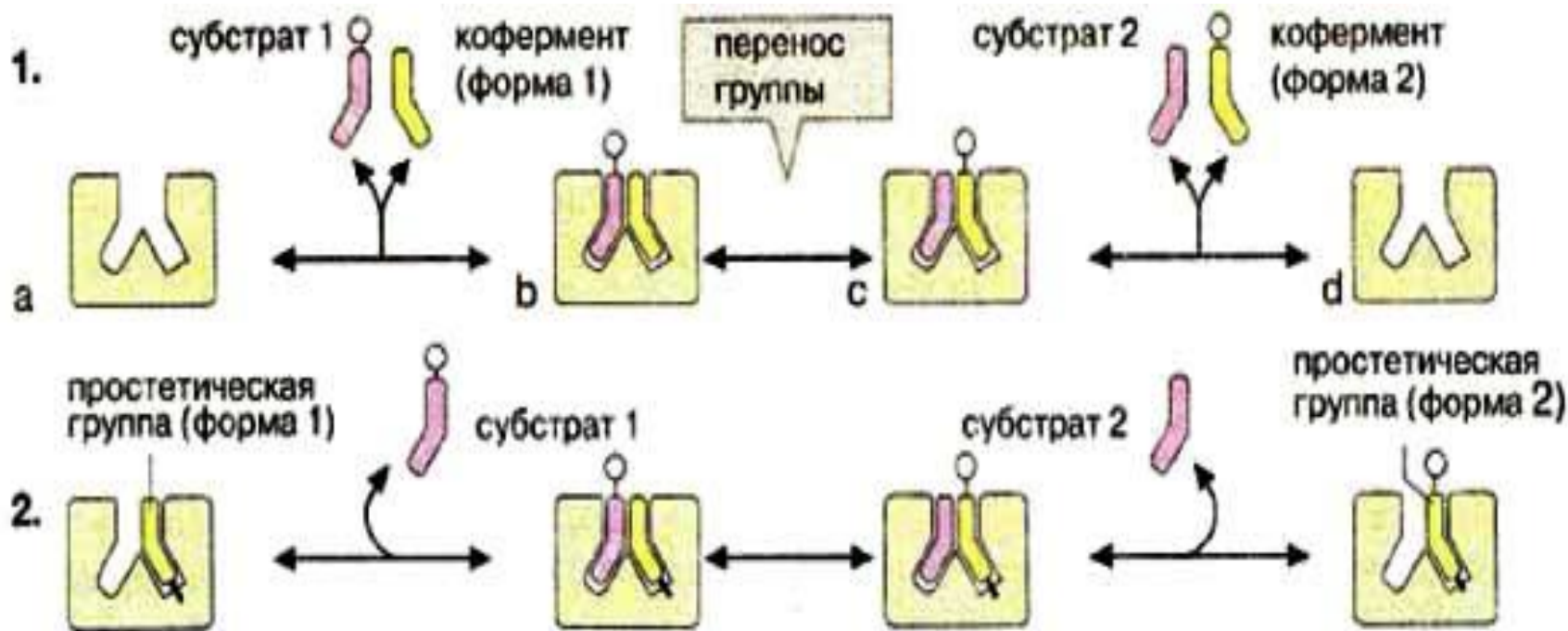
Кофермент
(ақуызсыз бөлігі)

Пиридиндік, флавиндік,
ТПФ,
кобамидтік, пиридоксиндік,
фолаттық, ацетилдеу (А),
липой қышқылы, Q
коферменттері


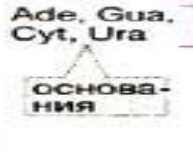
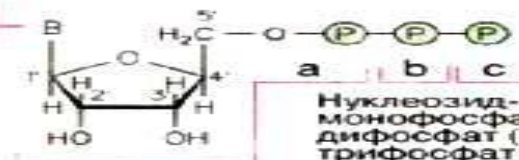



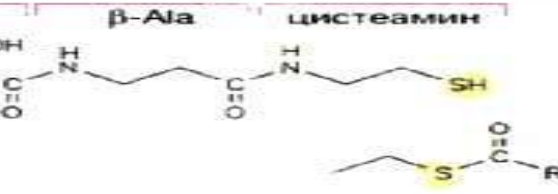
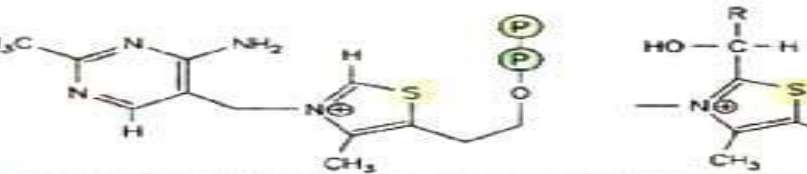

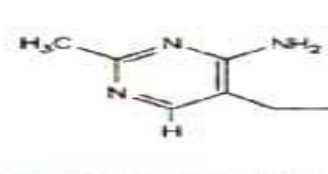
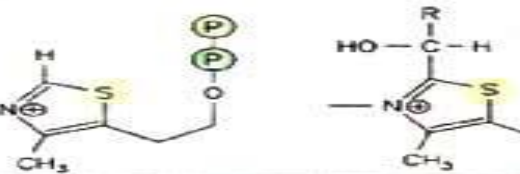

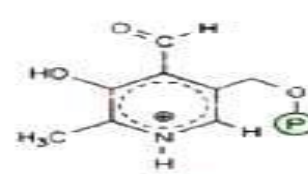
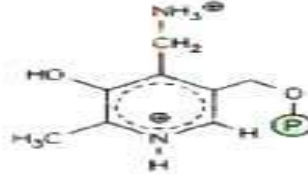

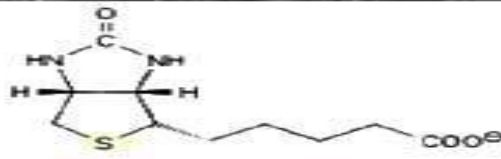
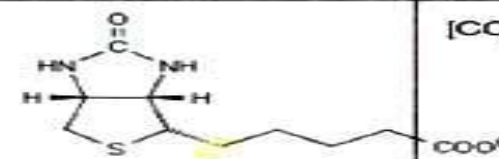

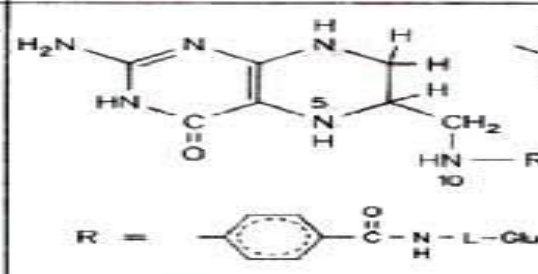
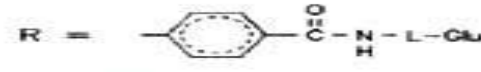
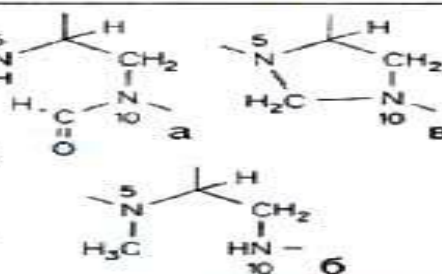
Ферменттер құрамына қарай:

- Ақуызды – *қарапайым* (рибонуклеаза, пепсин, трипсин, химотрипсин, папаин, амилаза және гидролаза класына жататын басқа да ферменттер) апоферменттер;
- Ақуызды (апофермент) және ақуызды емес бөлік (коферменттен немесе кофактор (Na^+ , K^+ , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Cu^{2+} , Co^{2+} , Zn^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} , Ni^{2+} , Mo^{2+} т.б. активатор иондар)) тұратын- *күрделі* ферменттер
Апофермент кофакторсыз белсенді бола алмайды.

Биохимиялық реакцияларда кофермент екі түрлі қызмет атқарады: 1. Күрделі фермент құрамында субстраттың катализдік өңделіп өзгеруіне қатысады, бұл кезде кофермент оның активті ортасында енеді; 2. Бір субстраттан екінші субстратқа(не басқа ферментке) электрондарды, протондарды немесе химиялық топтарды тасымалдайды.



А. Коферменты: функции

Кофермент (символ)	Свободная форма	Заряженная форма	Переносимые группы	Наиболее важные ферменты
1. Нуклеозид-фосфат 	Ade, Gua, Cyt, Ura  ОСНОВАНИЯ	 Нуклеозид-монофосфат (а) дифосфат (б) трифосфат (в)	 B-Rib B-Rib-P B-Rib-PP	Фосфотрансферазы Нуклеотидил-трансферазы (2.7.n.n) Лигазы (6.n.n.n)
2. Кофермент А 	пантотевая кислота  β-Ala цистеамин  Rib - Ade		Ацильные остатки S-C(=O)-R	Ацилтрансферазы (2.3.n.n) CoA-трансферазы (2.8.3.n)
3. Тиамин-дифосфат 			Гидрокси-алкильные остатки HO-C(R)-H	Декарбоксилазы (4.1.1.n) Дегидрогеназы кетокилот (1.2.4.n) Транскетолазы (2.2.1.1)
4. Пиридо-ксальфосфат 			Амино-группа Аминокислотные остатки	Трансаминазы (2.6.1.n) Многие лиазы (4.n.n.n)
5. Биотин 			[CO ₂]	Карбоксилазы (6.4.1.n)
6. Тетрагидро-фолат 	 R = 	 а б	С ₁ -группы: а-формил б-метилен в-метил	С ₁ -трансферазы (2.1.n.n)

А. Коферменты переноса групп

Кофермент	Окисленная форма	Восстановленная форма	R	Тип ^{а)}	Перенос
1. NADP [⊕]				P	H [⊖] (2e [⊖] 1H [⊕])
2. Флавиновый кофермент				П	2[H] (2e [⊖] 2H [⊕])
3. Липоамид				П	2[H] (2e [⊖] 2H [⊕])
4. Убихинон (кофермент Q)				P	2[H] (2e [⊖] 2H [⊕])
5. Гем				П	1e [⊖]

Б. Окислительно-восстановительные коферменты ^{а)} P- растворимы, П- протестическая

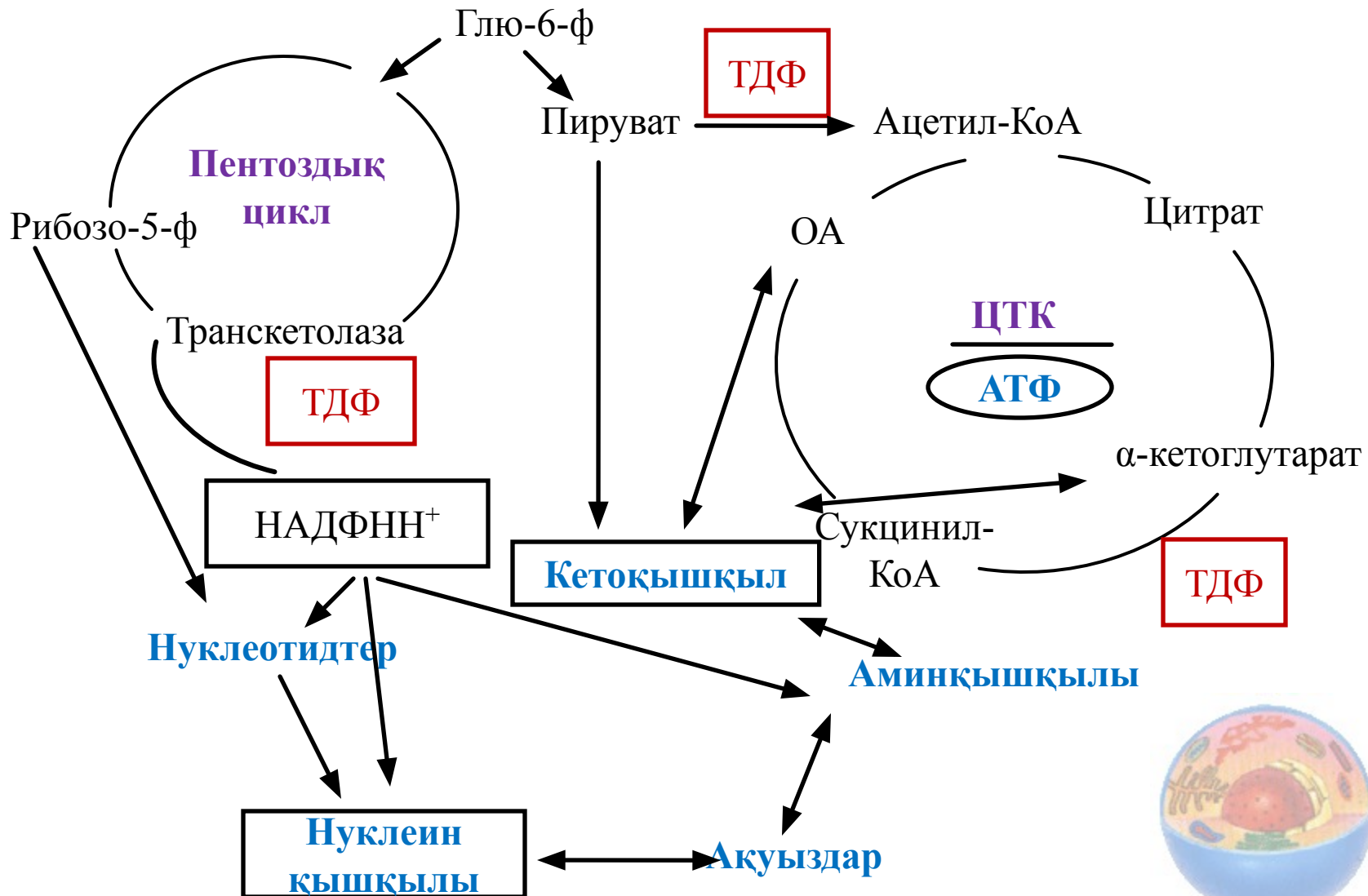
Коферменттер

- NAD^+ , NADP^+ сутек тасымалдаушылар (электрон) **НИКОТИН ҚЫШҚЫЛЫ** - витамин РР
- FAD сутек тасымалдаушылар (электрон) Рибофлавин - витамин B_2
- Кофермент- А ацил топтарын тасымалдаушы **ПАНТОТЕН ҚЫШҚЫЛЫ**
- **Биотин** CO_2 тобын байланыстырушы
- **Пиридоксальфосфат** амин топтарын тасымалдаушы, пиридоксин - витамин B_6

метаболизмге тиаминнің қатысуы

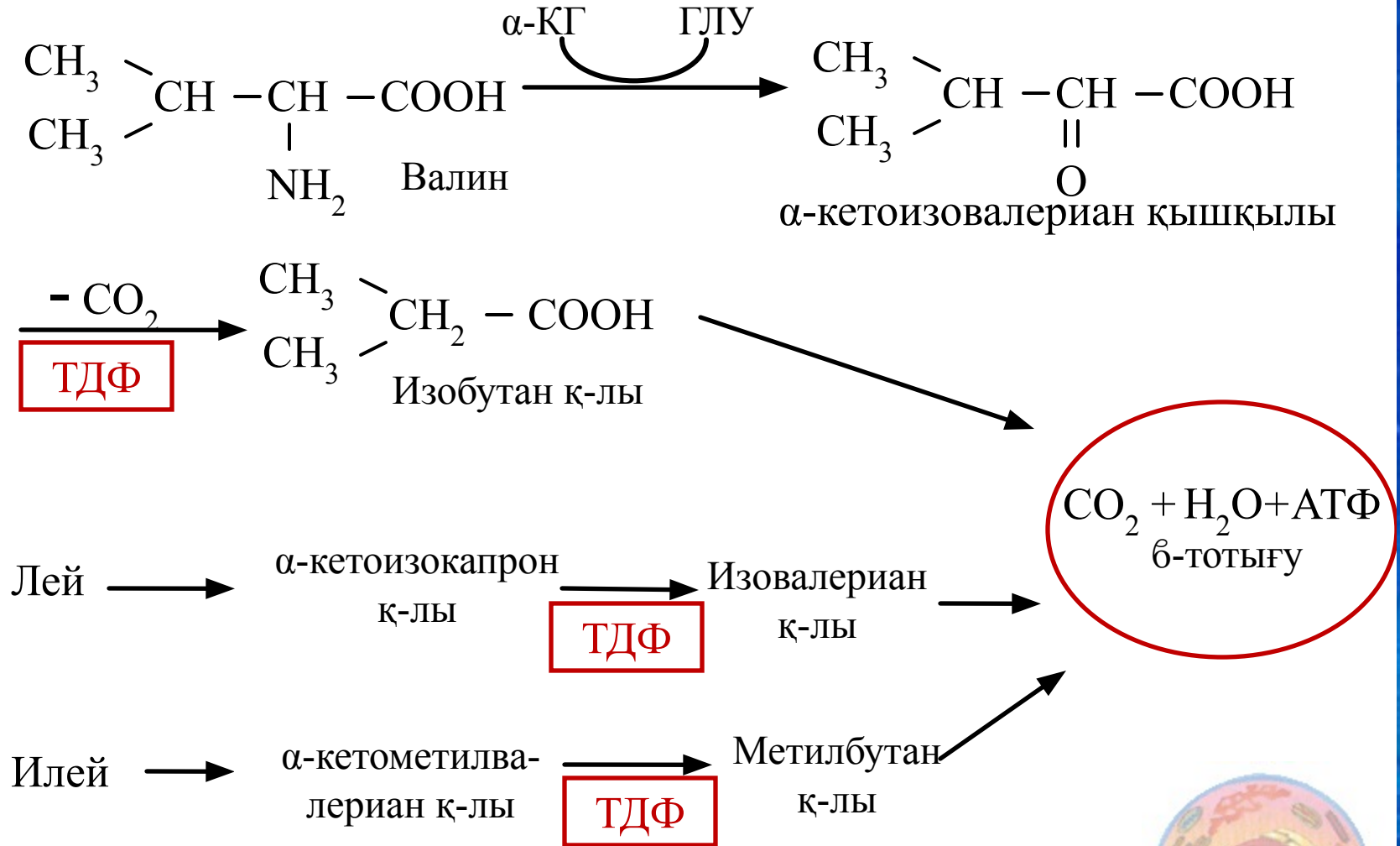
Коферменттік функция

1. Көмірсу, ақуыз, нуклеиндік, энергетикалық алмасу.



Тиаминні метаболізмге қатысуы

2. Амин қышқылының алмасуы



Тиаминнің метаболизмге қатысуы

2. Кейбір коферменттер

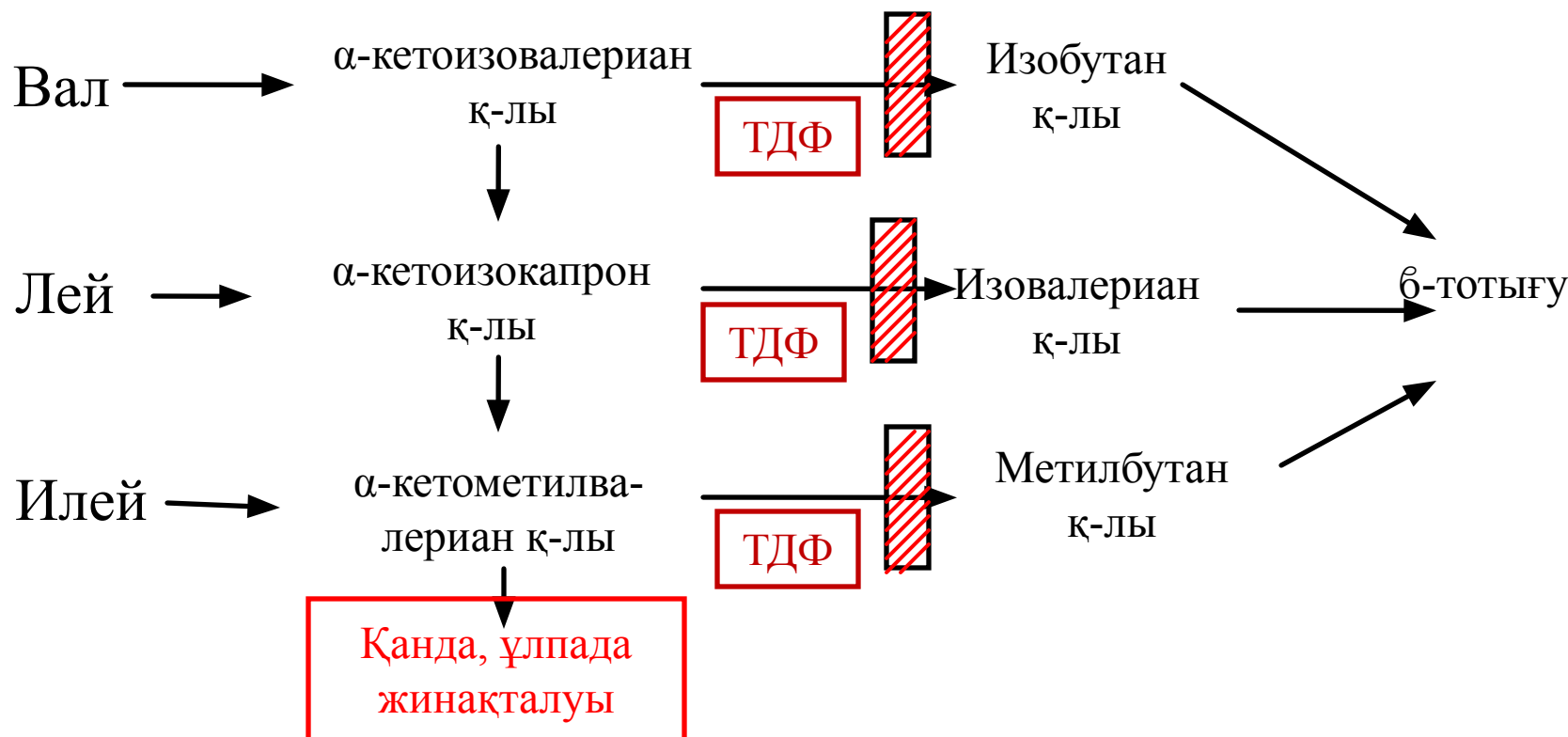
- **ТТФ** – нейрондарда энергетикалық алмасу, жүйке импульстарын жүргізу, нейрон мембраналарының өткізгіштігі;
- холинэстераза биосинтезінің синтезі(**ХЭ**)

Холин \rightleftharpoons Ацетилхолин (импульстің берілуі)
ХЭ



Тиамин алмасуының бұзылуы

«Зәр иісі клен ағашының сөлі тәрізді»



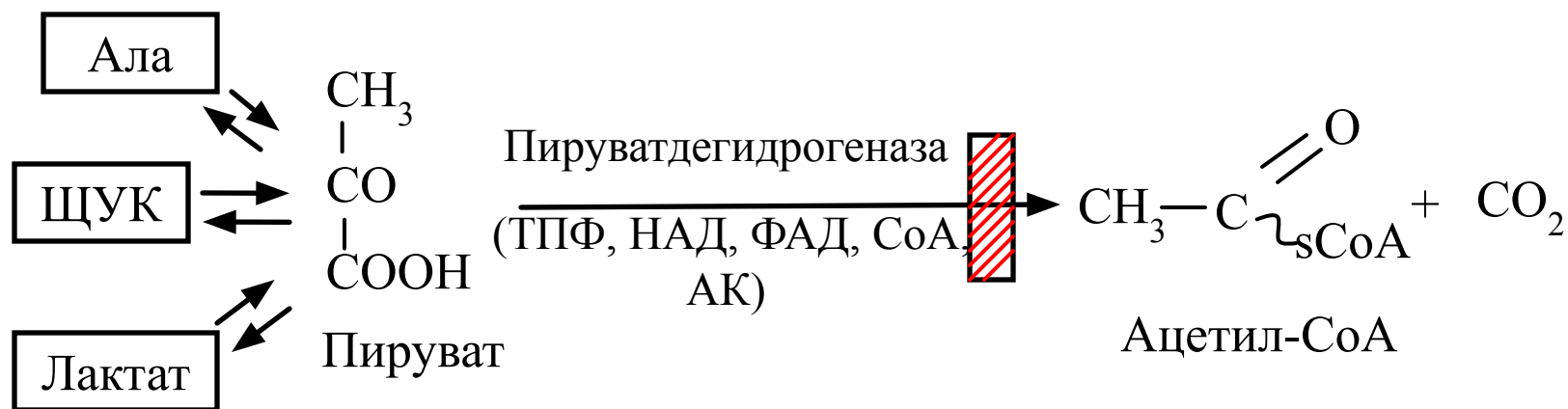
ВАЛ, ЛЕЙ, ИЛЕЙ алмасуында тотыға декарбоксилденуін катализдейтін апоферменттер мен коферменттер биосинтезінде ауытқу

Жүйке жүйесінің симптоматикасы: сезіну қабілеті бұзылады, бұлшық ет ауырып, әлсірейді, психикалық ауытқу байқалады.

Ақуыздың жеткіліксіздігі, жасанды тамақтандыру: ВАЛ, ЛЕЙ, ИЛЕЙ құрамы азайғанда.

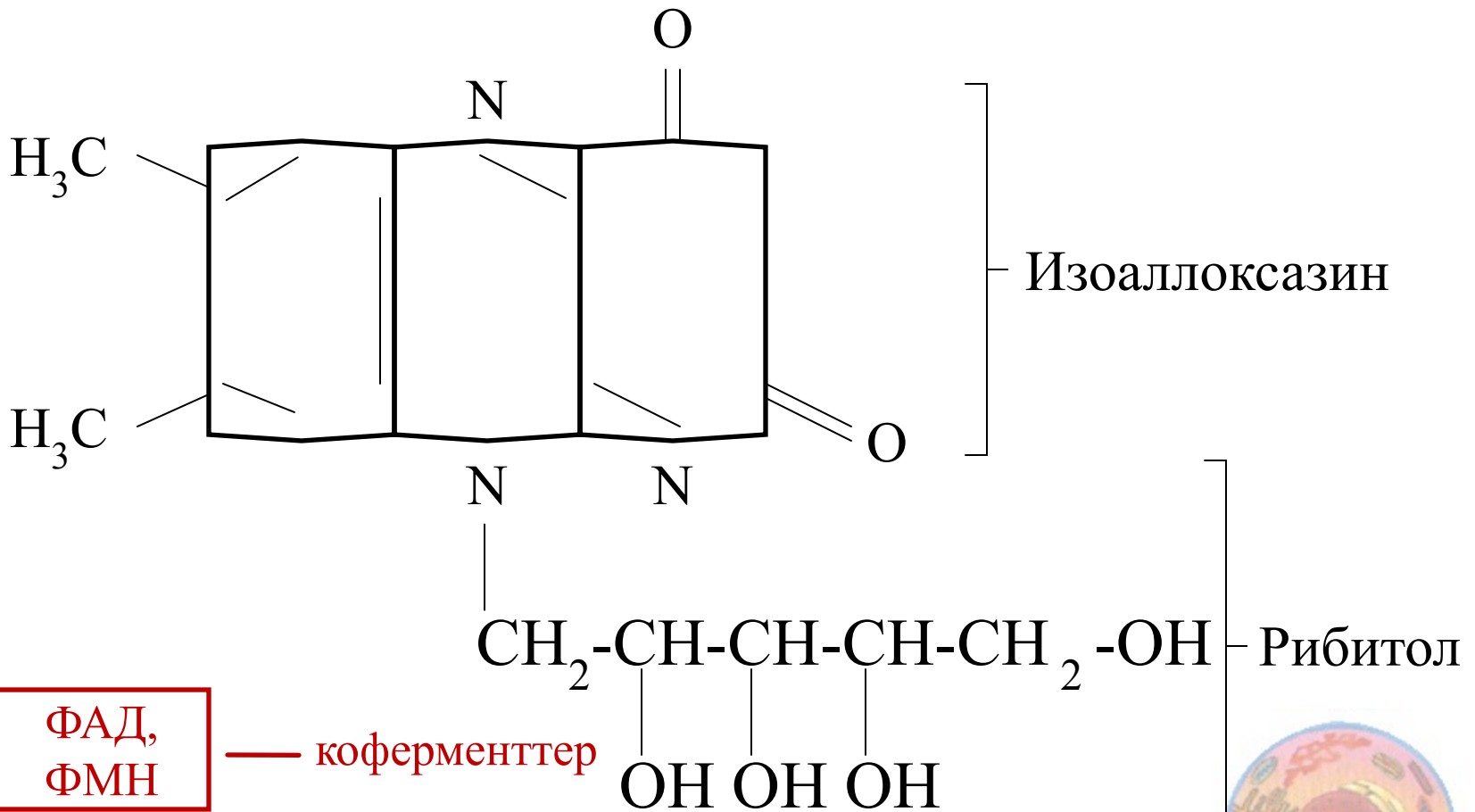
Тиамин алмасуының бұзылуы

пируватдегидрогеназдық комплекс жарамсыз



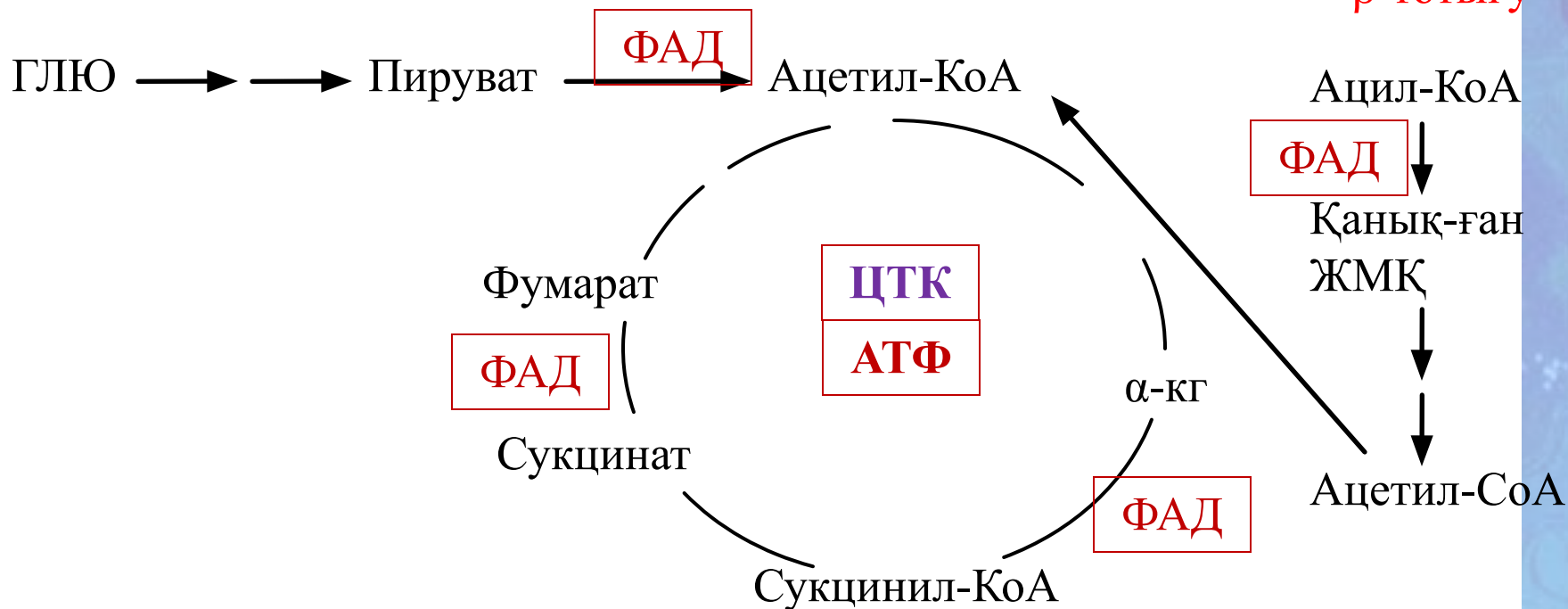
пируваттың декарбоксилденуін катализдейтін апоферменттер коферменттердің биосинтезінің бұзылуы	тотыға немесе	Полиневрит тиаминнің гиповитаминозы кезінде	Мегавитаминотерапия
---	--------------------------	--	---------------------

Витамин В₂



В₂ витаминінің метаболизмге қатысуы

Көмірсу, май алмасу

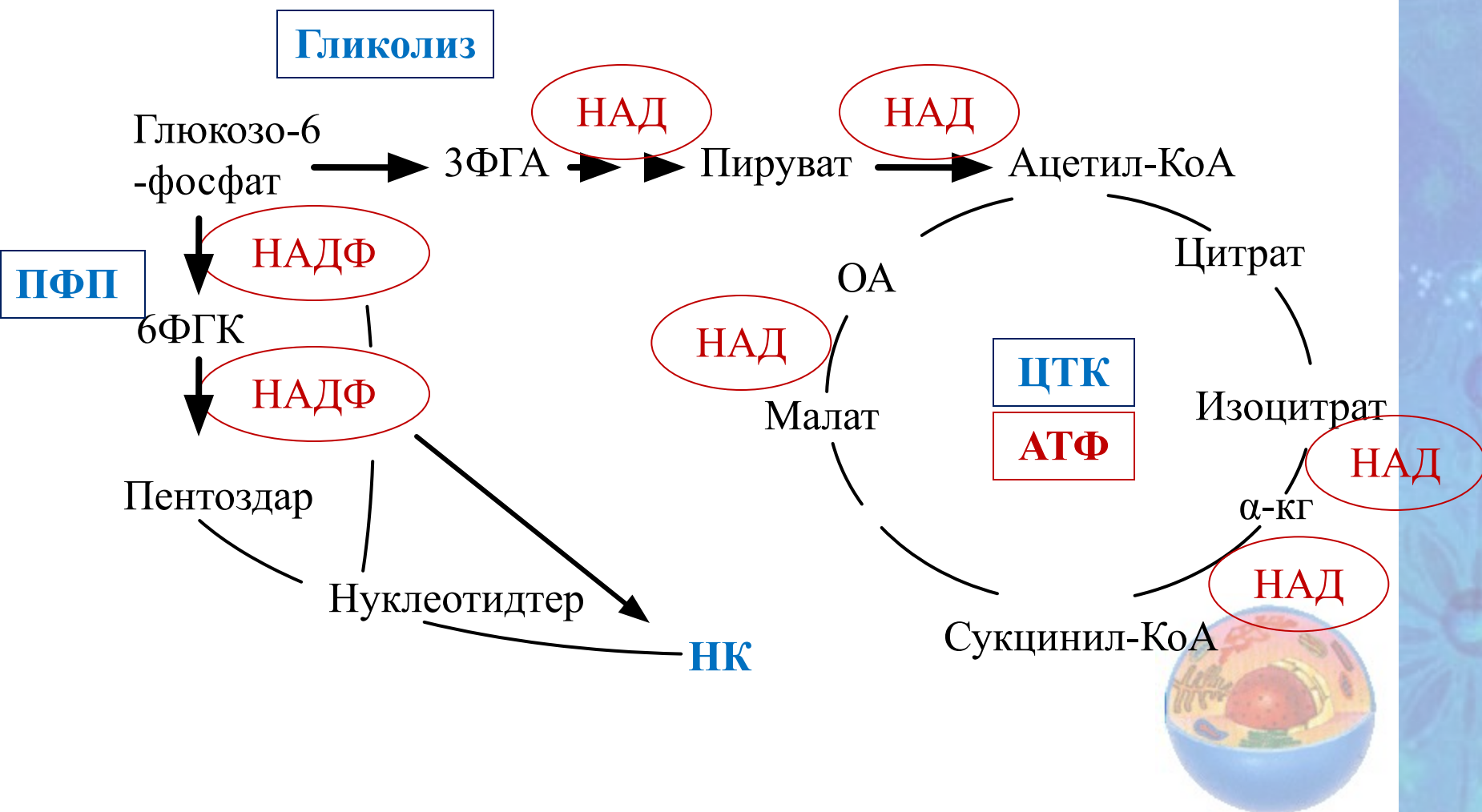


β-ТОТЫҒУ



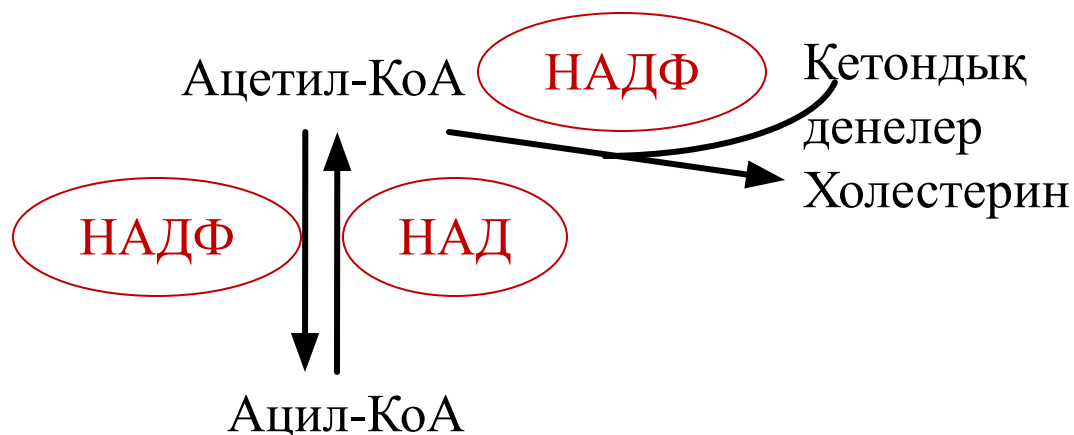
РР метаболизмге қатысуы

1. Көмірсу, нуклеиндік алмасу



РР метаболизмге қатысуы

2. Липидтік алмасу



3. Биоэнергетикалық алмасу – тыныстану тізбегі (НАД, НАДФ – тәуелді дегидрогеназалар)

4. Этанолдың тотығуы (алкогольдегидрогеназа-НАД)

5. B_9 витаминінің белсендірілуі



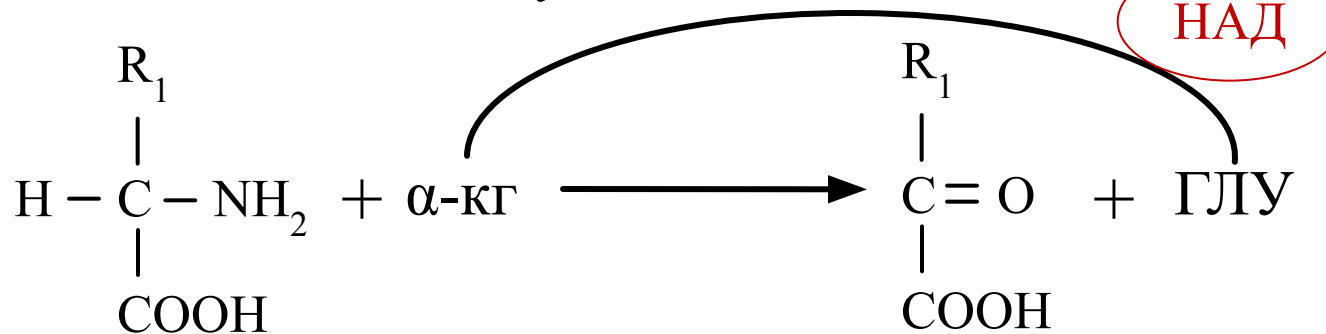
РР метаболизмге қатысуы

6. Амин қышқылының алмасуы

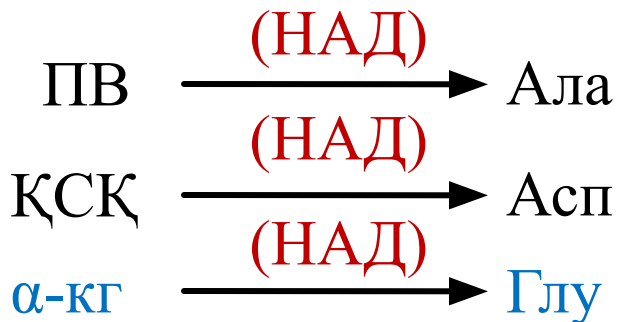
•Тура дезаминдену



•Жанама дезаминдену



•Тотықсыздана аминдену



Коферменттер және витаминдер

Витамин	Коферментті форма	Катализдейтін реакция
Тиамин (В ₁)	Тиаминпирофосфат	α -кетокышқылдарды декарбоксилдеу
Рибофлавин (В ₂)	Флавинмононуклеотид, флавинадениндинуклеотид	Тотықтырғыш - қалпына келтіргіш реакциялар
Никотиновая кислота	Никотинамидаденин- динуклеотид, никотинамид- адениндинуклеотидфосфат	Тотықтырғыш - қалпына келтіргіш реакциялар
Пантотен қыш	Кофермент (коэнзим) А	Ациль топтарының тасымалдауы
Пиридоксин (В ₆)	Пиридоксальфосфат	Аминотоп ауысуы
Биотин (Н)	Биотицин	СО ₂ ауысуы
Фоль қышқылы	Тетрагидрофолат	Бір көміртекті топтардың тасымалдауы
Витамин В ₁₂	Дезоксиаденозилкобаламин	Көміртектің көрші атомына сутектің атомы тасымалдау көміртекке қатысты
Аскорбин қышқылы	белгісіз	Гидроксилдеу реакциясы

Ферменттердің жіктемесі

- 1. **Оксидоредуктазалар**- Тотығу-тотықсыздану реакциясы
- 2. **Трансфераза**- Функционалдық топтарды тасымалдаушы
- 3. **Гидролазалар**- Гидролиз реакциясы
- 4. **Лиазалар**- Гидролиттік емес жолмен С-С байланысының ыдырауы немесе еселенген байланысты түзе немесе үзе отырып түрлі топты қосып немесе ажыратып алатын реакцияларын үдетеді.
- 5. **Изомеразалар**- Изомерлік өзгерулер
- 6. **Лигазалар**(синтетазалар)- Жоғары энергиялық АТФ байланысты (немесе басқа да жоғары энергетикалық қосылыстар) қолданумен екі молекуланың бір-бірімен қосылуы

Класс	Тип реакции	Важнейшие подклассы
1 Оксидо-редуктазы	<p>○ = Восстановительный эквивалент</p> <p>$A_{red} + B_{ox} \rightleftharpoons A_{ox} + B_{red}$</p>	Дегидрогеназы Оксидазы, пероксидазы Редуктазы Моноксигеназы, диоксигеназы
2 Трансферазы	<p>$A-B + C \rightleftharpoons A + B-C$</p>	C ₁ -Трансферазы Гликозилтрансферазы Аминотрансферазы Фосфотрансферазы
3 Гидролазы	<p>$A-B + H_2O \rightleftharpoons A-H + B-OH$</p>	Эстеразы Гликозидазы Пептидазы Амидазы
4 Лиазы ("синтазы")	<p>$A + B \rightleftharpoons A-B$</p>	C-C- Лиазы C-O- Лиазы C-N- Лиазы C-S- Лиазы
5 Изомеразы	<p>$A \rightleftharpoons \text{изо-}A$</p>	Эпимеразы <i>цис-транс</i> -Изомеразы Внутримолекулярные трансферазы
6 Лигаза ("синтетазы")	<p>$X = A, G, U, C$</p> <p>$B + A + XTP \rightleftharpoons A-B + XDP + P_i$</p>	C-C- Лигаза C-O- Лигаза C-N- Лигаза C-S- Лигаза

Энзим жіктемесі– Е.С. (Enzyme Classification)

- Е.С.1. – оксидоредуктаза (*oxidoreductases*).
- Е.С.2. – трансфераза (*transferases*).
- Е.С.3. – гидролаза (*hydrolases*).
- Е.С.4. – лиаза (*lyases*).
- Е.С.5. – изомераза (*isomerases*)
- Е.С.6. – лигаза (*ligases*).

Оксидоредуктазалар- субстраттың тотығу тотықсыздану реакцияларының жүру барысын (**сутегі атомдарын немесе электрондарды бөліп және қосып алу**) жеделдетеді.

1) **анаэробты** (оттексіз), сутек атомы мен электронды оттегі молекуласына емес субстратқа берілуін үдеді (**НАД,НАДФ** коферменттері); **металл иондары;**
дегидрогеназалар;

2) **аэробты** дегидрогеназа тотыққан субстраттан сутегіні оттегіге тасымалдаушы (**ФАД, ФМН** коферменттері)
оксидазалар қатарына жатады.

цитохромдар; пероксидаза және каталаза ферменттері.

Оксиредуктаза түрлері

Дегидрогеназа (редуктаза)

Оксидаза

Пероксидаза

Гидроксилаза

Оксигеназан

Гидрогеназа

Оксиредуктаза жіктемесі

Е.С.1.1. –СН-ОН функцияға істейді

Е.С.1.2. –альдегидті топқа істейді

Е.С.1.3. –СН-СН топқа істейді

.....

Е.С.1.10. –дифенолдарға және туыс топтарға істейді

.....

Е.С.1.13. – молекулалық оттектің енгізуімен оңай байланысқа жұмыс істейді

.....

Е.С.1.17. –СН₂ фрагменті істейді

Оксиредуктаза

Е.С.1.1.1.1. – алкоголь дегидрогеназа NAD+

Е.С.1.1.1.2. – алкоголь дегидрогеназа NADP+

.....

Е.С.1.1.1.27 – L-лактат дегидрогеназа

.....

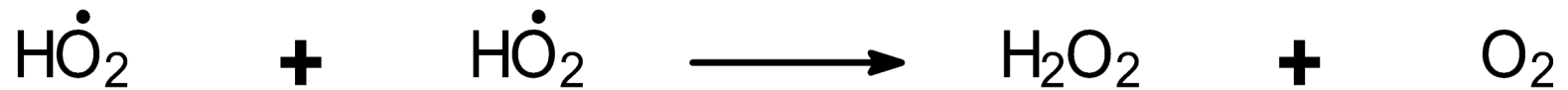
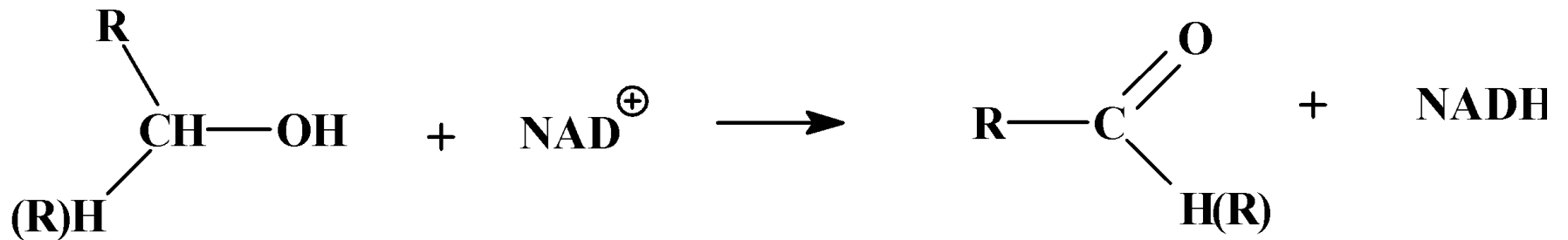
Е.С.1.1.1.32 – мевальдат редуктаза

.....

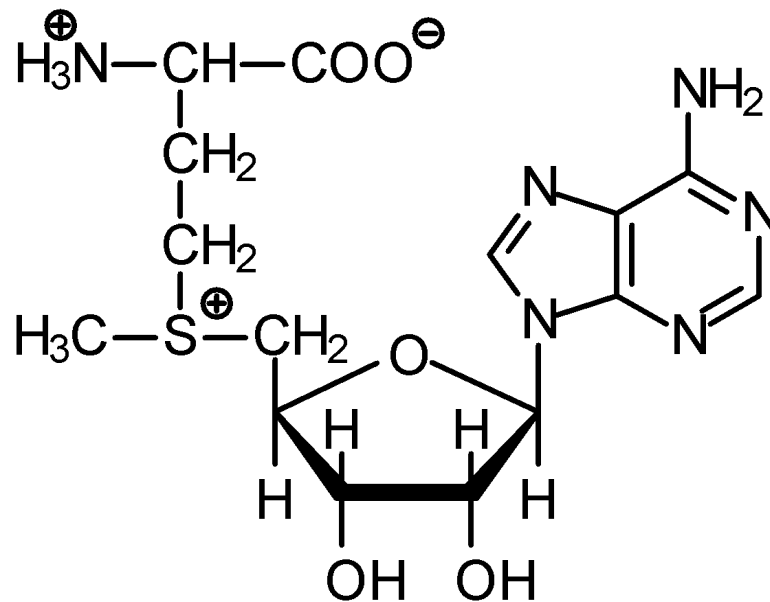
Е.С.1.1.1.62 – эстрадиол 17-β-дегидрогеназа

Оксиредуктаза

E.C.1.1.1.1

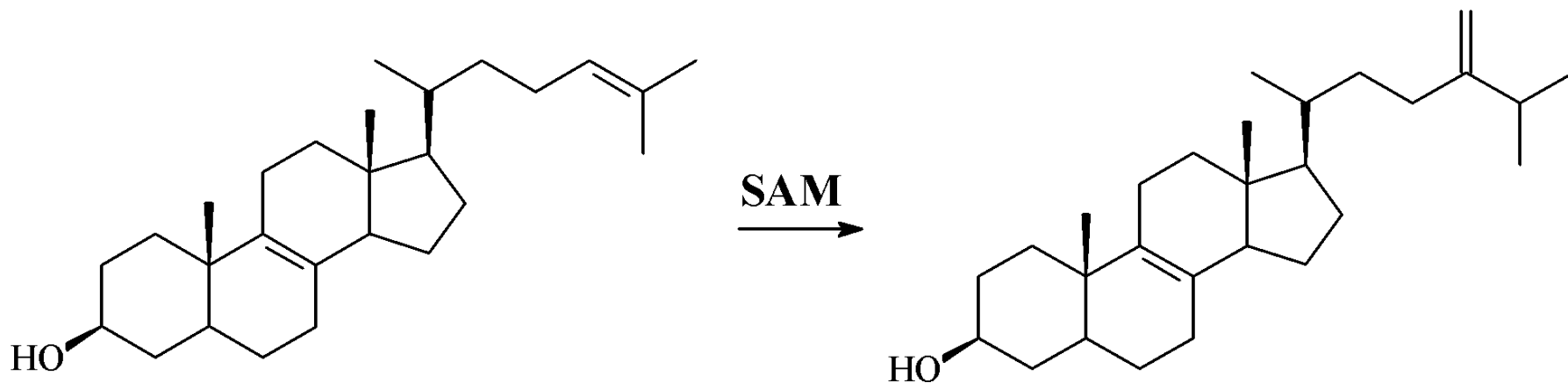


Трансферазалар



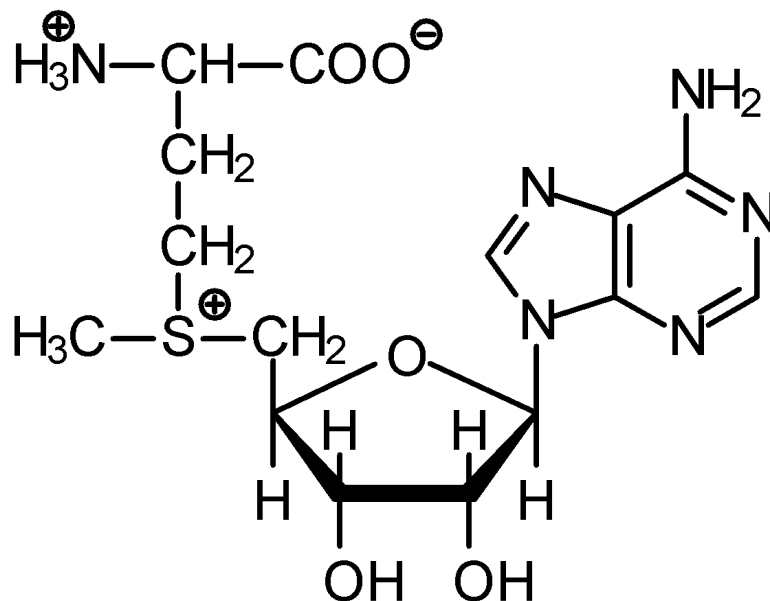
S-Аденозил-метионин

Трансферазалар



SAM – S-аденозил-L-метионин

Трансферазалар

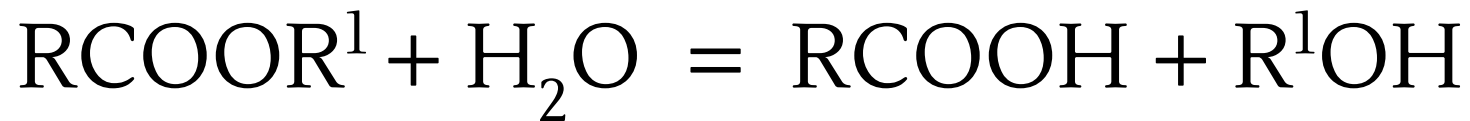


S-Аденозил-метионин

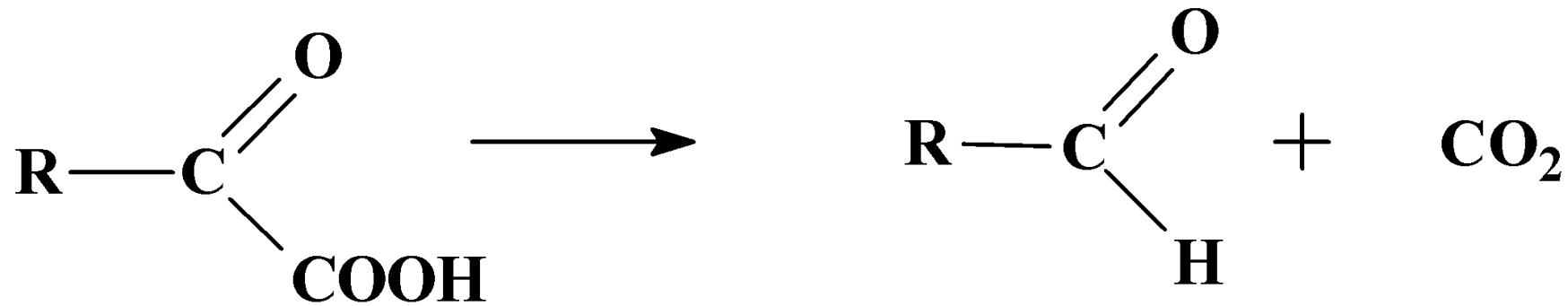
Гидролазалар

Е.С.3.1 қолданыстағы күрделі эфир байланыстарына
гидролаза

Е.С.3.1.1.1 карбоксилэстеразалар



Лиазалар

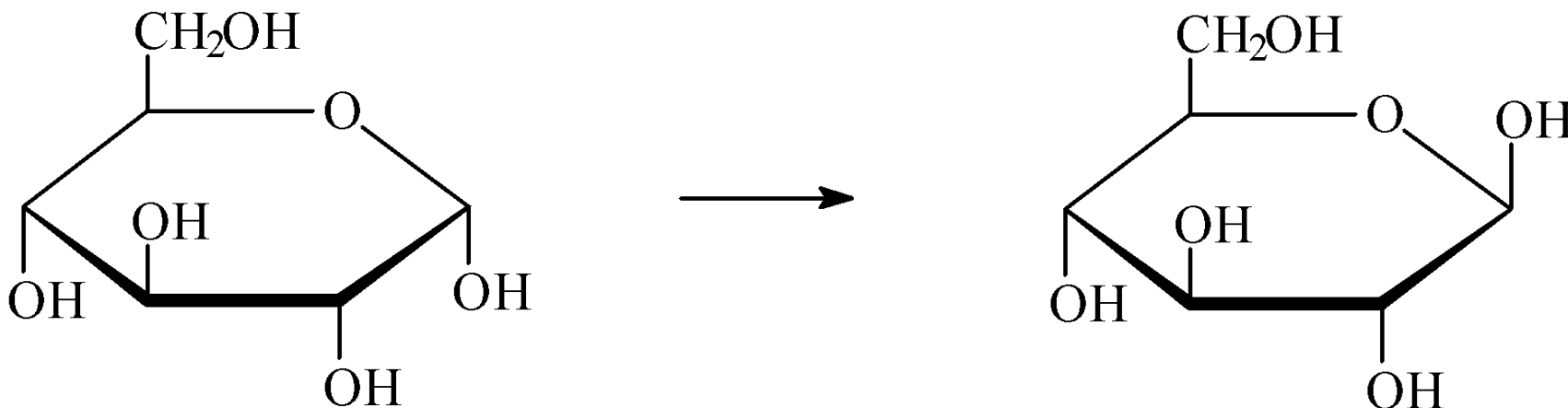


Изомеразалар

Е.С.5.1. рацемазалар мен эримеразалар

Е.С.5.1.3. қолданыстағы көмірсутекке және оның туындыларына

Е.С.5.1.3.3. альдоза-1-эпимераза



Ферменттердің жалпы қасиеттері.

- Ферменттің субстратқа сәйкестігі **құлыптың кілтке сәйкестігі тәрізді**» (Э.Фишер 1894 ж.).
- **Термобилділігі**, температуралық оптимум 37-42⁰С (кейбір өсімдіктерде оптимум 50-60⁰С).
- Органың **pH мәніне тәуелді** (пепсин 1,5-2,5; катепсин 4,5-5,0; уреаза 8,0; трипсин 7,8-9,5 т.б)
- **Талғампаздық** (абсолюттік, салыстырмалы, топтық,)

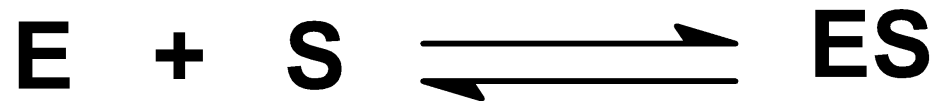
Ферменттер әсерінің теориясы

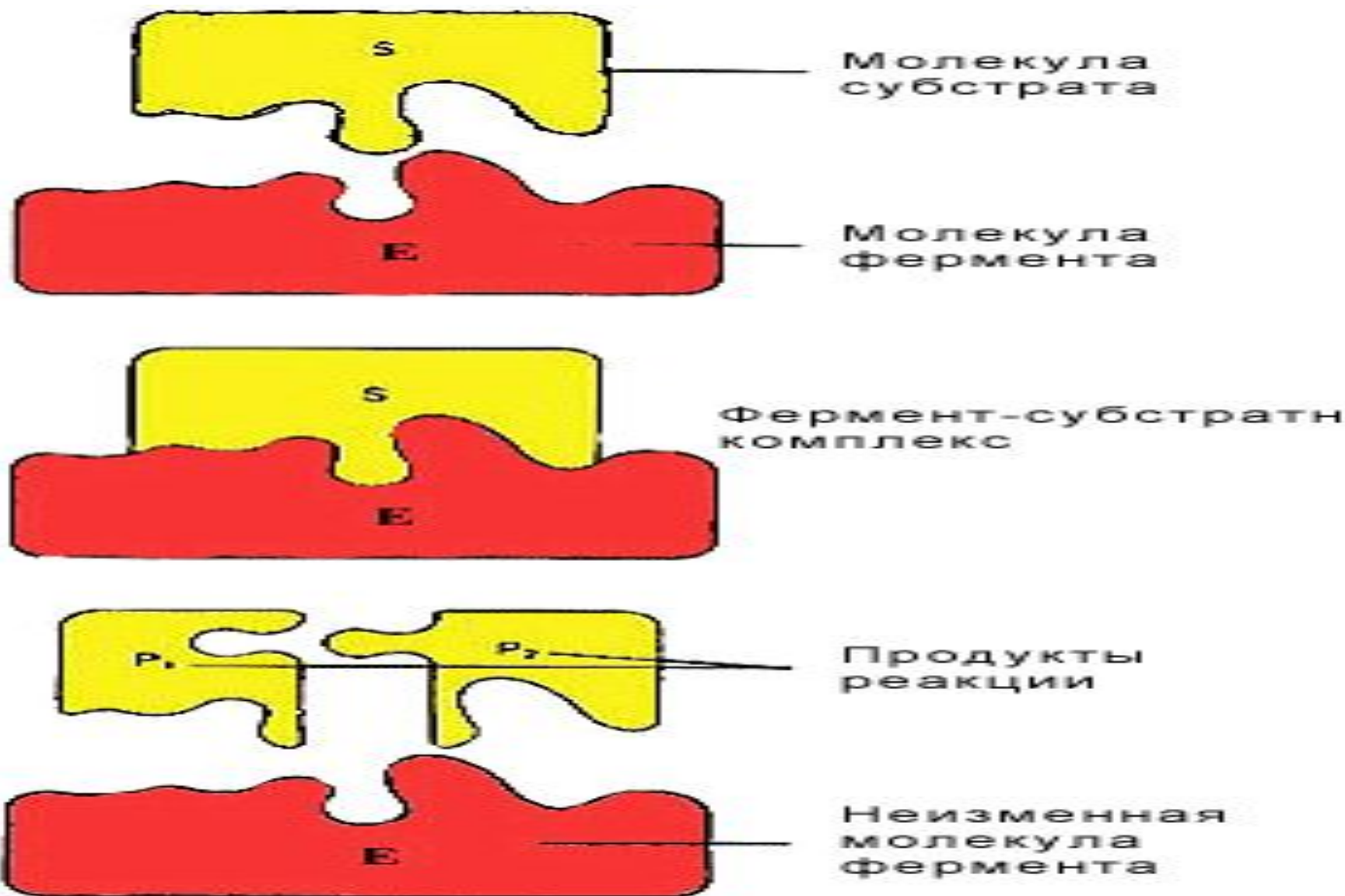
1. Фермент өзінің субстратын айырып таниды. Э. Фишердің айтуы бойынша “құлыпқа дәл келетін кілт сияқты”, субстрат та активті орталыққа дәл келуі керек
2. Қатал іріктеп өзіне ғана тән реакцияны катализдейді.
 - Теория бойынша фермент әсері екі сатыдан тұрады:
 - 1) фермент пен субстрат арасында комплекс — фермент-субстрат түзіледі.
 - 2) фермент-субстрат комплексі ыдырайды да, реакцияның соңғы өнімдері түзіледі, ал фермент босап шығады.

Фермент реакцияларының кинетикасы

Виктор Генри (1903 ж.)

Леонор Михаэлис, Мод Ментен (1913 ж.)





Молекула субстрата

Молекула фермента

Фермент-субстратный комплекс

Продукты реакции

Неизменная молекула фермента

- **Абсолюттік талғампаздық** белгілі бір айқын құрылымды субстратқа әсер ететін ферменттерге тән. Мысалы, аргиназа аргининді орнитин және мочевиіаға ыдыратады. Абсолюттік талғампаздық қасиеті бар ферменттерге уреаза, ацетилхолин-эстераза т.б. Липазаның майлардың гидролизденуіне әсері.
- **Салыстырмалы талғампаздық** белгілі бір байланыс арқылы түзілген қосылыстарға әсер ететін ферменттер. Мысалы, протеиназалар құрамында $-CO-NH-$, пептидті байланыстағы қосылыстарды гидролиздеуге, ал эстеразалар $-O-$, эфирлі байланыстарды үзуге қатысады.
- **Топтық талғампаздықпен** белгілі бір байланыс арқылы түзілген және бірдей функционалдық топтары бар ферменттер сипатталады. Құрылысы жағынан өте ұқсас- кеңістіктік изомерлердің (α - және β - метилглюкозидтер) молекуласындағы эфирлік байланыстар бір-біріне ұқсамайтын түрлі ферменттердің қатысында үзіледі.

Ферменттердің құрылысы және әсер ету механизмі.

Фермент

Симплекс

Белоктық бөлігі

Ферон (тасымалдаушы)

Қосалқы топ

Агон (белсенді топ)

Холофермент

Апофермент

Кофермент

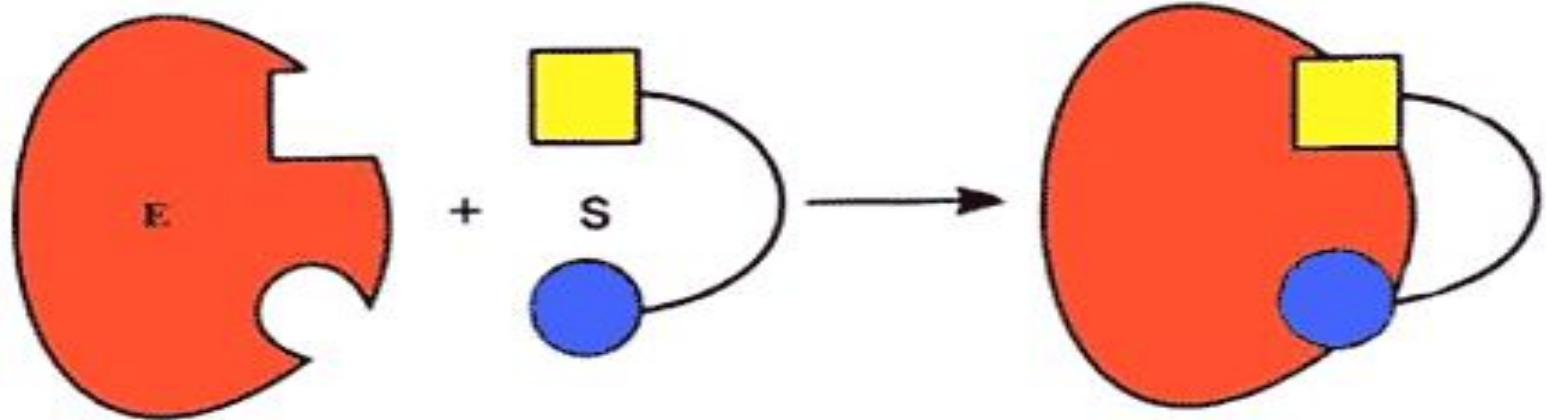


Ферменттердің қасиеттері

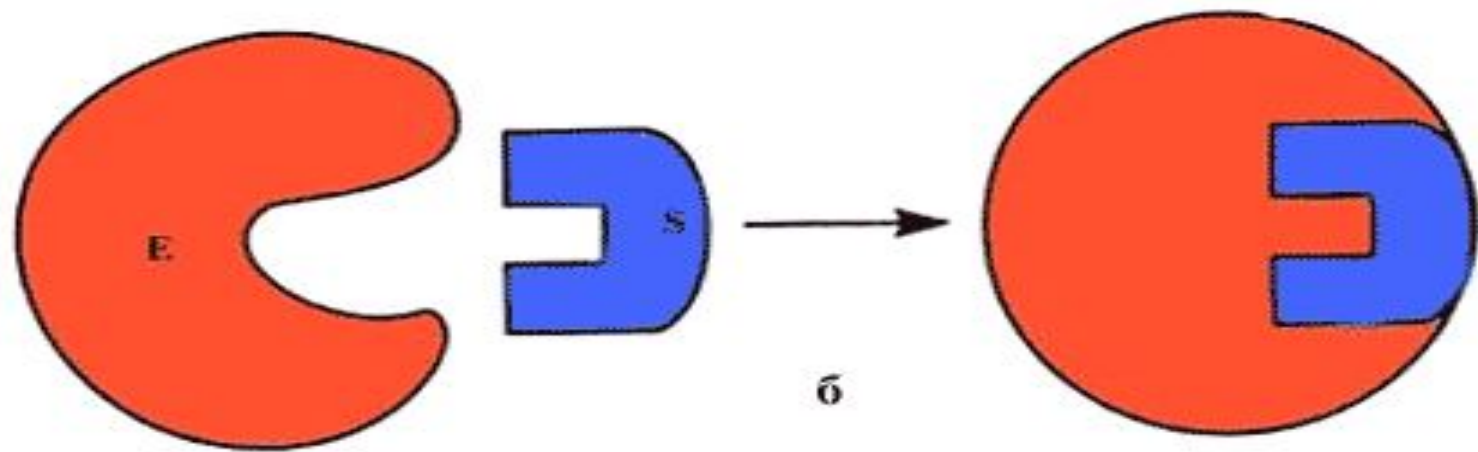
1. Ферменттік реакциялар жылдамдығына температураның әсері;
2. Ортаның рН көрсеткішінің әсері;
3. Фермент әсерінің ерекшелігі;
4. Фермент активаторлары мен ингибиторлары;
5. Проферменттер және оларды активтендіру;
6. Изоферменттер;
7. Мультиферменттік жүйе.

Ферменттердің өздеріне тән ерекшелігі

- Ферменттің реакцияны тездету қасиеті:
фермент тек өзінің ғана субстратын байланыстырады және сол субстратты катализдейді
- Ферменттің өз субстратын тануы, байланыстыруы және реакция катализін жүргізуі *ферменттің өзіне тән ерекшелігі* деп аталады.
- Кейде фермент ұқсас құрылымы бар субстраттар тобына да әсер етеді және молекуладағы белгілі бір химиялық байланыстарды ажыратып бөледі.



a



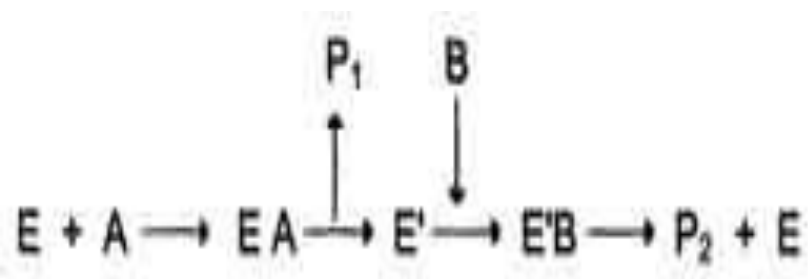
b

Фермент активтілігіне температура әсері

- 30-40⁰С жағдайда тірі организмде ферменттер әсіресе белсенді.
- Ферменттер өзі ақуыз болғандықтан, өте жоғары температурада денатурацияланады да катализдік қасиеттерінен ажырауы мүмкін.
- Төменгі температурада ферменттік реакциялардың жылдамдығы өте баяу. Мұны азық-түлік өнімдерін сақтау үшін қолданады.

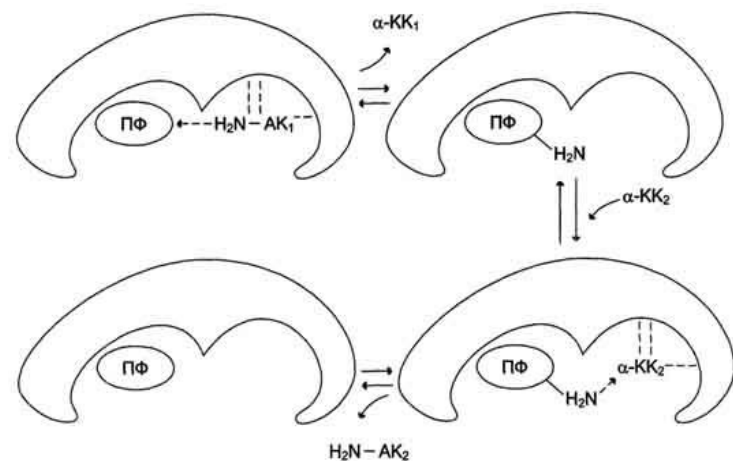
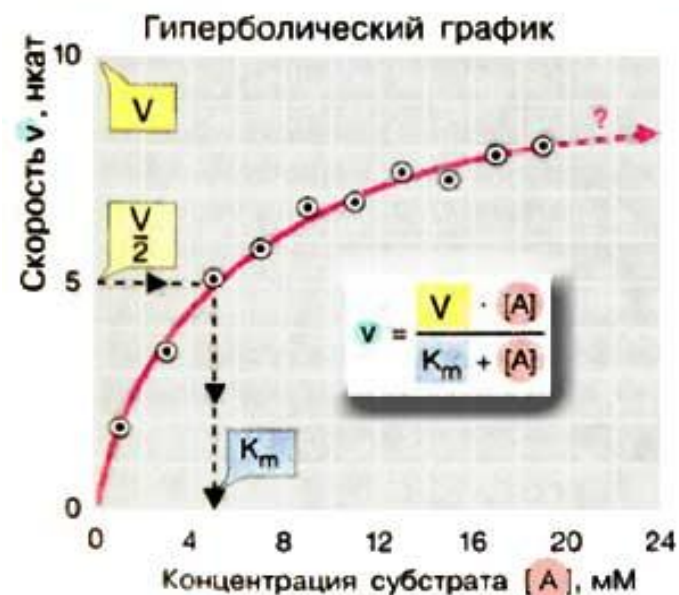
Ферменттік реакциялар кинетикасы

- Ферменттік реакциялар кинетикасы деп реакция жүру жылдамдығын айтады. Реакция жылдамдығын белгілі бір уақыт өлшемінде фермент әсерімен түзілген өнім бойынша (немесе субстраттың жойылу мөлшері бойынша) есептейді.
- Л.Михаэлис, М.Ментен бойынша, фермент концентрациясы тұрақты кезде реакция жылдамдығы субстрат концентрациясына байланысты.



субстрат
ционал

А. Модель Михаэлиса–Ментен



Фермент реакцияларының кинетикасы

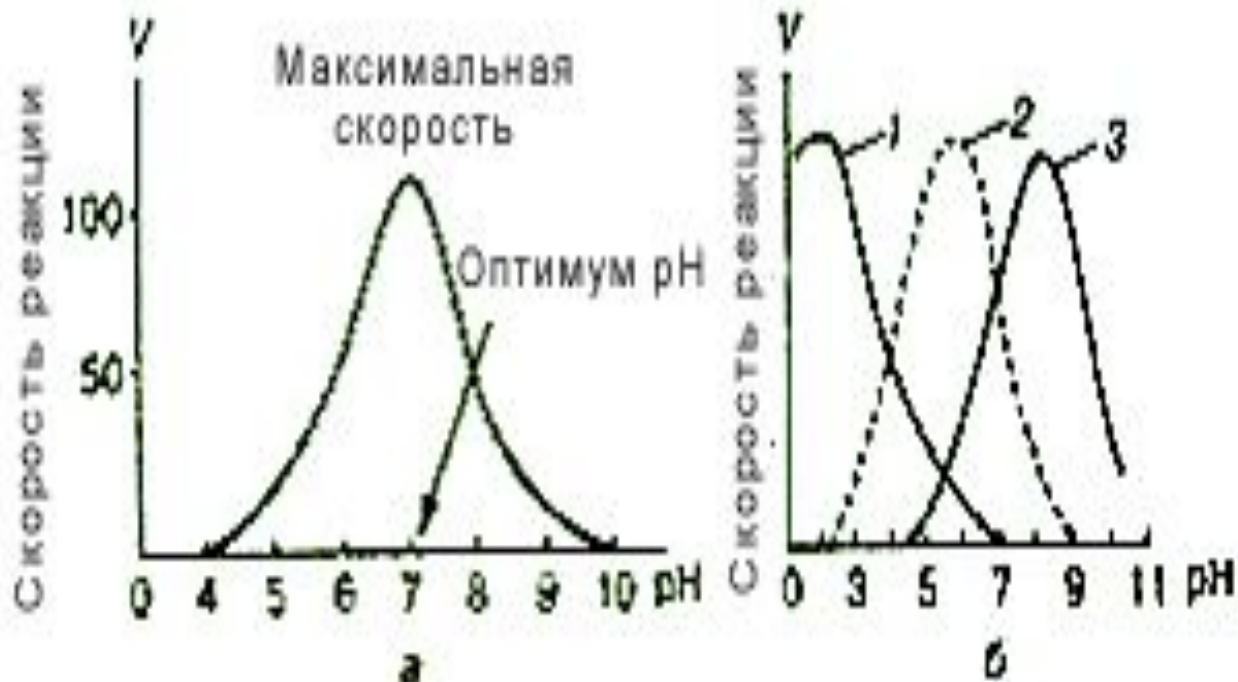
Михаэлиса-Ментен моделі

Михаэлистың тұрақтыларының мәні - үшін (кМ)

Фермент	Субстрат	K_m
Каталаза	H_2O_2	25
Гексокиназа (мозг)	АТР	0,4
	D-глюкоза	0,05
	D-фруктоза	1,5
Карбоангидраза	HCO_3	9
Химотрипсин	Глицил-тирозинил-глицин	108
	N-бензоилтирозинамид	2,5
β -Галактозидаза	D-лактоза	4,0
Треониндегидратаза	L-треонин	5,0

Фермент әрекетіне орта рН шамасының әсері

- Ортаның рН шамасына байланысты ферменттер белсенділігі бірден өзгереді. Әр түрлі ферменттер үшін рН көрсеткіші шамасы әр түрлі болады;
- Ферменттер ақуыз сияқты электр заряды бар заттар, сондықтан олардың кеңістіктік құрылымы рН шамасына тәуелді

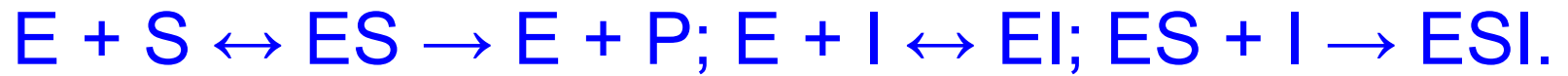


Фермент реакцияларының кинетикасы

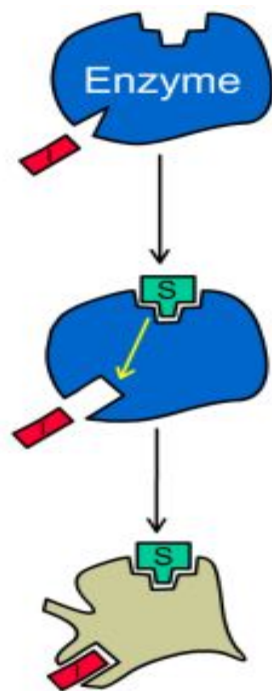
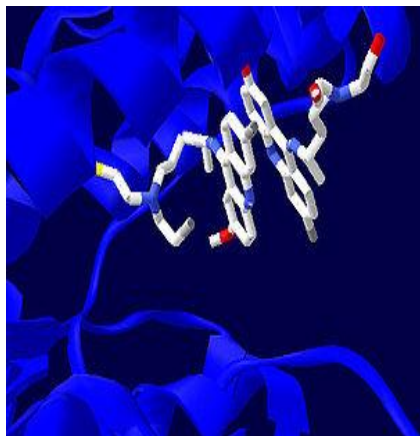
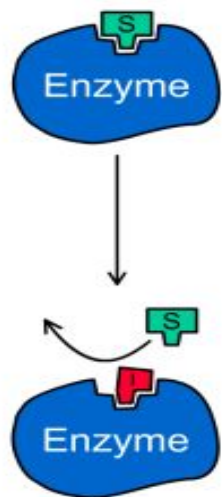
рН фермент реакциялары жылдамдығына тәуелділігі
кейбір ферменттер үшін рН тиімді мәндер

Фермент	Оптимум рН
Пепсин	1,5
Трипсин	7,7
Катал аза	7,6
Аргиназа	9,7
Фумараза	7,8
Рибонуклеаза	7,8

Бәсекелес емес қайтымды тежеу



Ингибиторлар мен активаторлар



- Фермент активтілігін арттыратын қосылыстар *активаторлар* деп аталады.

- Фермент әрекетін баяулататын, тіпті тежейтін заттар *ингибиторлар (тежегіштер)* деп аталады.

- Ферменттер әсерінің бәсекелес және бәсекелес емес тежеуіші ажыратылып бөлінеді.

Ферменттерді бөлу және тазалау

- Ферменттің нативті қасиеті сақталатын тәсіл-
глицеринмен экстракциялау;
 - Фермент құрамдас заттарды -100С жоғары емес температурада тұндырып жылдам сусыздандыру тәсілі, яғни *ацетонды ұнтақ* тәсілі,
 - *Адсорбциялау* соңынан элюциялау, яғни адсорбенттен бөлу (А.Я.Данилевский)
 - *Ионалмастырушы хроматография*,
 - *Электрофорез* оның ішінде изоэлектр-фокусирлеу,
- Хроматография* әдістер қолданылуда.

Ферменттердің тазалық дәрежесі- оның меншікті белсенділігімен бағланады, онда ферменттің белсенділігін 1 мг ақуызға шаққандағы есеппен алады.

Ферменттік белсенділік- белгілі бір фермент бөлшегінің көмегімен нақты бір уақыт аралығында алынған субстрат шамасы.

Проферменттер мен изоферменттер

- Профермент (лат. pro – алдыңғы фермент) – ферменттердің белсенді емес түрі. Безді эпителийде бірқатар протеолиттік ферменттер активті емес күйде - проферменттер (зимогендер) түрінде синтезделеді. Осының арқасында проферменттер түзілген жасушалар мен тканьдер өздерін өздері бүлдіріп бұзбайды.
- Проферменттердің белсенді түрге (ферментке) айналуын физиологиялық және биохимиялық жағдайлар реттейді.
- Проферментті белсендіру үдерісі: пептидтік байланысты ұзу арқылы профермент молекуласынан бір немесе бірнеше пептид бөлініп ажырайды, нәтижесінде ферменттің сәйкес конформациясы қалыптасады және оның белсенді бөлігі ашылады.

- Изоферменттер (грек. *isos* – тең, бірдей) – бір фермент әр түрі, олардың полипептидтік құрылысында бір-бірінен өзгешелігі болады. Олар бір түрге жататын ағзаларда немесе жеке жасушада кездеседі, олардың катализдік белсенділігі әр түрлі.
- Адам ағзасының әр түрлі ұлпасында лактатдегидрогеназаның 5 изотүрі табылды (ЛДГ1, ЛДГ2, ЛДГ3, ЛДГ4, ЛДГ5)
- Жануарлар, өсімдіктер және микроағзалардың жеке бастарының шыққан тегін анықтау үшін белгілі бір изоферменттің бар немесе жоқ болуы генетикалық белгі болып табылады.

Мультиферменттік жүйе

- Бұл әр түрлі ферменттерден құралған комплекс.
- Әрбір жеке мультиферменттік жүйе 2 ферменттен 20 ферментке дейінгі топтан құралады.
- Мультиферменттік жүйеде бірінші фермент катализдеген реакция өнімі екінші фермент катализдейтін келесі реакция үшін субстрат болады, т.с.с.





Ферменттердің практикалық маңызы

- Бактериалдық ашу
- Физиологиялық реттегіш
- Катализ
- Жасушалық метаболизм
- Макромолекулалар
- Генетикалық аппарат
- Тамақтану
- Мембраналар ультрақұрылысы
- Коферменттер
- Фармокология
- Биосинтез
- Реакциялар кинетикасы
- Энергия айналуы
- Биохимиялық эволюция
- Тума зат алмасу бұзылуы

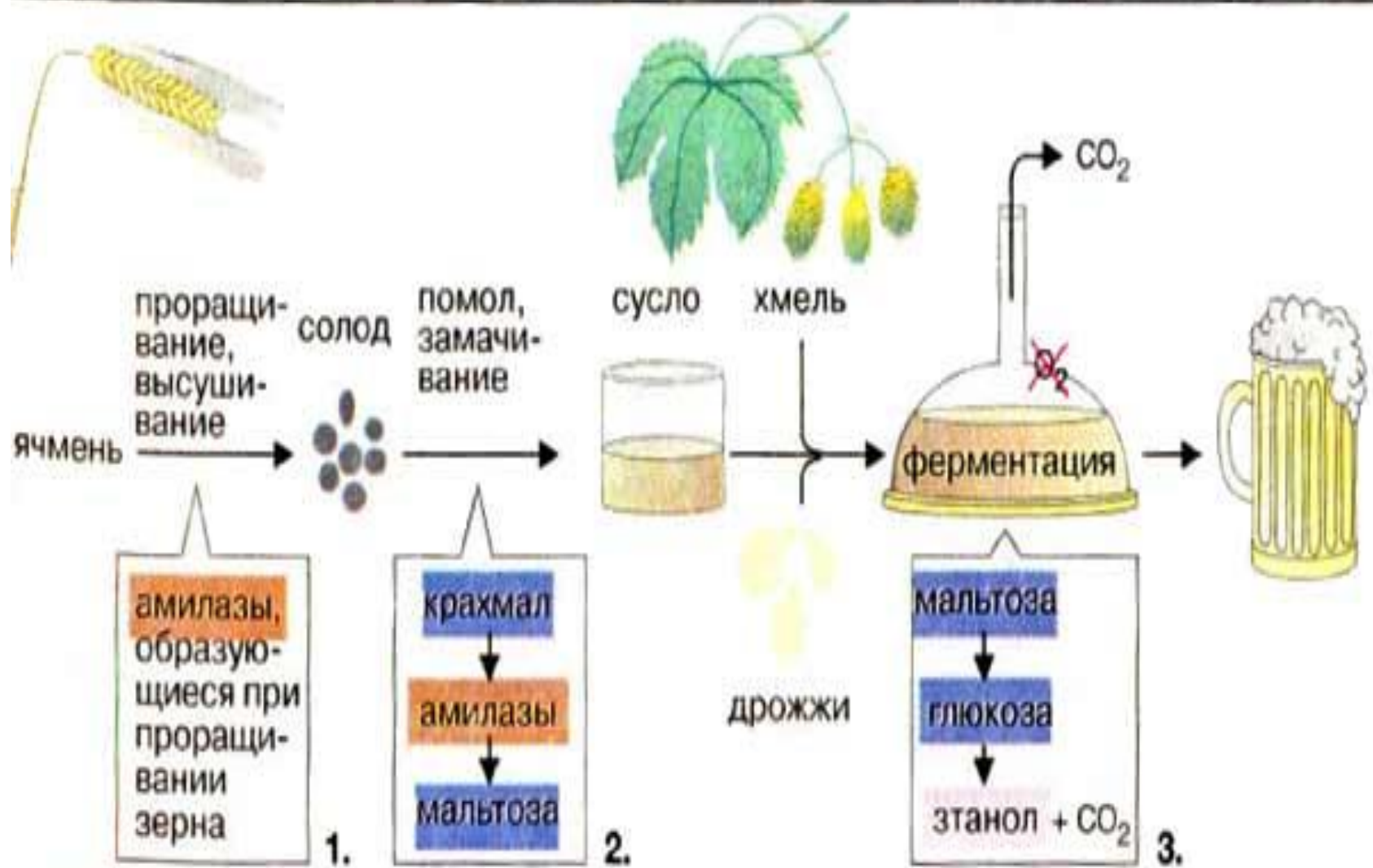


Иммобилденген ферменттер

- Иммобилденген (лат.immobilis - қозғалмайтын) ферменттер – қатты таянышқа (полимерге, целлюлозаға, әйнекке) бекітілген ферменттер.
- Ондай ферменттер ерімейтін материалмен ковалентті байланысады.
- Иммобилденген ферменттер кең көлемде амин қышқылы, витамин, қант, антибиотиктер және дәрі-дәрмектер сияқты аса тапшы азық-түліктің және жем-шөптік заттар өндірісінде қолданылады.

- Тұңғыш рет 1910 жылы А.Гэррод зат алмасу ферменттермен және тұқым қуалайтын аурулардың арасындағы байланысты анықтады.
- Медицинада ферменттер емдеу мақсатында қолданылады:
 - амилазалар. асқазан, ішек-қарын ауруларын емдеуде;
 - протеазалар- іріңдеген жараны емдеуде;
 - стрептокиназа-тромбоздар емдеуіне қолданылады.
 - химотрипсин (гидролаза) іріңді жарақаттар, көздің қасаң қабығының ойылымдары және қатты күйіктердің емдеуінде тиімді.
 - ірі қараның асқазан асты бездерінен алатын трипсин ферменті трахеиттер және бронхит сияқты тыныс жолдарының ісіп қызару ауруларында қолданады
 - Липаза гематомалар және тыртықтардың тарауында маңызды. Оның көмегімен жараланған буындардың қозғалғыштығы жақсарады.
 - пепсин ас қорыту аурулары (гастрит) кезінде қолданылады.
 - Ұйқы безі (панкреатин) ферменті ас қорытудың жақсарту мақсаты-мен бауырдың әр түрлі ауруларында қолданады.

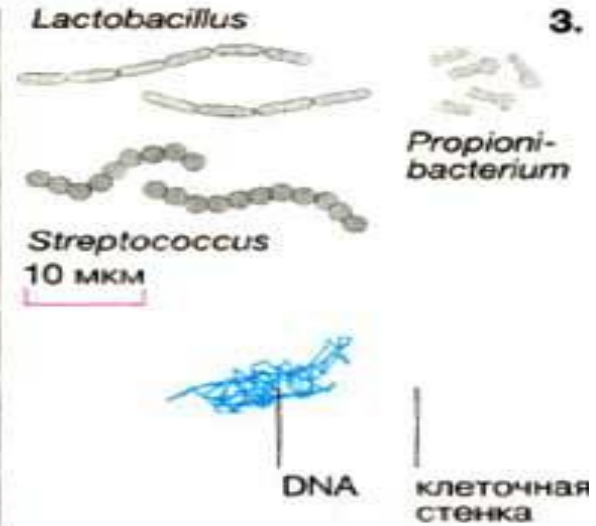
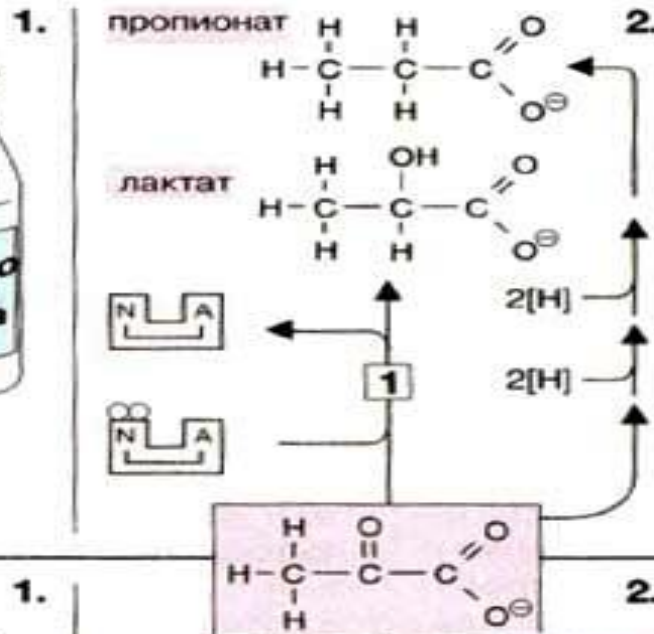
- Микроорганиздермен ашу тамақ, алкоголь, түрлі сусындар өндірісінде немесе консервілеуде қолданылады. Барлық ашу үдерісі пируваттың түзілуімен анаэробты ортада өтеді.
- Амилаза нан, сыра өндірісінде крахмалды ыдырату кезінде;
- Протеазалар: пепсин дайын ботқалар, трипсин балалар тағамдары, бактериалды протеаза ақуызды гидролизаттар дайындауда;
- Глюкозооксидаза глюкозаны немесе оттегіні бөліп шығару кезінде; Каталаза сутегі пероксидін кетіру үшін;
- Целлюлаза мен пектиназа жемістер шырындарын тазарту үшін қолданылады.



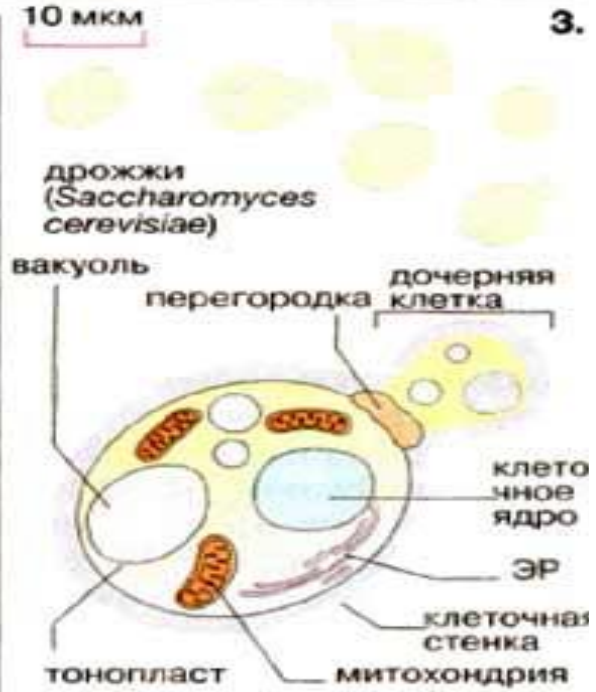
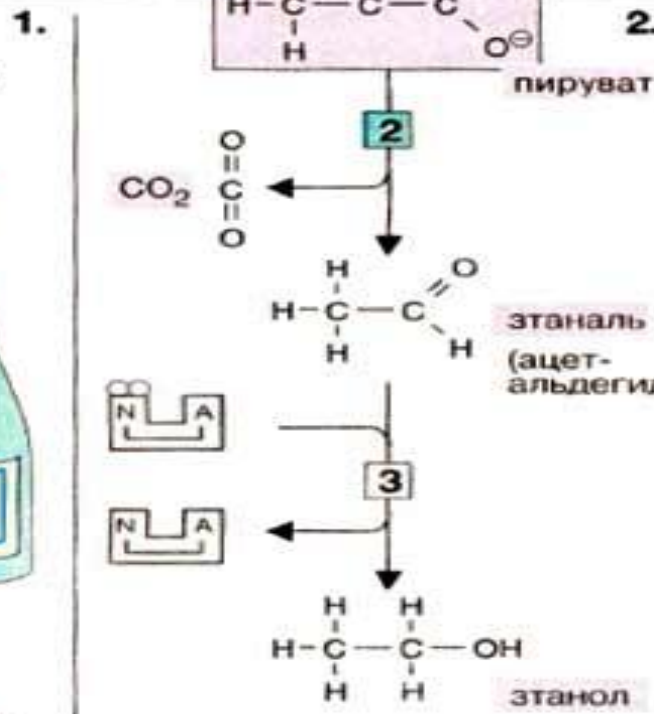
В. Пивоварение



А. Молочнокислое и пропионовокислое брожение



- 1** лактатдегидрогеназа
1.1.1.27
- 2** пируватдекарбоксилаза
[TPP] 4.1.1.1
- 3** алкогольдегидрогеназа
[Zn²⁺] 1.1.1.1



Б. Спиртовое брожение





Жеңіл өнеркәсіпте:

- **Текстиль:** амилаза жіптердегі крахмалды кетіру, бактериалды протеазалар қой терісі бөліктерінен жүнді бөліп алуда;
- **Былғары өнерәсібінде:** жүн мен теріні зақымдамай жүнді бөліп алу (бактериалды протетазалар)
- **Резина дайныдау:** латексті губкалы резинаға алмасуына қажетті оттегіні (сутегі проксидінен) алу үшін каталазалар қолданылады.
- **Фотография жасауда** фицин ферменті қолданылған пленкадан желатинді кетіріп, күмісті бөліп алу үшін керек.
- **Ферменттік компоненттері бар жуу ұнтақтарын жасауда** бактериалды протеазалар пайдаланылады

