

**ФЕРМЕНТТЕР НОМЕНКУЛАТУРАСЫ, ҚАРАПАЙЫМ
ЖӘНЕ КҮРДЕЛІ ФЕРМЕНТТЕР (АПОФЕРМЕНТТЕР,
КОФЕРМЕНТТЕР) ФЕРМЕНТТІҢ АТҚАРАТЫН
ФУНКЦИЯСЫНА ҚАРАЙ РЕАКЦИЯЛАР
КЛАССИФИКАЦИЯСЫ**

*Лектор: қауымдастырылған профессор, химия
ғылымдарының кандидаты Түсюпова Бакыт
Баймуратовна*

Дәрістің жоспары:

- 1. Ферменттер номенклатурасы**
- 2. Фермент жіктелуі (апоферменттер, коферменттер)**
- 3. Коферменттер сипаттамасы**
- 4. Ферменттің атқаратын функциясына қарай реакциялар классификациясы**

Организмнің барлық клеткасында бір мезгілде белгілі ретпен және өзара үйлесімді де алуан түрлі химиялық реакциялар жүріп жатады. Ал ферменттер осы реакцияларды миллиондаған есе жылдамдатады. Егер ферменттер қатыспаса, организмдегі химиялық реакциялар өте баяу да тәртіпсіз жүреді.

Фермент дегеніміз - белоктық зат, ол организмде көптеген реакцияларды тездетуші. Фермент (латынның fermentum- ашу деген мағына, грек тілінде - enzyme, ен-ішкі, зумеашытқы деген мағына береді) деген сөз де қолданылады.

Ферменттерді және олар катализдейтін реакцияларды зерттейтін биохимия бөлімі энзимология деп аталады.

Меншікті активтілік дегеніміз – ферменттік препараттағы 1мг белокқа тиісті фермент өлшемінің шамасы; ол мкмоль 1 мин мг белок деп көрсетіледі.

Катализдік активтілік дегеніміз- стандартты жағдайда 1 моль субстратты 1с уақыт ішінде өңдеп өзгерте алатын фермент мөлшері болып табылады.

Ферменттердің химиялық құрамы және құрылымы

Фермент дегеніміз биохимиялық реакциялар кезінде катализдік активтілік көрсететін белоктар екені белгілі.

Ферменттердің бәрі де үлкен молекулалы қосылыстар, олардың молекулалық массасы (м.м.) 10 мыңнан 1 миллионға дейін, тіпті одан да көп шамаға жетеді.

Қарапайым ферменттер дегеніміз – қарапайым белоктар, олар гидролиз кезінде амин қышқылдарына ғана ажырап бөлінеді. Қарапайым ферменттерге мыналар жатады: рибонуклеаза, пепсин, трипсин, химотрипсин, папаин, амилазалар, гидролаза класына жататын басқа да ферменттер.

Күрделі ферменттер дегеніміз - күрделі белоктар. Күрделі ферменттер екі бөліктен: белоктық және белоктық емес бөліктен тұрады.

Ферменттердің белоктық бөлігі **апофермент** деп, ал белоктық емес бөлігі **простетикалық топ немесе кофактар деп аталады.**

Апофермент кофакторсыз активті болмайды. Күрделі ферменттердің кофакторлары металл иондары немесе белоктық емес органикалық заттар. Мұндағы металл иондары **активаторлар** деп аталады. Активаторлар мына иондар: Na^+ , K^+ , Fe^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+} , Zn^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} , Ni^{2+} , Mo^{2+} . 180 шамасынан астам ферментте металл иондары активатор қызметін атқарады.

Коферменттер (лат. тілінде Ко-бірге және фермент деген сөзден ишыққан) – құрамында белок жоқ органикалық қосылыстар, олар апоферментпен тығыз байланысқан.

Коферменттер – төменгі молекулалы заттар, олар жоғары температураға төзімді келеді және ферменттің белоктық бөлігінен оңай ажырайды.

Көптеген ферменттер витвминдерге жатады немесе витаминдер туындысы болып табылады.

Коферменттерге активті тобы бар витаминдер –тиаминпирофосфат (В1 витаминінің туындысы), никотинамидті коферменттер (РР витамині) жатады. В2, В6, В12 витаминдері және т.б. витаминдер кіреді.

Фермент

```
graph TD; A[Фермент] --> B[Бір компонентті]; A --> C[Екі компонентті (холофермент)]; C --> D[Белокты бөлігі (апофермент)]; C --> E[Простетикалық бөлігі (кофермент)];
```

Бір
компонентті

Екі
компонентті
(холофермент)

Белокты бөлігі
(апофермент)

Простетикалық
бөлігі
(кофермент)

ДЭРҮМЕНДЕР

B₁

F

B₂

B₆

PP

B₁₂

B₄

Cu²⁺

Co²⁺

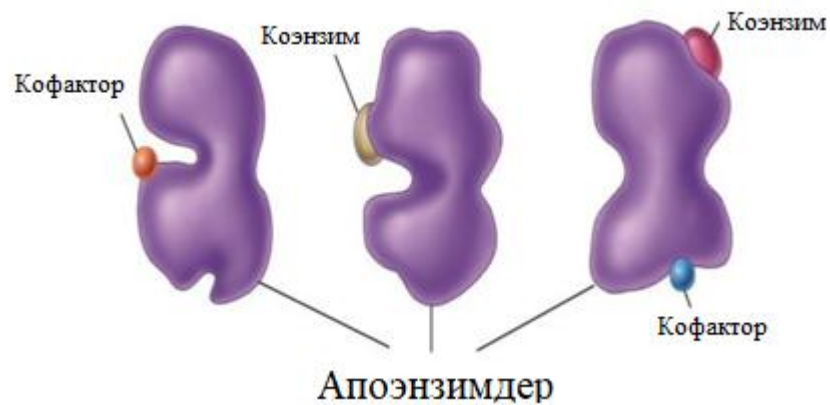
Fe³⁺

Zn²⁺

Ca²⁺

Mn²⁺

Mg²⁺



Ферменттердің кофакторлары – ферменттердің катаболитикалық қасиеттерінің көрінуіне қажет белокты емес органикалық заттар.

- **Витаминдер**

- **Витаминдік емес заттар:** металл иондары, нуклеотидтер, моносахарид фосфаттары, пептидтер, металлопорфириндер.

Фермент кофакторы сырттан тағаммен түседі, ал апофермент организмде синтезделеді.

Көптеген ферменттер витаминдерге жатады немесе витаминдер туындысы болып табылады.

Коферменттерге активті тобы бар витаминдер –тиаминпирофосфат (В1 витаминінің туындысы), никотинамидті коферменттер (РР витамині) жатады. В2, В6, В12 витаминдері және т.б. витаминдер кіреді. Сондықтан да витаминдер жетіспеуі коферменттердің синтезін бұзады, соның салдарынан тиісті ферменттердің түзілуі тежеледі. Осыдан зат алмасу бұзылады және адам мен организм бір қалыпты тіршілік ете алмайды.

Биохимиялық реакцияларда коферменттер екі түрлі қызмет атқарады:

1. Күрделі фермент құрамында субстраттың(фермент әсер ететін зат) катализдік өңделіп өзгеруіне қатысады, бұл кезде кофермент оның активті ортасына енеді;

2. Бір субстраттан екінші субстратқа электрондарды, протондарды тасымалдайды.

Жалпы 9 кофермент бар:

Фермент атаулары екі түрлі: жүйелік атау және тривиалдық атау.

Ферменттердің жүйелік атаулары күрделі, ол реакцияға кіретін субстрат жөнінде, фермент катализдейтін химиялық реакция жөнінде толық мәлімет береді. Жүйелік атау бойынша әр ферменттің номері болады, ол төрт саннан тұрады, сандардың арасы нүктемен бөлінген. Бірінші сан ферменттің класын білдіреді, екінші сан клас тармағын, үшінші сан-клас тармағы бөлігін, төртінші сан өз қатарындағы номерін көрсетеді.

Ферменттердің тривиалдық атаулары қысқа да қолдануға ыңғайлы. Мысалы, 2.7.1.2. АТФ: глюкоза-6-фосфотрансфераза. Ал осы ферменттің тривиалдық атауы глюкокина. Тривиалдық атаулар негізі екі жолмен пайда болады: **1.** фермент әсер ететін субстрат атауына –аза жұрнағын. Мысалы, мальтозаны ыдыратып, глюкозаның екі молекуласына айналдыратын фермент мальтаза деп аталады. **2)** фермент катализдейтін реакция атауына –аза жұрнағы қосылады. Кез-келген ферменттің төрт саннан тұратын шифрі болады. Мұндағы **бірінші сан** сыныптың, **екінші сан** сыныпшаның, ал **үшінші сан** сол сыныпшадағы топтың номерлерін көрсетсе, **төртінші сан** нақты ферментті көрсетеді.

Никотинамиднуклеотидті немесе пиридиндік коферменттер

НАД⁺ және НАДФ⁺ (НАД⁺ никотинамидадениндинуклеотид, НАДФ⁺ никотинамидадениндинуклеотидфосфат). Бұл коферменттердің активті бөлігі никотин амид (РР витамин) болып табылады, оның молекуласында пиридин сақинасы бар және ол пиридиндік коферменттер деп аталады.

НАД⁺ және НАДФ⁺ қандай да бір арнайы белоктармен (апоферменттермен) қосылып, тиісті ферменттер түзеді.

НАД⁺ коферментіне қарағанда, НАДФ⁺ коферментінде бір фосфат тобы артық болады, ол топ, аденинмен байланысқан рибозаның гидроксил тобымен этерленген, НАД⁺ пен НАДФ⁺ өздерінің құрылымы жөнінде жақын қосылыс, бірінен-бірі алмастыра алмайды.

ФАД және ФМН флавиндік коферменттер

(ФАД–флавинадениндинуклеотид, ФМН –флавиномононуклеотид). ФАД және ФМН коферменттері әртүрлі апоферменттермен байланысады да, флавопротеидті ферменттер – флавиндік дегидрогеноза түзеді. Қазіргі кезде флавопротеидтердің 80 шамасына жетеді және олардың көпшілігінде ФАД бар. ФАД және ФМН екеуі апоферменттермен мықты байланысқан және НАД⁺ және НАДФ⁺ екеуінен айырмасы, катализдік реакция кезінде ферменттің белоктық бөлігіне байланысқан күйінде қалады.

ТПФ немесе ГДФ коферменті

(ТПФ –тиаминпирофосфат, ГДФ –диаминдифосфат) ТПФ коферменті В1 витаминінің туындысы, оның тиазол сақинасында күкірт бар. Ол апоферментпен мықты байланысқан болады және простетикалық топ деп саналады.

Кобамидтік кофемент

Бұл коферменттің активті бөлігі химиялық құрамы ең күрделі витамин –B12 витамині. B12 витамині молекуласында коррин циклы бар, ол төрт пиррол сақинасынан тұрады, сақиналар бір-бірімен өзара байланысады. Циклдың дәл ортасында коалыт атомымен айланысқан циан тоб орналасады. Ондын бұл витамин цианкобаламин еп аталады. Кобаминдік коферменттерде циан тобы болмайды, оның орнын метил 5-дезоксиаденозин басады. Соған сәйкес мынандай екі кофермент түзіледі: метилкобаламин және 5- дезоксиаденозилкобаламин.

Пиродоксиндік коферменттер

Бұл коферменттің негізі B6 витамині, коферменттің құрамына бір-біріне ұқсас үш қосылыс: пиридоксин, пиридоксаль, пиридоксамин кіреді. Ол үшеуі бір-біріне оңай айналады.

B6 витаминнің негізі активті туындысы пиридоксаль -5 фосфат болып саналады, оның өзі бірқатар пиридоксальдық ферменттердің коферменті. Пиридоксаминфосфатта коферменттік қызмет атқарады.

Фолаттық коферменттер

Фолий қышқылының (Bc витамин туындысы. Фолий қышқылының өзінің коферменттік активтігі жоқ, оның тетрагидро түрі –тетрагидрофилий қышқылы кофермент болып саналады.

А коферменті –ацетильдеу коферменті

Бұл кофермент сірке қышқылының және басқа да қышқылдардың қалдықтарын ауыстырып жеткізеді, сондықтан ол ацитильдеу коферменті деп аталады.

А коферменттің құрылысы күрделі. Аденозиндифосфат оның құрылымының негізі, ол пантотен қышқылының (В3 витамин) қалдығымен байланысқан. Пантотен қышқылына меркаптоэтиламин қалдығы қосылысқан.В-меркаптоэтиламидтегі сульфгидрильдік топ (-SH) реакцияласуға қабілетті болады, күрделі эфир түрінде кофермент ауыстырып алмастыратын ацил қалдықтары ол топпен байланысады.

Липой қышқылы ферменті

Құрамында дисульфидтік топ бар тотығып екі сульфгидрильдік топ (-SH) құрайдыда, дигидролипой қышқылына айналады. Осының нәтижесінде липой қышқылы оңай тотығыды, тотықсызданады.

Q коферменті –убихинон

Q коферментінің атауы quinone –деген сөздің бірінші әрібінен шыққан. Убихинон деген сөз барлық жерде (уби-барлық жерде) деген мағына береді. Ол барлық клеткадан табылған.

Ферменттер классификациясы

I

- Оксидоредуктаза
- Тотығу-тотықсыздану реакцияларын катализдейді

II

- Трансферазалар
- Атомды немесе атомдар топтарын бір заттан екінші затқа тасымалдайды

III

- Гидролазалар
- Заттардың гидролиз жолымен ыдырауын тездетеді.

IV

- Лиазалар
- Қос байланыс үзілген орынға атомдар тобының жалғасуын немесе заттардың гидролиздік емес жолдармен ыдырауын жүзеге асырады.

V

- Изомеразалар
- Бір заттың екінші затқа изомерлену реакцияларын катализдейді

VI

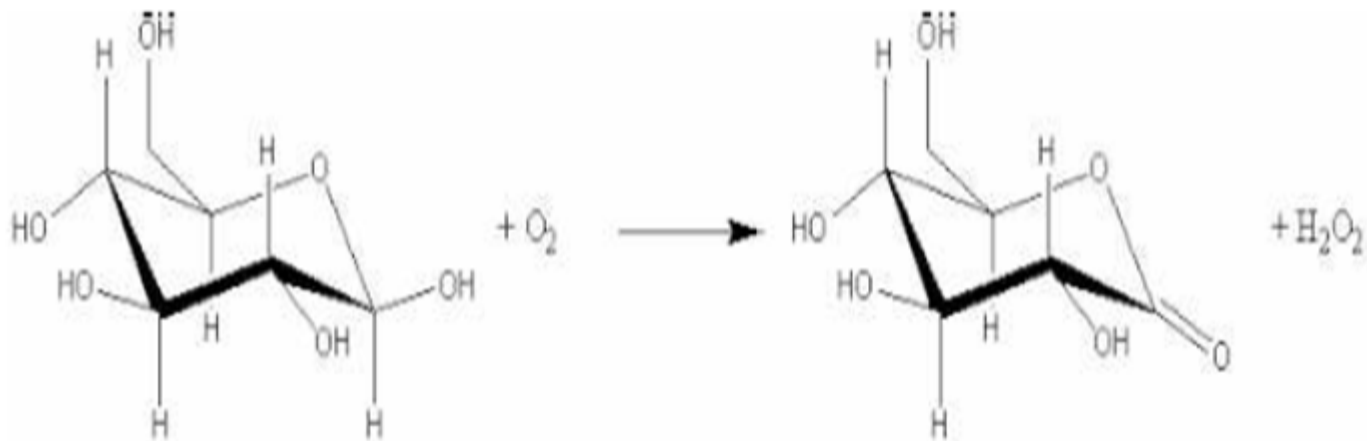
- Лигазалар
- АТФ энергиясы есебінен екі молекуланың қосылуын катализдейді

Ферменттер атаулары және классификациясы

Оксидоредуктазалар

Тотықтырушы-тотықсыздандырушы ферменттер, бұлар сутегі атомдарын немесе бөліп шығару арқылы субстраттың тотығу және тотықсыздану процестерін катализдейді.

Оксидоредуктазалар құрамында кофакторлар бар, оларға көбінесе мыналар жатады: НАД⁺, НАДФ⁺, ФАД, ФМН және металл иондары. Оған 200 шамасында ферменттер жатады. Мысалға малатдегидрогеназаның алма қышқылын тотықтыру реакциясын қарастырайық:

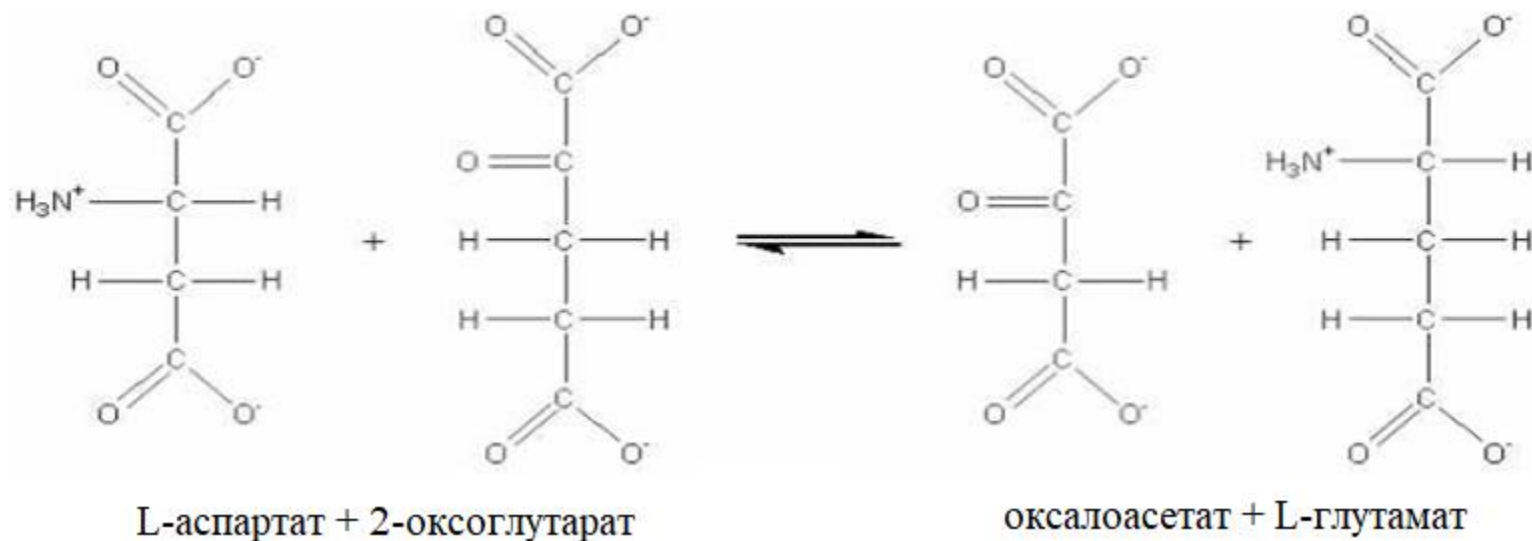


β -D-глюкоза

D-глюконо-1,5-лактон + сутек пероксиді



Трансферазалар

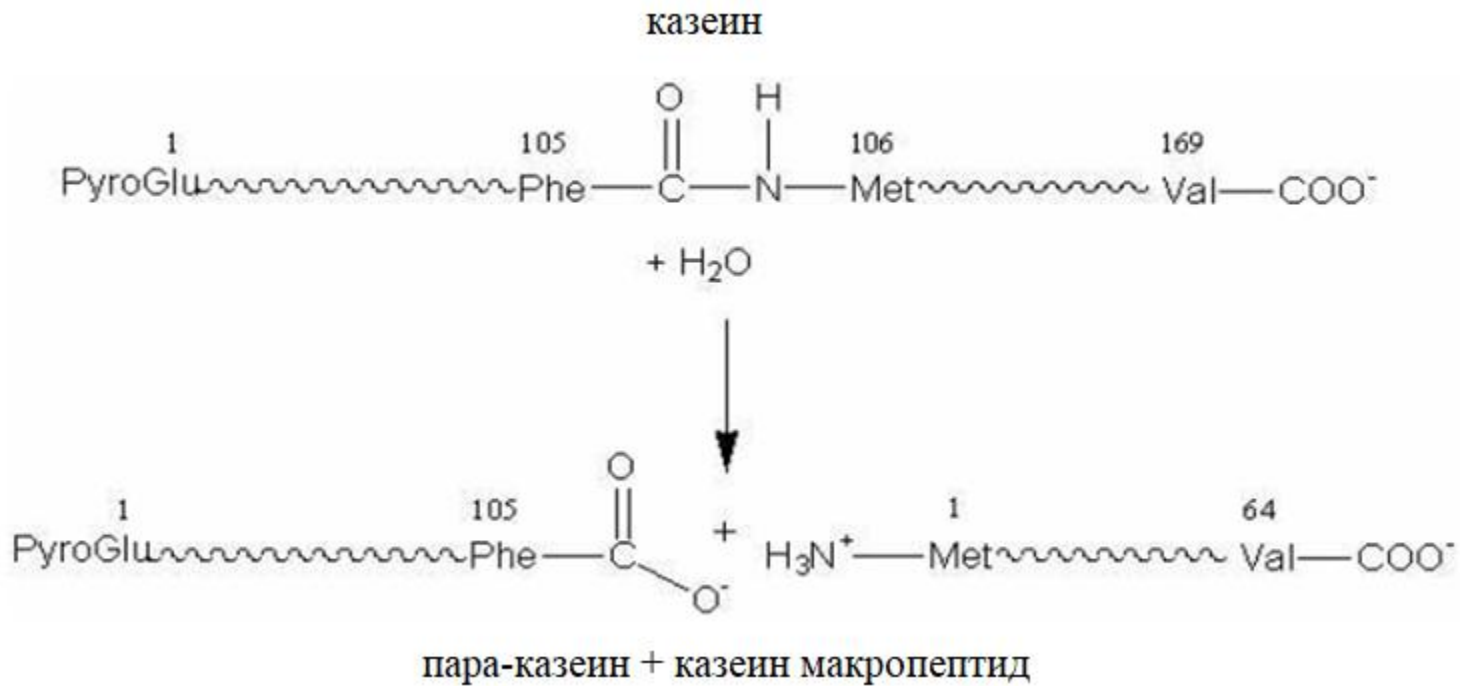


Биохимиялық реакцияларда атомдар тобын және молекула қалдықтарын алмастырып ауыстыратын ферменттер. Олар мынандай топтарды бір субстраттан екінші субстратқа ауыстырып жеткізеді: метил, карбоксил, амина, сульфо, формил(C1), фосфат және басқалар. Трансферазалар өздері тасымалдайтын топтарға байланысты метилтрансфераза, ацилтрансфераза, фосфотрансфераза деп аталады.

Фосфотрансфераза ферменттері ішінде киназа деп аталатын ферменттің ерекше маңызы зор. Киназа фосфат топтарын тасымалдап, АТФ-тан басқа субстратқа, углеводтарға, белоктарға т.с.с. апарды.

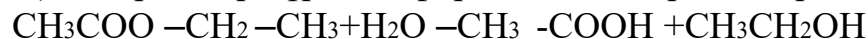


Гидролазалар



Бұл ферменттер химиялық байланыстарды үзеді де, суды қосады. Мынандай топтарға бөлінеді:

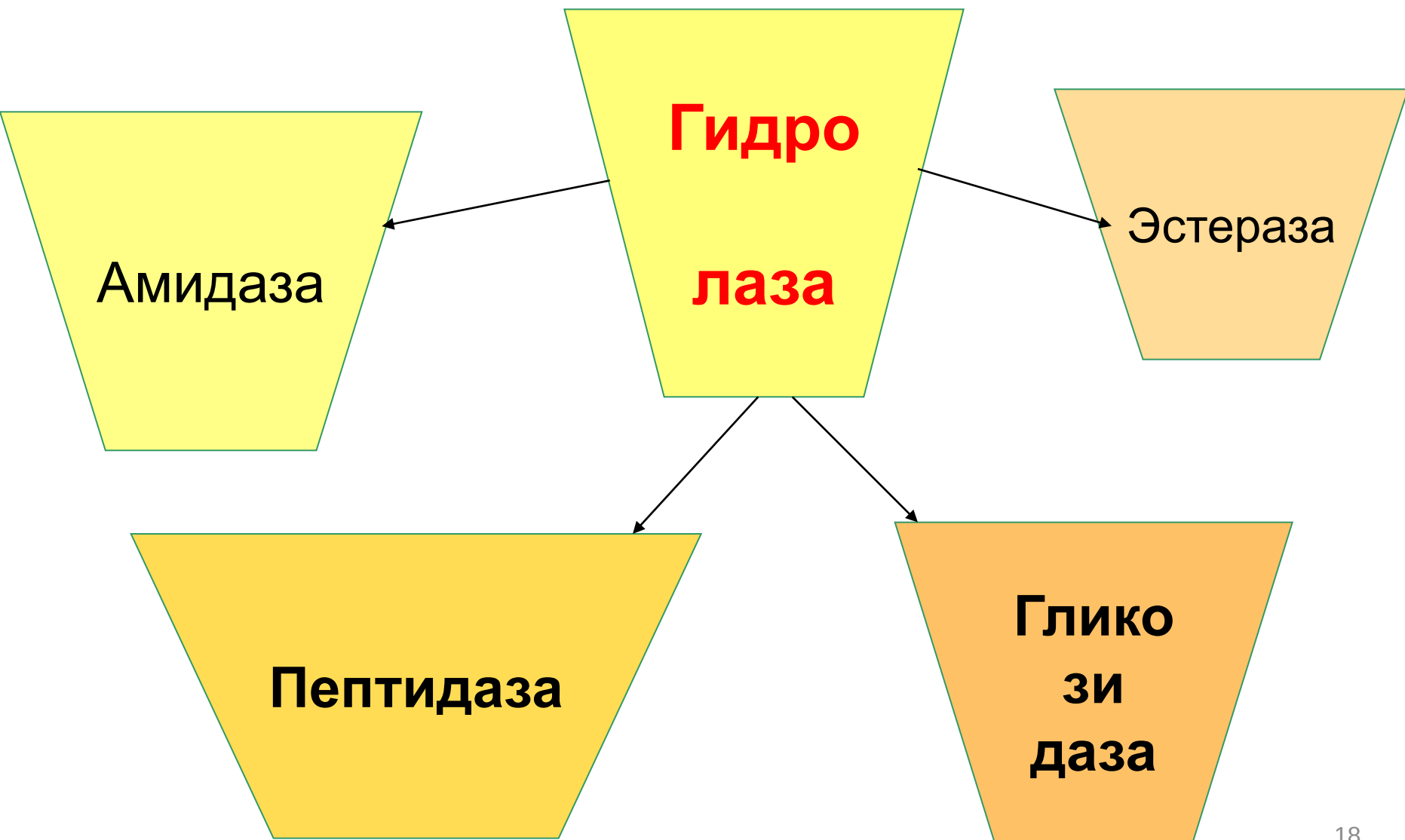
А) Эстеразалар күрделі эфир байланыстарын гидролиздейді де, қышқыл және спирт түзеді:



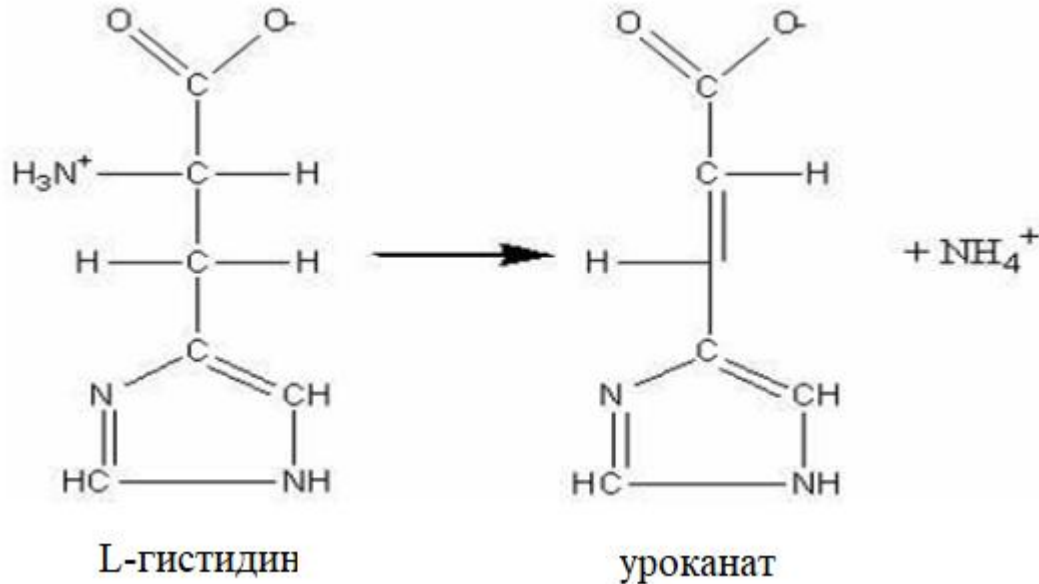
Б) Липазалар триглицеридтерді ыдыратып, глицерин және май қышқылдарын түзеді;

В) Гликозидалар углеродтағы гликозидтік байланыстарды гидролиздейді. Оларға амитлаза, лактаза, мальтаза, целлобилаза жатады.

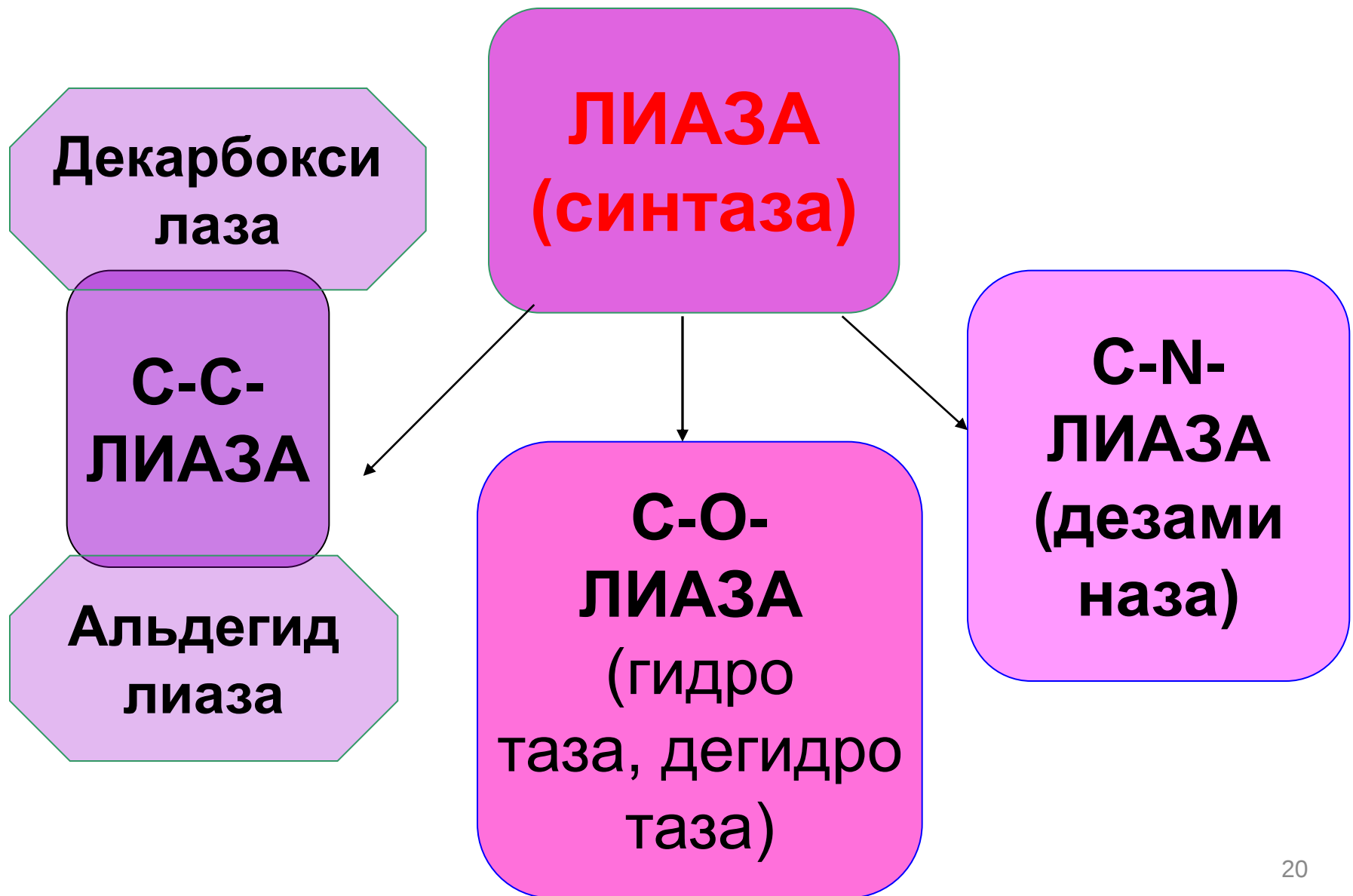
Г) Протеиназалар белоктардағы, полипептидтердегі пептидтік байланыстарды гидролиздейді.



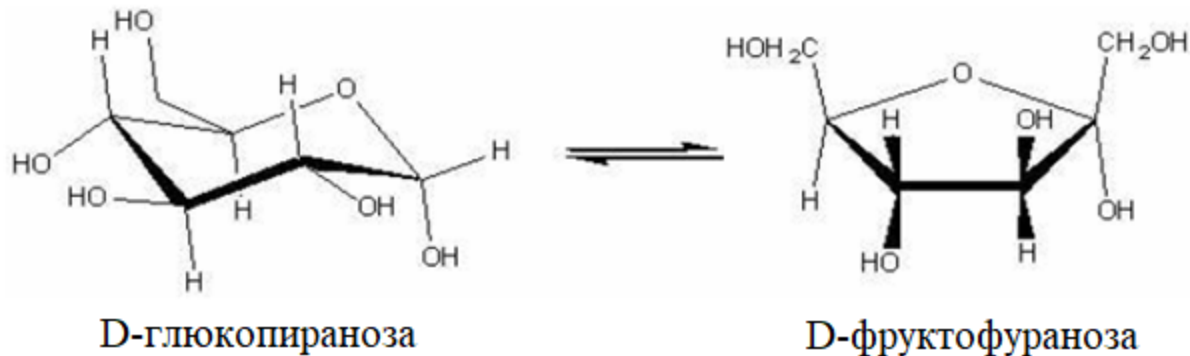
Лиазалар



Бұл ферменттер субстратты гидролиздік емес жолмен ыдырауын катализдейді және бұл кезде субстрат молекуласында қос байланыс түзіледі. Мұндай катализ кезінде CO_2 , H_2O , NH_3 сияқты заттар бөлініп шығады және байланыстар $\text{C}-\text{C}$, $\text{C}-\text{N}$, $\text{C}-\text{S}$ бойынша үзіледі. Субстрат молекуласындағы қос байланыс бойынша химиялық топтардың қосылуын да катализдей алады.



Изомеразалар



Бұл ферменттер изомерлер түзілу арқылы заттардың молекула ішіндік өзгерістерін катализдейді. Олар сутегі атомдарының, фосфаттарының және ацитильдік топтардың молекула ішінде алмасуын катализдейді, цис-изомерация, транс-изомерация құбылыстарын тудырады.

Изомераза

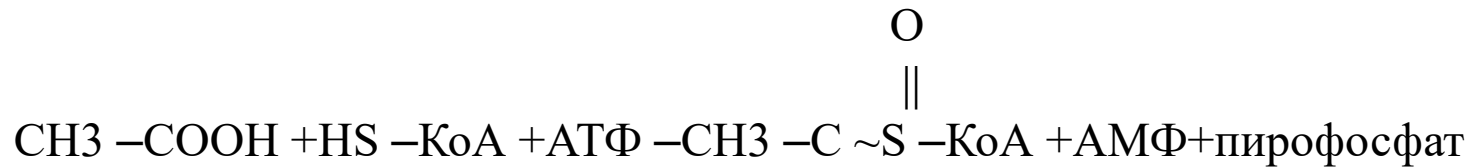
Мутаза

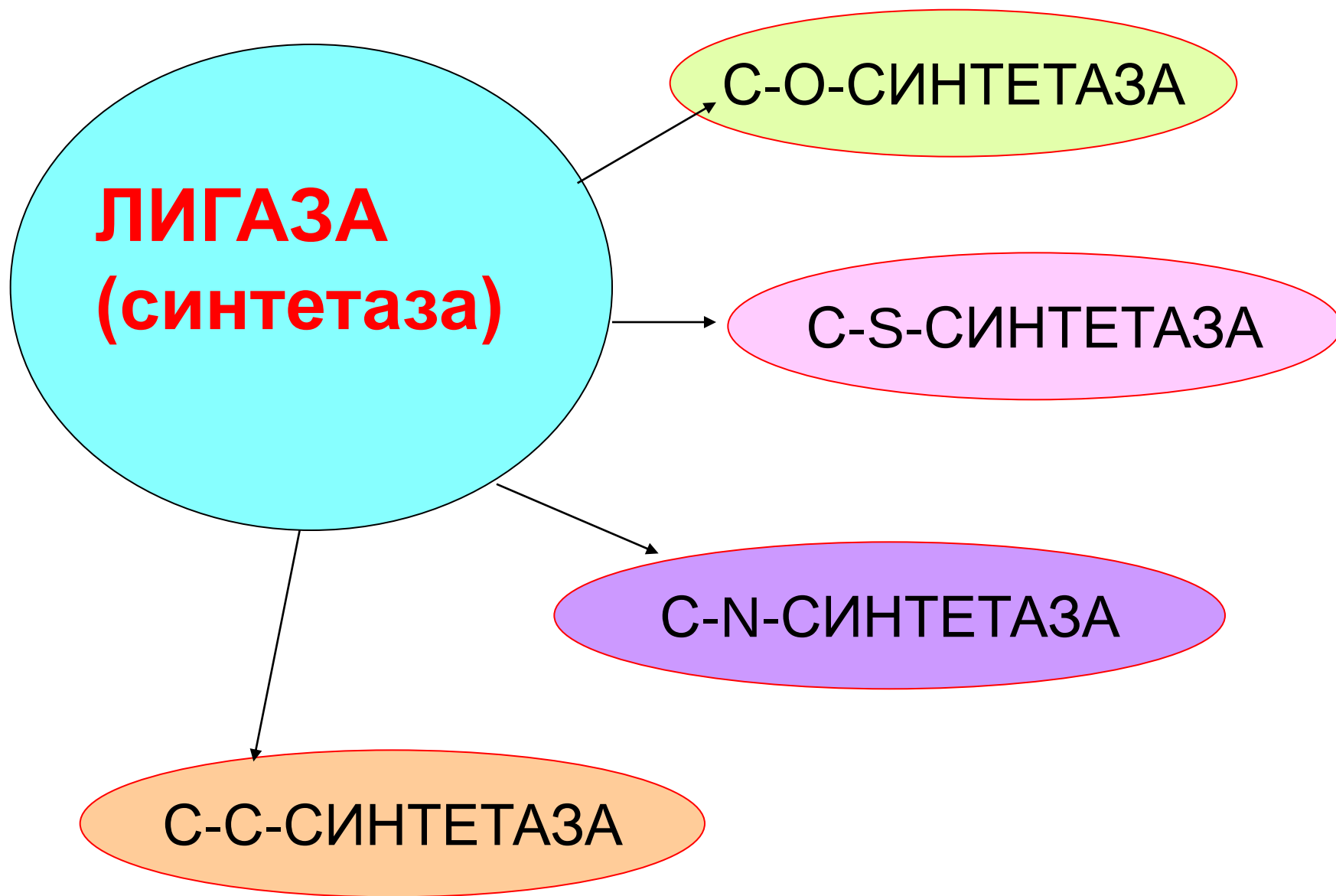
Цис-
транс-
изомераза

Эпи
мераз
а

Лигазадар (синтетазадар)

Бұл ферменттер C –C ,C –O , C-N, C-S байланыстар орнату арқылы түзілетін органикалық қосылыстар синтезін катализдейді. Мұндай байланыстар үшін АТФ және басқа да микроэнергия қосылыстардың (ГТФ, ЦТФ, УТФ, т.б.) ыдырауынан шығатын энергия пайдаланылады. Сірке қышқылы мен А коферментінен А ацетилкоферментінің түзілуін ацетилкоферментсинтетаза катализдейді:





ҚОРЫТЫНДЫ:

Ферменттер – тірі ағзадағы биохимиялық реакцияларды тездететін биологиялық катализаторлар. Олардың номенклатурасы Халықаралық биохимиялық одақпен (IUBMB) бекітіліп, ферменттер атқаратын реакция типтеріне қарай 6 негізгі класқа бөлінеді: оксидоредуктазалар, трансферазалар, гидролазалар, лиазалар, изомеразалар және лигазалар. Ферменттер құрылымына байланысты қарапайым (тек ақуыздан тұрады) және күрделі (ақуыз + бейағзалық не органикалық компоненттер) болып бөлінеді. Күрделі ферменттерде ақуыз бөлігі – апофермент, ал бейағзалық немесе органикалық бөлігі – кофермент деп аталады. Бұл екі бөлік бірігіп холоферментті түзеді – ол толық белсенді ферменттік кешен. Ферменттердің әрқайсысы белгілі бір функция атқарады, олар жасушадағы нақты реакцияны катализдеп, оның жылдамдығын арттырады, энергияны үнемдейді және биологиялық жүйелердің реттелуін қамтамасыз етеді.

Пысықтау сұрақтары:

1. Ферменттердің атауы қандай принципке негізделіп беріледі? Халықаралық биохимиялық одақ (IUBMB) ферменттерді неше класқа бөледі?
2. Қарапайым фермент пен күрделі ферменттің айырмашылығы неде?
3. Апофермент пен кофермент дегеніміз не? Холофермент қандай компоненттерден тұрады?
4. Ферменттер қандай 6 негізгі класқа бөлінеді? Әрбір фермент класы қандай типтегі реакцияларды катализдейді?
5. Катализдік реакциялар арасындағы негізгі айырмашылық қандай?

Пайдаланылған әдебиеттер:

1. Қоқанбаев Ә.Қ., Тюсюпова Б.Б., Тәжібаева С.М., Мұсабеков Қ.Б. Химиялық энзимология негіздері: оқу құралы /.—Алматы: Қазақ университеті, 2016 ж. С. 376. ISBN 978-601-04-1921-6.
2. Duncan J. Show. Introduction to colloid and surface chemistry 4th, 2003. - 306 p.
3. Shchukin E.D., Pertsov A.V., Amelina E.A., Zelenev A.Z. Colloid and surface chemistry. Elsevier, 2001. — P. 747
4. Клесов А.А. ферментативный катализ. —М. Издво МГУ, 1984.
5. Овчинников Ю.А. Биоорганическая химия.-М.: просвещение, 1987. — С. 304.
6. Келети Т. Основы ферментативной кинетики. Пер. с англ. —М.: Мир, 1990. — С. 350.
7. Варфоломеев С.Д. Химическая энзимология. —М.: академия, 2005. — С. 471.
8. Яковлев В.Л. Кинетика ферментативного катализа. —М.: Наука, 1965. — С. 298.

Назарларыңызға рахмет!!!