13-Дәріс: Биокатализ негіздері

Мақсаты: Магистранттарды биокатализдің теориялық және практикалық негіздерімен таныстыру, биокатализаторлардың түрлерін, олардың әрекет ету механизмін және артықшылықтары мен шектеулерін түсіндіру. Биокатализдің химиялық катализден айырмашылығын, экологиялық және өнеркәсіптік маңызын, соның ішінде биополимерлер синтезіндегі рөлін көрсету.

Оқу нәтижелері:

-Биокатализ ұғымын және негізгі принциптерін түсіндіреді.

-Биокатализаторлардың түрлерін және олардың ерекшеліктерін сипаттайды.

-Ферменттердің жұмыс принципін және субстратпен әрекеттесу механизмін біледі.

-Биокатализдің қолдану салаларын мысалдар арқылы талдай алады.

-Полимерлер синтезіндегі биокатализдің артықшылықтарын бағалайды.

Дәрістің мазмұны: Биокатализдің негізгі принциптері. Биокатализаторлардың түрлері. Ферменттердің әрекет ету механизмі. Биокатализдің химиялық катализден айырмашылығы. Артықшылықтары мен шектеулері. Қолдану мысалдары.

1. Биокатализдің негізгі принциптері

Биокатализ — химиялық реакциялардың жылдамдығын биологиялық катализаторлар, негізінен ферменттер, кейде тұтас жасушалар немесе олардың компоненттері арқылы арттыру процесі.

Биокатализаторлар реакцияның активтену энергиясын төмендетіп, реакцияның жылдамдығын арттырады, бірақ реакцияның жалпы термодинамикалық тепе-теңдігін өзгертпейді.

Биокатализдің негізгі принциптері:

- Катализдік белсенділік: реакцияның жылдамдығын арттыру.
- Субстратқа селективтілік: белгілі бір субстратпен артықшылықты әрекеттесу.
- Регио- және стереоселективтілік: реакцияның белгілі бір атомдық позицияда немесе кеңістіктік конфигурацияда жүруі.
- Жұмсақ жағдайларда жұмыс істеу: көптеген ферменттер қалыпты температурада, атмосфералық қысымда және сулы ортада белсенді болады.

2. Биокатализаторлардың түрлері

Биокатализаторлар құрылымы мен жұмыс істеу формасына қарай бірнеше топқа бөлінеді.

Биокатализатор түрі	**Сипаттамасы**	**Мысал**
Оқшауланған ферменттер	Белгілі реакцияны катализдейтін ақуыздар	Липаза, амилаза, протеаза
Тұтас жасушалар	Бірнеше ферменті бар тірі жасушалар	Ашытқылар, бактериялар
Иммобилизацияланған ферменттер	Қатты тасымалдаушыға бекітілген ферменттер	Альгинатқа енгізілген липаза
Жасушасыз ферменттік жүйелер	Жасушадан тыс ферменттер мен кофакторлар жүйесі	Ферменттік синтез жүйелері

Ферменттердің белсенділігі температураға, pH-қа, субстрат концентрациясына және реакция ортасына тәуелді.

3. Ферменттердің әрекет ету механизмі

Фермент субстратпен белсенді орталықта әрекеттесіп, фермент-субстрат кешенін түзеді. Содан кейін субстрат өнімге айналып, өнім ферменттен бөлінеді.

Жалпы реакция сызбасы:

$$E + S \rightleftharpoons ES \rightarrow E + P$$

Мұндағы:

- E— фермент;
- S — субстрат;
- ES — фермент-субстрат кешені;
- P — реакция өнімі.

Ферменттің белсенді орталығы субстратты байланыстырып, реакцияның жүруіне қолайлы жағдай жасайды. Катализ қышқыл-негіздік әсерлесу, коваленттік катализ, металл иондарының қатысуы немесе субстраттарды кеңістікте дұрыс орналастыру арқылы жүзеге асуы мүмкін.

Ферменттердің кинетикасын сипаттауда Михаэлис–Ментен моделі жиі қолданылады:

$$v = \frac{V_{\max}[S]}{K_m + [S]}$$

Мұнда v — реакция жылдамдығы, $V_{\max}$— максималды жылдамдық, $[S]$— субстрат концентрациясы, K_m— реакция жылдамдығы максималды мәннің жартысына тең болатын субстрат концентрациясы. K_m әрдайым ферменттің

субстратқа аффинділігінің тікелей өлшемі бола бермейді; оны түсіндіру үшін реакция механизмі ескеріледі.

4. Биокатализдің химиялық катализден айырмашылығы

Критерий	**Биокатализ**	**Дәстүрлі химиялық катализ**
Катализатор	Ферменттер немесе жасушалар	Металдар, қышқылдар, негіздер және басқа катализаторлар
Селективтілік	Көбіне жоғары	Катализатор мен реакцияға байланысты
Реакция жағдайлары	Жиі жұмсақ температура мен қысым	Кейбір процестерде жоғары температура немесе қысым қажет
Реакциялық орта	Көбіне сулы немесе буферлік орта	Сулы, органикалық немесе газ фазасы
Тұрақтылық	pH пен температураға сезімтал болуы мүмкін	Кейбір катализаторлар қатал жағдайларға төзімді
Өнімді бөлу	Фермент пен өнімді бөлу қажет болуы мүмкін	Катализаторды бөліп алу талап етілуі мүмкін

Биокатализ бен химиялық катализ бірін-бірі жоққа шығармайды. Қазіргі технологияларда оларды біріктіретін каскадтық процестер де қолданылады.

5. Биокатализдің артықшылықтары мен шектеулері

Артықшылықтары:

- жоғары селективтілік пен стереоселективтілік;
- жанама өнімдердің мөлшерін азайту мүмкіндігі;
- жұмсақ реакция жағдайлары;
- энергия шығынын төмендету әлеуеті;
- экологиялық тиімді технологияларды дамыту мүмкіндігі.

Шектеулері:

- температура мен pH өзгерістеріне сезімталдық;
- кейбір ферменттердің өндірістік құнының жоғары болуы;
- кофакторлар мен қосымша реагенттердің қажеттілігі;
- субстраттың суда нашар еруі;
- фермент белсенділігінің уақыт өте төмендеуі;
- масштабтау және ферментті қайта пайдалану мәселелері.

Бұл шектеулерді ферменттік инженерия, иммобилизация, реакциялық ортаны оңтайландыру және кофакторларды регенерациялау арқылы азайтуға болады.

6. Биокатализдің қолданылу мысалдары

Фармацевтика

Ферменттер дәрілік заттардың аралық өнімдерін синтездеуде, хиральды қосылыстар алуда және кейбір белсенді фармацевтикалық ингредиенттерді өндіруде қолданылады.

Полимер химиясы

Липазалар кейбір полиэфирлердің ферменттік синтезі мен гидролизін катализдей алады. Ферменттер полимерлерді функционалдандыруда және биологиялық ыдырау процестерін зерттеуде де қолданылады.

Тағам өнеркәсібі

Амилаза крахмалды гидролиздейді, лактаза лактозаны ыдыратады, ал протеазалар ақуыздарды гидролиздеуде қолданылады.

Экология және биоремедиация

Ферменттер мен микроорганизмдер кейбір ластағыштарды түрлендіруде, органикалық қалдықтарды өңдеуде және ағын суларды тазартуда пайдаланылады.

Қорытынды

Биокатализ — жоғары селективтілікке, энергияны үнемдеуге және экологиялық тиімділікке мүмкіндік беретін заманауи технология. Оның нәтижелілігі ферменттің қасиеттеріне, субстраттың құрылымына және реакциялық ортаның жағдайларына тәуелді. Биокатализді химиялық катализбен үйлестіру фармацевтика, полимер химиясы, тағам өнеркәсібі және биотехнология үшін жаңа өндірістік мүмкіндіктер ашады.

Сынақ сұрақтары:

1. Биокатализ ұғымын және оның негізгі принциптерін түсіндіріңіз.
2. Биокатализаторлардың түрлерін атаңыз және әрқайсысына мысал келтіріңіз.
3. Биокатализдің химиялық катализден айырмашылығын сипаттаңыз.
4. Фермент-субстрат кешенінің түзілу механизмін түсіндіріңіз.
5. Биокатализдің фармацевтикадағы қолдану мысалдарын атаңыз.
6. Биокатализдің артықшылықтары мен шектеулерін салыстырыңыз.

7. Биополимерлер синтезінде биокатализдің рөлін мысалдармен көрсетіңіз.

8. Болашақта биокатализ дамуының перспективалары қандай?

Дәріс мазмұны бойынша әдебиеттер:

1. Nelson D., Cox M. *Lehninger Principles of Biochemistry*. – W.H. Freeman, 2017.

2. Ghosh S. Functional Polymers in Biomedical Applications. – Springer, 2019.

3. Ratner B.D., Hoffman A.S. Biomaterials Science: An Introduction to Materials in Medicine. – Elsevier, 2020.

4. Barbucci R. Hydrogels: Biological Properties and Applications. – Springer, 2009. – DOI: 10.1007/978-88-470-1104-5