# 9-ДӘРІС

## Биотехнологиялық өндірістің қоршаған ортаға әсері және экологиялық талаптар

Пән: CHE6281 – Инженерлік биотехнология | Дәріс түрі: теориялық | Ұзақтығы: 2 академиялық сағат

### Дәрістің мақсаты

Биотехнологиялық өндірістердің қоршаған ортаға ықпалын жүйелі талдау, шикізат пен ресурстар ағындарын бағалау, өндірістік қалдықтарды басқару, экологиялық мониторинг және тұрақты технологияларды таңдау қағидаларын меңгерту.

### Күтілетін оқу нәтижелері

- Биотехнологиялық өндірістің экологиялық әсер көздерін анықтайды.
- Ағын сулар, газ шығарындылары және қатты қалдықтардың сипаттамаларын түсіндіреді.
- Биологиялық тазарту әдістерінің мүмкіндіктері мен шектеулерін салыстырады.
- Материалдық баланс, су тұтыну және ластаушы жүктеме көрсеткіштерін есептейді.
- Экологиялық менеджмент пен өмірлік циклді бағалаудың маңызын негіздейді.

### Дәріс жоспары

- Биотехнология және экологиялық тұрақтылық
- Өндірістің негізгі экологиялық әсерлері
- Су ресурстары мен ағын суларды басқару
- Атмосфералық шығарындылар және энергия
- Қатты қалдықтар мен биомассаны басқару
- Биологиялық тазарту технологиялары
- Экологиялық тәуекел, мониторинг және нормативтік талаптар
- Тұрақты өндіріс, есептер және кейс

## Кіріспе

Биотехнологиялық өндіріс микроорганизмдердің, жасушалардың немесе ферменттердің қасиеттерін пайдалана отырып, тағамдық ингредиенттер, дәрілік заттар, ферменттер, биоматериалдар және басқа өнімдер өндіреді. Биологиялық технологиялардың кейбірі дәстүрлі химиялық әдістермен салыстырғанда жұмсақ жағдайда жүруі мүмкін. Алайда биотехнологияның өзі автоматты түрде экологиялық қауіпсіз дегенді білдірмейді: шикізат өсіру, су және энергия пайдалану, аппараттарды жуу, өнімді бөліп алу және қалдықтарды залалсыздандыру да қоршаған ортаға әсер етеді.

## 1. Биотехнологиялық өндіріс және тұрақты даму

### 1.1. Экологиялық әсердің жүйелік сипаты

Өндірістің экологиялық әсерін тек реактор ішіндегі процеспен шектеуге болмайды. Шикізатты өндіру және жеткізу, қоректік орта дайындау, биореакторды пайдалану, өнімді бөлу, қаптау, тасымалдау және қалдықтарды басқару кезеңдері бірге қарастырылады. Осы кезеңдердің әрқайсысында су, энергия, химиялық реагенттер және материалдар жұмсалады.

### 1.2. Тұрақты өндірістің негізгі қағидалары

- Ресурстарды тиімді пайдалану: су, энергия және шикізат шығынын азайту.
- Қалдықтардың түзілуін бастапқы кезеңде қысқарту.
- Қауіпсіз өндіріс: биологиялық және химиялық тәуекелдерді басқару.
- Өндірістік жанама өнімдерді мүмкіндігінше пайдалы айналымға енгізу.
- Экологиялық нәтижелерді өлшеу, салыстыру және үздіксіз жақсарту.

### 1.3. Айналмалы экономика

Айналмалы экономикада материалдар мүмкіндігінше ұзақ пайдаланылып, қалдық ағындары жаңа шикізат ретінде қарастырылады. Мысалы, кейбір органикалық қалдықтар биологиялық өңдеу үшін субстрат болуы мүмкін. Бірақ қалдықтың қайта пайдалануға жарамдылығы оның химиялық құрамы, микробиологиялық қауіпсіздігі, экономикалық тиімділігі және қолданыстағы талаптар негізінде бағалануы тиіс.

## 2. Биотехнологиялық өндірістегі экологиялық әсер көздері

| Өндіріс кезеңі | Ықтимал әсер | Бағалау көрсеткіші |
|---|---|---|

| | | |
|---|---|---|
| Шикізат дайындау | Су мен энергия шығыны, қалдықтар | м³ су/өнім, кВт·сағ/өнім |
| Ферментация | Газ алмасу, жылу, көбіктену | Энергия, газ ағыны |
| Жабдықты жуу | Жуу ерітінділері, ағын су | pH, ластаушы жүктеме |
| Өнімді бөліп алу | Еріткіштер, сүзінділер, қалдық биомасса | Қалдық массасы, еріткіш шығыны |
| Қаптау және тасымалдау | Материал және энергия тұтыну | Материалдық із, шығарындылар |

Экологиялық әсердің сипаты өнімге тәуелді. Мысалы, жасушалық биофармацевтикалық өндірісте жоғары тазалық пен сапа талаптары қосымша су және энергия жұмсауды қажет етуі мүмкін. Ал органикалық қалдықтарды өңдеу өндірісінде негізгі мәселе – шикізаттың құбылмалы құрамы мен тазарту тиімділігі.

## 3. Су ресурстары және өндірістік ағын сулар

### 3.1. Су тұтыну көздері

Су қоректік орта дайындауға, жабдықты жууға, салқындатуға, бу түзуге және өнімді тазартуға қажет болуы мүмкін. Әртүрлі мақсатта қолданылатын судың сапасына қойылатын талаптар бірдей емес. Сондықтан суды пайдалану тиімділігін бағалағанда су ағындарын міндеті мен сапасы бойынша бөлу маңызды.

### 3.2. Ағын сулардың негізгі сипаттамалары

Биотехнологиялық ағын суларда еріген органикалық қосылыстар, қоректік заттар, тұздар, жасушалық қалдықтар және жуу құралдарының іздері болуы мүмкін. Негізгі бақылау көрсеткіштеріне химиялық оттегі қажеттілігі (ХОҚ, COD), биохимиялық оттегі қажеттілігі (БОҚ, BOD), қалқыма заттар, pH, азот және фосфор қосылыстары жатады.

ХОҚ судағы тотықтыруға болатын заттардың жиынтық мөлшерін химиялық әдіспен бағалайды; БОҚ биологиялық ыдырауға байланысты оттегі қажеттілігін сипаттайды. Бұл көрсеткіштер бір-бірінің толық баламасы емес және тазарту жүйесін жобалауда бірге қолданылуы мүмкін.

### 3.3. Ағын суларды тазарту кезеңдері

Тазарту жүйесі механикалық, физика-химиялық және биологиялық кезеңдерден тұруы мүмкін. Алдын ала өңдеу ірі бөлшектер мен қалқыма заттарды азайтуға бағытталады. Биологиялық кезеңде микроорганизмдер органикалық ластағыштарды түрлендіреді. Қажет болғанда кейінгі тазарту мен зарарсыздандыру қолданылады. Тиісті схема ағын су құрамына және қабылдаушы ортаға қойылатын талаптарға тәуелді.

## 4. Биологиялық тазарту әдістері

### 4.1. Аэробты биологиялық тазарту

Аэробты жүйелерде микроорганизмдер органикалық заттарды тотықтыру үшін оттегіні пайдаланады. Белсенді тұнба технологиясы және биопленкалы жүйелер кең таралған мысалдар. Аэробты тазартуда оттегі беру энергияны қажет етеді, ал артық биомассаны бөлу мен басқару қосымша міндет болып табылады.

### 4.2. Анаэробты тазарту

Анаэробты ыдырауда күрделі органикалық заттар бірнеше микробтық кезең арқылы түрленеді. Нәтижесінде метан мен көмірқышқыл газы бар биогаз түзілуі мүмкін. Бұл тәсіл кейбір жоғары органикалық жүктемелі ағындар үшін тиімді, бірақ температураға, жүктеменің өзгеруіне және ингибирлеуші қосылыстарға сезімтал болуы мүмкін.

### 4.3. Биопленка және мембраналық жүйелер

Биопленкалы жүйелерде микроорганизмдер бетке бекініп өседі. Мембраналық биореакторларда биологиялық тазарту мен мембраналық бөлу біріктіріледі. Бұл тәсілдер белгілі жағдайларда тазарту сапасын жақсартуы мүмкін, бірақ мембрананың ластануы, энергия шығыны және пайдалану құны ескеріледі.

| Әдіс | Негізгі артықшылығы | Маңызды шектеуі |
|---|---|---|
| Аэробты тазарту | Органикалық ластағыштарды тиімді ыдырату | Аэрацияға энергия қажет |
| Анаэробты тазарту | Биогаз алу мүмкіндігі | Жүйенің тұрақтылығына жоғары талап |

| | | |
|---|---|---|
| Биопленкалы жүйе | Биомассаны реакторда ұстап тұру | Массаберу және бітелу мәселелері |
| Мембраналық биореактор | Сұйықтық пен биомассаны тиімді бөлу | Мембрана ластануы және шығын |

## 5. Атмосфералық шығарындылар және энергия тұтыну

### 5.1. Газ шығарындылары

Биотехнологиялық өндірісте көмірқышқыл газы, су буы және технологияға байланысты басқа газдар түзілуі мүмкін. Биологиялық процестерде көмірқышқыл газының түзілуі көміртек айналымының бөлігі болғанымен, жалпы климаттық әсерді бағалағанда шикізат пен энергияның шығу тегі де ескеріледі. Газ ағындарын бақылау еңбек қауіпсіздігі және қоршаған орта талаптары тұрғысынан маңызды.

### 5.2. Энергияның негізгі тұтынушылары

Энергия араластыруға, аэрацияға, қыздыру мен салқындатуға, стерильдеу немесе санитариялық өңдеуге, сондай-ақ өнімді кептіру мен тазартуға жұмсалуы мүмкін. Кейбір биопроцестерде өнімді бөліп алу кезеңінің энергия шығыны елеулі болады. Сондықтан энергия тиімділігін тек ферментация кезеңімен шектеу жеткіліксіз.

### 5.3. Энергия тиімділігі

Энергия тиімділігін арттыру үшін жылу ағындарын есепке алу, технологиялық жабдықтардың жұмыс режимін талдау және қажетсіз энергия шығындарын азайту қарастырылады. Кез келген өзгеріс өнім сапасына және технологиялық тұрақтылыққа әсер етпеуі тиіс.

## 6. Қатты қалдықтар және пайдаланылған биомасса

Биотехнологиялық процестерде пайдаланылған биомасса, сүзгі материалдары, қаптама, бір реттік жабдықтар және тұнбалар пайда болуы мүмкін. Қалдықтың қауіптілігі оның шығу тегі мен құрамына байланысты анықталады. Биологиялық материалдың болуы барлық қалдықтың бірдей қауіпті екенін білдірмейді; сонымен бірге ықтимал биологиялық қауіптілікті елемеуге болмайды.

Қалдықтарды басқарудың негізгі иерархиясы: түзілуін болдырмау, көлемін азайту, қайта пайдалану мүмкіндігін бағалау, қайта өңдеу және талапқа сай кәдеге жарату. Қауіпті және қауіпті емес қалдықтарды бөлек есепке алу қажет.

## 7. Экологиялық мониторинг және тәуекелдерді бағалау

### 7.1. Мониторинг мақсаты

Экологиялық мониторинг – өндірістің қоршаған ортаға әсерін жүйелі бақылау және тіркеу. Ол шығарындылар мен төгінділердің сипаттамаларын, ресурстарды тұтынуды, қалдықтардың көлемін және белгіленген экологиялық көрсеткіштердің өзгеруін қамтуы мүмкін. Мониторинг нәтижелері өндірістік шешімдерді дәлелдеуге және ауытқуларды анықтауға көмектеседі.

### 7.2. Тәуекелді бағалау

Экологиялық тәуекелді бағалау ықтимал қауіп көздерін, әсер ету жолдарын, әсерге ұшырайтын объектілерді және ықтимал салдарды анықтаудан басталады. Биотехнологиялық жүйелер үшін биологиялық материалдардың бақылаусыз таралуы, қалдықтардың дұрыс басқарылмауы және химиялық реагенттердің төгілуі сияқты сценарийлер қарастырылуы мүмкін. Әр сценарийдің ықтималдығы мен салдары бөлек бағаланады.

### 7.3. Қазақстандағы нормативтік негіз

Қазақстанда қоршаған ортаны қорғау саласындағы негізгі құқықтық негіздердің бірі – Қазақстан Республикасының Экологиялық кодексі. Нақты кәсіпорынға қолданылатын рұқсаттар, экологиялық бағалау, мониторинг және қалдықтарды басқару талаптары қызмет түріне, объектінің санатына және қолданыстағы нормативтік актілерге тәуелді. Өндірістік жоба әзірлегенде заңнаманың өзекті редакциясын және салалық санитариялық талаптарды тексеру қажет.

ISO 14001 стандарты экологиялық менеджмент жүйесін құруға арналған халықаралық негіздердің бірі болып табылады. Ол нақты өнімнің автоматты түрде экологиялық таза екенін растамайды; ұйымның экологиялық аспектілерді басқару жүйесіне талаптар белгілейді.

## 8. Өмірлік циклді бағалау (LCA)

Өмірлік циклді бағалау өнім немесе қызметтің шикізат алу, өндіру, пайдалану және кәдеге жарату кезеңдеріндегі ықтимал экологиялық әсерін жүйелі талдауға

арналған. ISO 14040 және ISO 14044 стандарттары осы тәсілдің негізгі қағидалары мен құрылымын сипаттайды.

### 8.1. LCA кезеңдері

- Мақсат пен зерттеу шекарасын анықтау.
- Кіріс-шығыс ағындарының тізімдемесін құрастыру.
- Ықтимал экологиялық әсер санаттарын бағалау.
- Нәтижелерді түсіндіру және белгісіздіктерді талдау.

### 8.2. Функционалдық бірлік

Әртүрлі технологияларды салыстыруда функционалдық бірлік маңызды. Мысалы, «1 кг дайын өнім» немесе «1 м³ ағын суды белгілі сапаға дейін тазарту» сияқты бірлік таңдалады. Бірдей функционалдық бірлік пен жүйе шекарасын қолданбай жүргізілген салыстыру қате қорытындыға әкелуі мүмкін.

## 9. Инженерлік есептер

### 9.1. Ластаушы заттың массалық жүктемесі

Ағын судағы ластаушы жүктемені L = Q × C қатынасымен есептеуге болады, мұндағы Q – көлемдік ағын (м³/тәулік), C – концентрация (кг/м³). Мысал: Q = 40 м³/тәулік, ХОҚ = 1500 мг/л = 1,5 кг/м³. Сонда L = 40 × 1,5 = 60 кг ХОҚ/тәулік.

### 9.2. Тазарту тиімділігі

Тазарту тиімділігі η = (Cin − Cout)/Cin × 100%. Мысал: бастапқы ХОҚ 1200 мг/л, тазартудан кейін 180 мг/л. η = (1200 − 180)/1200 × 100% = 85%. Бұл көрсеткіш концентрациялардың салыстырылуына негізделеді; ағын мөлшері өзгерсе, массалық жүктемені де тексеру қажет.

### 9.3. Су тұтынудың меншікті көрсеткіші

Меншікті су тұтыну W = Vсу/мөнім. Мысал: өндіріс 24 м³ су жұмсап, 6 т өнім шығарды. W = 24/6 = 4 м³/т. Осы көрсеткішті басқа өндіріс кезеңдерімен немесе технологиялық баламалармен салыстыруға болады.

### 9.4. Қалдықтың меншікті түзілуі

Қалдық түзілуінің меншікті көрсеткіші R = mқалдық/мөнім. Мысал: 300 кг қалдық және 1500 кг өнім болса, R = 0,20 кг/кг. Бұл есепте қалдықтың түрі мен қауіптілік сипаты жеке көрсетілуі тиіс.

## 10. Өндірістік кейс: ферментация зауыты

Органикалық қышқыл өндіретін кәсіпорында өнім көлемі өсті, бірақ су тұтыну мен ағын судың ХОҚ көрсеткіші де артты. Басшылық өндірістің экологиялық тиімділігін бағалауды жоспарлайды. Талдау үшін су ағындарын технологиялық кезеңдер бойынша бөлу, ХОҚ массалық жүктемесін есептеу, жуу жүйелерін бағалау, қалдық биомассаның құрамын зерттеу және тазарту қондырғысының нақты тиімділігін анықтау қажет.

Бұл жағдайда тек ағын судың соңғы концентрациясына сүйену жеткіліксіз. Өндіріс көлемі артқанда жалпы массалық жүктеме өзгеруі мүмкін. Сондықтан абсолюттік көрсеткіштер мен өнім бірлігіне шаққандағы меншікті көрсеткіштер бірге талданады.

## 11. Заманауи бағыттар

Қазіргі экологиялық биотехнологияда өндірістік ағындарды қайта пайдалану, биополимерлер, биологиялық көміртек түрлендіру, қалдық шикізаттан құнды қосылыстар алу және цифрлық мониторинг бағыттары зерттелуде. Биосенсорлар белгілі ластаушы заттарды немесе технологиялық көрсеткіштерді бақылауға көмектесе алады. Дегенмен кез келген жаңа технологияның тиімділігі нақты ортада, қауіпсіздік пен өмірлік цикл көрсеткіштері бойынша расталуы тиіс.

## Қорытынды

Биотехнологиялық өндірістің экологиялық тиімділігі биореактордағы процестің ғана емес, бүкіл өндірістік тізбектің қасиеттеріне байланысты. Су, энергия, шикізат, ағын су, газ шығарындылары және қалдықтар кешенді қарастырылуы қажет. Биологиялық тазарту, мониторинг, материалдық баланс және өмірлік циклді бағалау әдістері өндірістік шешімдерді ғылыми негіздеуге мүмкіндік береді. Экологиялық талаптарды сақтау технологияны жобалаудың бастапқы кезеңінен ескерілуі тиіс.

## Бақылау сұрақтары

1. Биотехнологиялық өндірістің экологиялық әсері қандай кезеңдерде пайда болады?
2. Тұрақты өндіріс пен айналмалы экономиканың айырмашылығы қандай?
3. Өндірістік ағын суларда қандай негізгі көрсеткіштер өлшенеді?

4. ХОҚ пен БОҚ көрсеткіштері нені сипаттайды?
5. Аэробты және анаэробты тазарту жүйелерін салыстырыңыз.
6. Мембраналық биореактордың артықшылықтары мен шектеулері қандай?
7. Биотехнологиялық өндірісте энергияның негізгі тұтынушылары қандай?
8. Қатты қалдықтарды басқарудың иерархиясын түсіндіріңіз.
9. Экологиялық мониторингтің мақсаты қандай?
10. Экологиялық тәуекелді бағалаудың негізгі кезеңдерін атаңыз.
11. ISO 14001 стандартының негізгі міндеті қандай?
12. Өмірлік циклді бағалау (LCA) не үшін қолданылады?
13. Функционалдық бірлік дегеніміз не?
14. Ағын судағы ластаушы заттың массалық жүктемесі қалай есептеледі?
15. Тазарту тиімділігі мен меншікті су тұтыну қалай анықталады?