8-ДӘРІС

Биотехнологиялық өнімдер: өндіріс және қолдану

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

Дәрістің мақсаты

Биотехнологиялық өнімдердің жіктелуін, оларды алудың негізгі өндірістік тәсілдерін, технологиялық тізбектің кезеңдерін және медицина, ауыл шаруашылығы, тамақ, энергетика мен экология салаларындағы қолданылуын түсіндіру. Өнім сапасын, технологиялық тиімділікті, қауіпсіздік пен тұрақтылықты бағалау қағидаларын меңгерту.

Күтілетін оқу нәтижелері

- Биотехнологиялық өнімдердің негізгі санаттарын атайды және нақты мысалдармен түсіндіреді.
- Ферментация, рекомбинантты ДНҚ, жасушалық биотехнология және биокатализ әдістерін салыстырады.
- Шикізаттан дайын өнімге дейінгі технологиялық кезеңдерді сипаттайды.
- Өнімнің шығымы, тазалығы және көлемдік өнімділігі сияқты көрсеткіштерді есептейді.
- Биотехнологиялық өнімдерді қолданудың экономикалық, экологиялық және нормативтік шектеулерін талдайды.

Дәріс жоспары

- Биотехнологиялық өнімдердің анықтамасы және түрлері
- Биотехнологиялық өнімдерді өндіру әдістері
- Биотехнологиялық өнімдердің қолдану салалары
- Биотехнологиялық өнімдердің артықшылықтары мен шектеулері
- Биотехнологиялық өнімдерді дамытудың заманауи тенденциялары
- Қазақстандағы биотехнологиялық өнімдердің дамуы
- Инженерлік есептер, өндірістік кейс және бақылау сұрақтары

Кіріспе

Биотехнологиялық өнімдер – тірі организмдер, жасушалар, ферменттер немесе басқа биологиялық жүйелердің көмегімен алынатын заттар мен материалдар. Олардың ауқымы өте кең: ашытылған тағамдардан бастап рекомбинантты ақуыздар мен биополимерлерге дейін қамтиды. Өнімнің түрі өндіріс технологиясын, сапаны бақылау талаптарын және қолданылу саласын анықтайды.

Инженерлік биотехнология үшін өнімді алу фактісі ғана жеткіліксіз. Өндіріс барысында шикізаттың тұрақты сапасын, биологиялық жүйенің жұмысын, реактордың параметрлерін, өнімді тазартуды, сақтау жағдайларын және нормативтік талаптарды біріктіріп қарастыру қажет. Осы дәрісте бастапқы оқу материалындағы алты негізгі бөлім сақталып, инженерлік түсіндірмелер мен есептер қосылды.

1. Биотехнологиялық өнімдердің анықтамасы және түрлері

1.1. Анықтамасы

Биотехнологиялық өнім – биологиялық агенттің қатысуымен немесе биологиялық процестің нәтижесінде алынған мақсатты зат, жасушалық материал не технологиялық қызмет нәтижесі. Кейде өнімнің өзі биологиялық белсенді молекула болады; басқа жағдайда ол биокатализ арқылы алынған химиялық қосылыс немесе өңделген шикізат болуы мүмкін.

1.2. Биотехнологиялық өнімдердің түрлері

Сала	Өнімдер	Негізгі ерекшелігі
Медицина	Вакциналар, антибиотиктер, рекомбинантты инсулин, өсу гормоны, моноклоналды антиденелер	Жоғары тазалық, белсенділік және қауіпсіздік талаптары
Ауыл шаруашылығы	Биопестицидтер, биотыңайтқыштар, жемдік қоспалар, биотехнологиялық өсімдіктер	Далалық тиімділік пен қоршаған ортаға ықпалды бағалау
Тамақ өнеркәсібі	Йогурт, ірімшік, нан,	Тағамдық қауіпсіздік

	ферменттер, аминқышқылдары	және тұрақты сапа
Энергетика	Биоэтанол, биогаз, биодизель	Шикізат пен энергия балансы
Экология және материалдар	Биополимерлер, биологиялық тазарту технологиялары	Биологиялық ыдырау және қалдық ағындарын басқару

Өнімдерді қосымша молекулалық табиғаты бойынша да бөлуге болады: ақуыздық өнімдер, төмен молекулалы метаболиттер, полисахаридтер, липидтер, жасушалық өнімдер және биоматериалдар. Мұндай жіктеу өнімді бөліп алу мен талдау әдісін таңдауға көмектеседі.

1.3. Медициналық өнімдер

Рекомбинантты ақуыздар биологиялық экспрессиялық жүйелерде өндіріледі. Мысалы, инсулин биотехнологиялық жолмен алынатын ақуыздық дәрілік заттардың маңызды мысалы. Моноклоналды антиденелерді өндіруде жасушалық платформалар кеңінен қолданылады. Вакциналардың түрлері әртүрлі болғандықтан, оларды алу технологиялары да бірдей емес: кейбірі рекомбинантты антигендерге, кейбірі басқа биологиялық платформаларға негізделеді.

1.4. Ауыл шаруашылығы және тағам өнімдері

Биотыңайтқыштар топырақтағы қоректік элементтердің айналымына қатысатын микроорганизмдерге негізделуі мүмкін. Биопестицидтер белгілі биологиялық агенттердің зиянкестерге әсерін пайдаланады. Тамақ өндірісінде сүтқышқылды бактериялар мен ашытқылар өнімнің қышқылдығын, құрылымын және дәмін қалыптастырады. Мұндай өнімдердің тиімділігі нақты дақылға, шикізатқа және сақтау жағдайына тәуелді.

1.5. Энергетикалық және экологиялық өнімдер

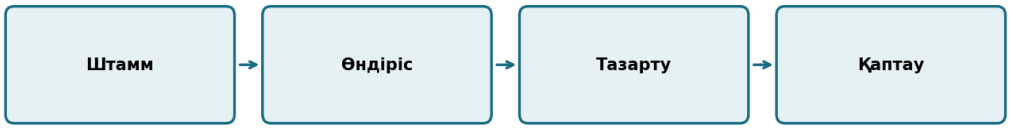
Биоэтанол көмірсулы шикізаттың микробтық түрленуімен байланысты; биогаз органикалық заттардың анаэробты ыдырауы нәтижесінде түзіледі. Биодизель көбіне май шикізатын химиялық немесе ферменттік түрлендіру арқылы алынады. Биополимерлердің қасиеттері олардың химиялық құрылымына байланысты: «биологиялық жолмен алынған» материал міндетті түрде «толық биоыдырайтын» материал дегенді білдірмейді.

2. Биотехнологиялық өнімдерді өндіру әдістері

2.1. Өндірістің жалпы кезеңдері

Биотехнологиялық өндірістің жалпы тізбегі бес өзара байланысқан кезеңнен тұрады: шикізатты дайындау, биологиялық агентті таңдау және дайындау, өнім түзу кезеңі, өнімді бөліп алу мен тазарту, қаптау және сақтау. Нақты өнімге қарай бұл тізбекке аралық бақылау, концентрациялау, формуляциялау және сапаны растау кезеңдері қосылады.

- Шикізатты дайындау: субстраттың химиялық құрамы, қолжетімділігі және сапасы бағаланады.
- Биологиялық агентті таңдау: жасуша, микроорганизм немесе ферменттің қажетті өнімді түзу қабілеті қарастырылады.
- Негізгі биопроцесс: ферментация, жасушалық өсіру немесе ферменттік биоконверсия жүргізіледі.
- Өнімді бөліп алу: жасуша мен сұйық фазаны бөлу, қажетті затты шоғырландыру және тазарту орындалады.
- Қаптау және сақтау: өнімнің белсенділігі мен сапасын сақтауға бағытталған талаптар орындалады.



1-сурет. Биотехнологиялық өнімдерді алудың жалпыланған технологиялық сызбасы.

2.2. Ферментациялық өндіріс

Ферментациялық өндірісте микроорганизмдердің метаболикалық белсенділігі пайдаланылады. Биохимиялық мағынада ферментация көбіне органикалық электрон акцепторларымен жүретін энергия алмасу жолын білдіреді, ал өнеркәсіпте бұл термин жасушаларды бақыланатын ортада өсіру процестерін де қамтиды. Этанол, органикалық қышқылдар, кейбір ферменттер мен антибиотиктер өндірісі – кең таралған мысалдар.

Өндірістік нәтижеге қоректік орта құрамы, температура, pH, оттегімен қамтамасыз ету және өнімнің жасушаға әсері ықпал етеді. Процесс тиімділігін

бағалағанда соңғы өнім концентрациясымен бірге субстрат шығыны, биомасса мөлшері және жанама өнімдер де өлшенеді.

2.3. Генетикалық инженерия

Рекомбинантты ДНҚ технологиялары мақсатты ақуызды өндіруге қабілетті биологиялық платформаларды зерттеуге және жасауға мүмкіндік береді. Рекомбинантты инсулин – осы бағыттың белгілі мысалы. Бірақ ақуыздың мөлшері ғана емес, оның дұрыс құрылымы, биологиялық белсенділігі, тазалығы және өндіріс партиялары арасындағы біркелкілігі де маңызды.

2.4. Жасушалық биотехнология

Жануарлар мен өсімдік жасушалары күрделі биологиялық өнімдер алуда және биологиялық зерттеулерде пайдаланылады. Жасушалық жүйенің артықшылығы – кейбір ақуыздарды қажетті биологиялық өңдеуден өткізу қабілеті. Шектеулеріне қоректік ортаға жоғары талап, жасушалардың механикалық әсерге сезімталдығы және өндірістік шығындар жатады.

2.5. Биокатализаторларды пайдалану

Ферменттер химиялық реакциялардың талғамдылығын қамтамасыз ете алады. Мысалы, амилаза крахмал гидролизінде, лактаза лактозаны түрлендіруде, протеазалар ақуыздық шикізатты өңдеуде қолданылады. Кейбір технологияларда ферменттер тасымалдағышқа бекітіліп, қайта пайдаланылуы мүмкін. Мұндай жүйелерде диффузия және фермент тұрақтылығы ескеріледі.

2.6. Өнімді бөліп алу және тазарту

Биопроцестің соңында алынған қоспада жасушалар, қоректік орта компоненттері, жанама метаболиттер және мақсатты өнім бірге болуы мүмкін. Сүзу мен центрифугалау ірі бөлшектерді бөлуге көмектеседі; мембраналық әдістер және хроматография молекулалардың қасиеттеріне сүйеніп тазартуды қамтамасыз етеді. Тазарту схемасы өнімнің молекулалық табиғаты мен қолданылу мақсатына сәйкес таңдалады.

Өнім түрі	Өндіріс платформасы	Сапаны бақылаудың мысалы
Рекомбинантты ақуыз	Микробтық немесе жасушалық жүйе	Тазалық, сәйкестік, биологиялық белсенділік

Органикалық қышқыл	Микробтық ферментация	Концентрация, қоспалар, қышқылдық
Өнеркәсіптік фермент	Микробтық өндіріс	Каталитикалық белсенділік, тұрақтылық
Ашытылған тағам	Тағамдық микробтық культура	Микробиологиялық қауіпсіздік, дәм, қышқылдық
Биополимер	Микробтық биосинтез немесе биоконверсия	Құрылым, механикалық және ыдырау қасиеттері

3. Биотехнологиялық өнімдердің қолдану салалары

3.1. Медицина

Биотехнология медициналық өнімдердің бірнеше ірі тобын қамтиды: профилактикалық вакциналар, антибиотиктер, гормондар, моноклоналды антиденелер және басқа биологиялық дәрілік заттар. Бұл өнімдерге қойылатын сапа талаптары олардың қолданылу жолы мен биологиялық белсенділігіне байланысты. Өндірісте стерильдік, қоспалар, сақтау тұрақтылығы және партиялық сәйкестік сияқты көрсеткіштер маңызды.

Гендік терапия және жасушалық терапия – қарқынды зерттеліп жатқан бағыттар. Олардың өндірісі күрделі биологиялық материалдармен байланысты және қатаң ғылыми, этикалық әрі нормативтік бағалауды талап етеді. Барлық осындай технологиялар бірдей клиникалық қолжетімді немесе бірдей тиімді деп қарастырылмайды.

3.2. Ауыл шаруашылығы

Ауыл шаруашылығында биотехнологиялық әдістер өсімдік қасиеттерін зерттеуге, биотыңайтқыштар мен биопестицидтерді әзірлеуге, жемдік ингредиенттерді өндіруге қолданылады. Генетикалық модификацияланған организмдерге қатысты тиімділік пен тәуекел нақты қасиетке, дақылға және қолданылу ортасына қарай бағаланады. Биологиялық әдістердің экологиялық артықшылығы автоматты түрде кепілдендірілмейді.

3.3. Энергетика

Биоэтанол – көмірсуларды биологиялық түрлендіру нәтижесінде алынатын отындық компонент. Биогаз органикалық қалдықтардың анаэробты ыдырауынан түзілуі мүмкін. Биодизель өндірісі май шикізатын түрлендіруге

негізделеді; ферменттік катализ оның ықтимал технологиялық нұсқаларының бірі. Энергетикалық тиімділікті бағалағанда өнімнің энергия мазмұны ғана емес, шикізат дайындауға, өңдеуге және тасымалдауға жұмсалған энергия да есептеледі.

3.4. Тамақ өнеркәсібі

Ферменттер нан, ірімшік және басқа тағам өнімдерін өңдеуде маңызды. Ашытқы мен сүтқышқылды бактериялар өнім құрылымын, дәмін және қышқылдығын қалыптастырады. Пробиотиктерге қатысты ықтимал әсер нақты микроорганизм штаммына және қолданылу жағдайына байланысты; барлық ашытылған өнімді пробиотик деп атау дұрыс емес.

3.5. Экология

Биоремедиацияда микроорганизмдер белгілі ластаушы заттарды ыдыратуға немесе олардың химиялық күйін өзгертуге қатысады. Мұнаймен ластанған ортаны биологиялық өңдеу – зерттелетін бағыттардың бірі. Пластиктердің биологиялық ыдырауы материалдың полимерлік құрылымына және қоршаған орта жағдайларына тәуелді; барлық пластик түрі табиғи жағдайда тез ыдырамайды.

4. Биотехнологиялық өнімдердің артықшылықтары мен шектеулері

4.1. Артықшылықтары

Биотехнологиялық процестер кейбір жағдайда жоғары химиялық талғамдылыққа, салыстырмалы жұмсақ реакциялық жағдайларға және жаңартылатын шикізатты пайдалануға мүмкіндік береді. Олар қалдықтарды құнды өнімге айналдырудың жаңа жолдарын ашады. Рекомбинантты технологиялар кейбір күрделі биологиялық молекулаларды тұрақты өндірістік жүйелерде алуға жағдай жасайды.

4.2. Шектеулері

Шектеулерге биологиялық жүйелердің өзгергіштігі, қымбат қоректік орталар, өндіріс жабдығының күрделілігі, тазарту шығындары және өнімді сақтау мәселелері жатады. Генетикалық түрлендірілген жүйелермен жұмыс істегенде биоқауіпсіздік, құқықтық реттеу және қоғаммен ашық коммуникация маңызды. Өнімнің биологиялық жолмен алынуы оның экологиялық немесе медициналық тұрғыдан автоматты түрде қауіпсіз екенін білдірмейді.

Артықшылық	Ықтимал шектеу	Бағалау тәсілі
Жоғары талғамдылық	Ферменттің тұрақсыздығы	Белсенділік және сақтау тұрақтылығы
Жаңартылатын шикізат	Шикізат құрамының өзгергіштігі	Кіріс сапасын бақылау
Күрделі ақуыз өндіру	Тазарту шығындары	Тазалық және экономикалық талдау
Қалдықты биоконверсиялау	Қалдықтағы қоспалар	Материалдық баланс және экологиялық бағалау

5. Биотехнологиялық өнімдерді дамытудың заманауи тенденциялары

5.1. Жасанды интеллект және цифрлық басқару

Машиналық оқыту технологиялық деректерден заңдылықтарды анықтауға, сапа көрсеткіштерін болжауға және басқару шешімдерін қолдауға пайдаланылуы мүмкін. Алайда мұндай модельдер сенімді өлшеулерге, дұрыс деректер жиынына және тәуелсіз тексеруге тәуелді. Цифрлық модель нақты өндірістегі сапа бақылауын алмастырмайды.

5.2. CRISPR-Cas және синтетикалық биология

CRISPR-Cas жүйелері гендердің қызметін зерттеу мен биологиялық платформаларды жобалау бағытында қолданылады. Синтетикалық биология жасушалық жүйелерді инженерлік қағидалармен сипаттауға мүмкіндік береді. Бұл технологиялардың өндірістік қолданылуы биологиялық тұрақтылық, өнім сапасы және нормативтік талаптармен бірге қарастырылады.

5.3. Нанобиотехнологиялар

Наноматериалдар биосенсорлар, ферменттерді иммобилизациялау және кейбір биомедициналық платформалар саласында зерттеледі. Олардың ықтимал артықшылықтары материал қасиеттерімен байланысты, бірақ қауіпсіздік пен қоршаған ортаға ықпалын бөлек бағалау қажет.

5.4. Биоыдырайтын материалдар және жасушалық терапия

Биоыдырайтын полимерлер қалдықтарды басқарудың кейбір мәселелерін шешуге көмектесе алады. Дегенмен ыдырау дәрежесі мен жылдамдығы материалға және нақты ортаға тәуелді. Жасушалық терапия мен регенеративті

медицинада жасуша сапасын, сәйкестігін, биологиялық белсенділігін және қауіпсіздігін дәлелдеу негізгі міндеттердің бірі.

6. Қазақстандағы биотехнологиялық өнімдердің дамуы

Бастапқы оқу материалында Қазақстан үшін үш негізгі бағыт көрсетілген: фармацевтика, ауыл шаруашылығы және экология. Фармацевтикада биологиялық дәрілік заттар мен вакциналарға қатысты ғылыми және өндірістік әлеуетті дамыту; ауыл шаруашылығында биотыңайтқыштар мен биологиялық қорғау құралдарын зерттеу; экологияда мұнаймен ластанған ортаны биологиялық тазарту бағыттары қарастырылады.

Бұл бөлім нақты кәсіпорындардың ағымдағы өндірістік көлемін немесе белгілі өнімдердің Қазақстанда толық циклмен өндірілетінін растамайды. Мұндай мәліметтерді көрсету үшін ресми тіркеу, өндіріс және статистика деректері бөлек тексерілуі тиіс. Оқу тұрғысынан басты міндет – аталған салалардағы биотехнологиялық мүмкіндіктер мен инженерлік шектеулерді талдау.

6.1. Қазақстан үшін маңызды инженерлік міндеттер

- Жергілікті шикізат пен өндірістік жанама өнімдердің құрамын бағалау.
- Өнім сапасының қайталанымдылығын және зертханадан өндіріске көшіруді қамтамасыз ету.
- Өндірістік жабдық, кадр және аналитикалық бақылау әлеуетін дамыту.
- Экологиялық әсер мен өнім қауіпсіздігін ғылыми негізде бағалау.

7. Өнімнің сапасы және өндірістік тиімділігі

7.1. Өнім шығымы

Өнімнің субстратқа шаққандағы шығымы $Y_{P/S} = \Delta P/\Delta S$ түрінде есептеледі. Мұнда ΔP – түзілген мақсатты өнім массасы, ΔS – жұмсалған субстрат массасы. Бұл көрсеткіш субстраттың мақсатты өнімге айналу тиімділігін сипаттайды.

7.2. Көлемдік өнімділік

Жұмыс көлемі тұрақты болған жағдайда орташа көлемдік өнімділік $Q_P = \Delta P/(V \times \Delta t)$, мұнда V – реактордың жұмыс көлемі, Δt – уақыт аралығы. Жоғары өнім шығымы әрдайым жоғары өнімділікпен қатар жүрмейді; сондықтан екі көрсеткіш бірге бағаланады.

7.3. Тазарту шығымы

Тазарту кезеңіндегі өнімнің сақталу үлесін R = mсоңғы/mбастапқы × 100% түрінде есептеуге болады. Бұл көрсеткіш өнімнің тазарту барысында қанша бөлігі сақталғанын көрсетеді, бірақ өнімнің тазалығын өздігінен сипаттамайды. Тазалық пен сақталу үлесі екі бөлек сапалық көрсеткіш ретінде қарастырылады.

7.4. Сапаны қамтамасыз ету

Сапаны бақылау өнімнің сәйкестігін, белсенділігін, қоспалар мөлшерін, микробиологиялық қауіпсіздігін және сақтау тұрақтылығын қамтуы мүмкін. Нақты талаптар өнім санатына тәуелді. Фармацевтикалық, тағамдық және техникалық өнімдерге бірдей өлшемдер қолданылмайды.

8. Инженерлік есептер және өндірістік жағдай

8.1. Өнім шығымын есептеу

Мысал: өндірісте 120 г субстрат жұмсалып, 42 г мақсатты өнім түзілді. Шығым: YP/S = 42/120 = 0,35 г/г. Яғни жұмсалған әрбір грамм субстратқа 0,35 г мақсатты өнім сәйкес келеді.

8.2. Көлемдік өнімділікті есептеу

Мысал: көлемі 80 л биореакторда 16 сағат ішінде 320 г өнім алынды. QP = 320/(80 × 16) = 0,25 г/(л·сағ). Бұл есеп жұмыс көлемі тұрақты және өнім мөлшері көрсетілген аралықта жиналған деп қабылдайды.

8.3. Тазарту кезеңіндегі өнім жоғалуын бағалау

Мысал: тазарту басталғанда 500 г мақсатты өнім болды, ал соңында 410 г алынды. Өнімнің сақталу үлесі R = 410/500 × 100% = 82%. Жоғалған үлес – 18%. Бұл нәтижеден тазалық деңгейі туралы қорытынды жасауға болмайды: ол үшін қоспаларға бөлек талдау қажет.

8.4. Өндірістік кейс

Кәсіпорын рекомбинантты ақуыз өндіреді. Биореактордан алынған өнім мөлшері жоспарға сай, бірақ тазартудан кейінгі соңғы өнім аз. Мұндай жағдайда өндірістің тек өсіру кезеңін өзгерту жеткіліксіз болуы мүмкін. Өнімнің қай кезеңде жоғалатынын анықтау үшін бастапқы қоспа, аралық фракциялар және соңғы өнім бойынша материалдық баланс жасалады; өнімнің белсенділігі мен тазалығы да салыстырылады.

- Өнімнің жалпы шығымы мен тазарту шығымының айырмашылығы қандай?
- Соңғы өнім аз болғанда биореактор өнімділігін арттыру міндетті түрде мәселені шеше ме?
- Өнім сапасын қандай қосымша көрсеткіштермен бағалау қажет?
- Экономикалық шешім қабылдауда шикізат пен тазарту шығындарының рөлі қандай?

Қорытынды

Биотехнологиялық өнімдер медицинада, ауыл шаруашылығында, тамақ өнеркәсібінде, энергетикада және экологияда кеңінен қолданылады. Оларды өндіру ферментация, генетикалық инженерия, жасушалық технологиялар және биокатализ сияқты әртүрлі тәсілдерге негізделеді. Инженерлік биотехнологияда тиімді өндіріс үшін өнімнің шығымы мен өнімділігін ғана емес, сапасын, қауіпсіздігін, тазарту шығындарын және экологиялық әсерін бірге бағалау қажет.

Бақылау сұрақтары

1. Биотехнологиялық өнім дегеніміз не?
2. Биотехнологиялық өнімдердің негізгі түрлерін атаңыз.
3. Медициналық биотехнологиялық өнімдерге қандай мысалдар жатады?
4. Биотыңайтқыштар мен биопестицидтердің қолданылу ерекшеліктері қандай?
5. Биотехнологиялық өндірістің негізгі кезеңдерін сипаттаңыз.
6. Ферментациялық өндіріс пен ферменттік биокатализдің айырмашылығы неде?
7. Рекомбинантты ақуыз өндірісінде қандай сапалық көрсеткіштер маңызды?
8. Жасушалық биотехнологияның артықшылықтары мен шектеулері қандай?
9. Биоэтанол, биогаз және биодизельдің өндірістік негіздерін салыстырыңыз.
10. Тағам өндірісінде ферменттер мен микроорганизмдердің рөлі қандай?
11. Биоремедиация дегеніміз не?
12. Биологиялық жолмен алынған материал міндетті түрде биоыдырай ма?
13. Биотехнологиялық өнімдердің негізгі экономикалық және нормативтік шектеулері қандай?
14. Қазақстандағы биотехнологияны дамытудың қандай бағыттары көрсетілген?
15. Өнім шығымы, көлемдік өнімділік және тазарту шығымы қалай есептеледі?