



ЗАГАЛЬНА БІОТЕХНОЛОГІЯ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	16 – Хімічна інженерія та біоінженерія
Спеціальність	162 – Біотехнології та біоінженерія
Освітня програма	Біотехнології
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	заочна
Рік підготовки, семестр	2 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	255 год/8,5 кредитів ЄКТС: 16 год лекцій, 12 год лабораторних, 227 год СРС
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен/ МКР, РГР
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua/
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лекції та контрольні заходи проводить: д.т.н., професор кафедри промислової біотехнології та біофармації Тодосійчук Тетяна Сергіївна, email: tts.pbt@gmail.com Лабораторні роботи проводять: к.б.н., старший викладач кафедри промислової біотехнології та біофармації Дзигун Лариса Петрівна
Розміщення курсу	Класрум https://do.ipk.kpi.ua/course/index.php?categoryid=24; ECampus

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Дисципліна “Загальна біотехнологія” призначена для студентів, які навчаються за спеціальністю 162 - Біотехнології та біоінженерія. Предметом навчальної дисципліни є біологічні агенти, процеси, принципи та умови, що дозволяють розробити та реалізувати виробництво практично цінних речовин на основі біосинтезу із застосуванням наукових та інженерних методів, опанування основ кінетики фізіологічних перетворень, вивчення методів моделювання розвитку клітинних популяцій.

Дисципліна забезпечує освоєння базових знань та умінь для розв’язання спеціалізованих задач в процесах розробки та реалізації біотехнологій мікробного синтезу та з використанням клітин рослин та тварин. В рамках дисципліни розглядаються основи біотехнології традиційних продуктів мікробного синтезу.

Метою дисципліни є формування у студентів таких компетентностей:

- здатність працювати з біологічними агентами, використовуваними у біотехнологічних процесах (мікроорганізми, гриби, рослини, тварини; віруси; окремі їхні компоненти);
- здатність здійснювати експериментальні дослідження з вдосконалення біологічних агентів, у тому числі викликати зміни у структурі спадкового апарату та функціональній активності біологічних агентів;
- здатність здійснювати аналіз нормативної документації, що необхідна для забезпечення інженерної діяльності в галузі біотехнології;
- здатність здійснювати аналіз сировини, матеріалів, напівпродуктів та цільових продуктів біосинтезу;
- здатність враховувати комерційний та економічний контекст при проектуванні фармацевтичних виробництв;

- здатність використовувати методології проектування виробництв біотехнологічних продуктів різного призначення;
- здатність обирати і використовувати відповідне обладнання, інструменти та методи для реалізації контролю виробництв біотехнологічних продуктів різного призначення;
- здатність складати технологічні схеми виробництв біотехнологічних продуктів різного призначення;
- здатність аналізувати та проектувати виробництва біотехнологічної продукції різного профілю;
- здатність оцінювати ефективність біотехнологічного процесу.

В результаті вивчення навчальної дисципліни здобувачі вищої освіти набудуть таких програмних результатів навчання:

- вміння розраховувати склад поживних середовищ, визначати особливості їх приготування та стерилізації, здійснювати контроль якості сировини та готової продукції на основі знань про фізико-хімічні властивості органічних та неорганічних речовин;
- вміння застосовувати знання складу та структури клітин різних біологічних агентів для визначення оптимальних умов культивування та потенціалу використання досліджуваних клітин у біотехнології
- вміння аналізувати нормативні документи (державні та галузеві стандарти, технічні умови, настанови тощо), складати окремі розділи технологічної та аналітичної документації на біотехнологічні продукти різного призначення; аналізувати технологічні ситуації, обирати раціональні технологічні рішення;
- вміння обґрунтувати вибір біологічного агента, складу поживного середовища і способу культивування, необхідних допоміжних робіт та основних стадій технологічного процесу;
- вміння розраховувати основні критерії оцінки ефективності біотехнологічного процесу (параметри росту біологічних агентів, швидкість синтезу цільового продукту, синтезувальна здатність біологічних агентів, економічний коефіцієнт, вихід цільового продукту від субстрату, продуктивність, вартість поживного середовища тощо).
- вміння застосовувати положення нормативних документів, що регламентують порядок проведення сертифікації продукції, атестації виробництва, вимоги до організації систем управління якістю на біотехнологічних підприємствах, правила оформлення технічної документації та ведення технологічного процесу;
- вміння складати матеріальний баланс на один цикл виробничого процесу, специфікацію обладнання та карту постадійного контролю з наведенням контрольних точок біотехнологічного виробництва;
- вміння аналізувати та проектувати спеціальні біотехнологічні виробництва;
- вміння використовувати знання про шляхи біосинтезу практично цінних метаболітів для вдосконалення біотехнологій їх одержання.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Дисципліна базується на знаннях та навичках, здобутих студентами при вивченні загальних хімічних та біологічних дисциплін: “Біологія клітини”, “Біохімія”, “Загальна мікробіологія і вірусологія”, “Загальна біохімія”.

Знання, здобуті студентами при вивченні даної дисципліни, можуть бути використані у майбутньому при вивченні таких дисциплін циклу підготовки магістрів, як “Проектування біотехнологічних та фармацевтичних виробництв”, “Технологія продуктів мікробного синтезу”, “Промислова ензимологія”, а також в процесі дипломного проектування.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Загальна характеристика біотехнології: предмет та об'єкти.

Тема 1.1 Предмет та значення біотехнологічної галузі.

Виникнення та основні етапи розвитку біотехнології. Особливості та відмінності біотехнологій у порівнянні з іншими технологічними процесами (технологіями). Базова термінологія. Принципи класифікації та приклади класифікацій біотехнологічних виробництв.

Мікробіологічна промисловість, як базова складова частина сучасної біотехнології. Сфери використання біосинтетичного потенціалу мікроорганізмів. Галузі застосування продукції біотехнологічних виробництв.

Принципи створення біотехнології. Сучасні та новітні напрямки розвитку біотехнології та біотехнологічної промисловості. Основні наукові центри та промислові підприємства галузі.

Тема 1.2 Біологічні агенти біотехнології.

Застосування основних закономірностей регуляції метаболізму у мікроорганізмів для підвищення їх продуктивності.

Залежність метаболічної активності мікроорганізмів від впливу факторів оточуючого середовища: температури, аерації, рН, складу і концентрації компонентів середовища.

Основні вимоги до промислових та промислово-перспективних продуцентів БАР, критерії відбору. Принципи та основи методів селекції промислових штамів.

Клітини мікроорганізмів, рослин та тканин, як промислові продуценти біологічно активних речовин. Специфіка калусних тканин. Вибір експлантатів, підготовка і умови культивування ізольованих клітин, тканин та органел. Фактори, що впливають на синтез та накопичення метаболітів в культурі ізольованих клітин і тканин.

Розділ 2. Основи біотехнологічних процесів.

Тема 2.1 Поживні середовища в біотехнології.

Класифікація поживних середовищ, що використовуються у біотехнології. Принципи створення поживних середовищ, вимоги до компонентів.

Підбір складу поживного середовища, розробка технологічних етапів культивування в залежності від механізмів регуляції метаболічних шляхів та фізіологічних особливостей клітин промислового штаму.

Сировинна база біотехнології. Основні джерела головних та мінорних елементів. Ростові фактори. Попередники синтезу цільового продукту.

Особливості поживних середовищ для культивування клітин рослин та тканин.

Тема 2.2 Асептика в біотехнологічній промисловості.

Поняття "асептика", "стерильність", "контамінація". Вплив сторонньої мікрофлори на ефективність процесів біосинтезу. Способи підтримки асептичних умов.

Способи інактивації контамінуючої мікрофлори. Способи стерилізації обладнання, поживних середовищ та повітря. Інактивація мікроорганізмів та руйнування хімічних сполук під дією фізичних та хімічних факторів.

Кінетика стерилізації. Розрахунок ефективності термічної стерилізації рідин. Модель активованих спор Хемфрі, метод Річардса, теорія Дейндорфера і Хемфрі. Вибір оптимальних технологічних параметрів термічної стерилізації.

Розділ 3. Основні процеси біотехнологічних виробництв. Типові технологічні рішення в біотехнології.

Тема 3.1. Принципова схема біотехнологічного процесу.

Типи стадій біотехнологічних виробництв. Підготовчі (предферментаційні) процеси, культивування біологічних агентів, виділення та стандартизації біологічно активних речовин.

Тема 3.2 Передферментаційні процеси.

Санітарна підготовка виробництва, технологічні засади проведення. Підготовка, мийка та стерилізація обладнання та комунікацій.

Підготовка поживних середовищ для виробничого біосинтезу: зберігання та дозування компонентів поживного середовища, способи стерилізації поживних середовищ. Контроль якісних показників поживних середовищ.

Посівний матеріал. Одержання посівного матеріалу для поверхневого та глибинного культивування. Музейні культури, робочі партії штамів-продуцентів БАР.

Підготовка повітря для технологічного процесу. Технологічна схема отримання стерильного повітря.

Розрахунок потреб культури продуцента БАР у розчиненому кисні. Способи очищення та стерилізації повітря для біосинтезу та виробничих приміщень. Типові технологічні прийоми стерилізації повітря.

Повітряні фільтри. Принципи вибору фільтруючих матеріалів повітряних фільтрів. Оцінка ефективності очистки та стерилізації повітря. Контроль ефективності очистки та стерилізації повітря.

Тема 3.3 Культивування мікроорганізмів

Поверхневий та глибинний способи культивування. Періодичний та безперервний процеси біосинтезу. Особливості, переваги, недоліки при отриманні БАР.

Технологічна реалізація типових способів періодичного та безперервного культивування.

Ферментери. Принципи вибору типового ферментаційного обладнання.

Особливості технологій з використанням нативних та іммобілізованих клітин мікроорганізмів. Використання іммобілізованих та мікрокапсульованих мікробних клітин для одержання продукції мікробного синтезу. Переваги застосування іммобілізованих клітин та їх структур у технологічних процесах. Піноутворення та його регулювання в процесах глибинного культивування. Причини піноутворення та його вплив на ефективність біосинтезу. Методи пінорегулювання: хімічні, фізичні, механічні та комбіновані. Характеристика піногасників, що використовуються у промисловості.

Тема 3.4 Культивування клітин тканин та клітин рослин.

Особливості біотехнологічних процесів на основі культивування рослинних та тваринних клітин. Суспензійні культури, умови їх отримання та вирощування.

Культивування калусних та суспензійних культур з метою одержання продуктів вторинного синтезу (алкалоїдів, глікозидів, ефірної олії, стеринів). Особливості обладнання для лабораторного та промислового культивування ізольованих клітин і тканин.

Розділ 4. Технологічні процеси біосинтезу, виділення, очищення та сушки продуктів біосинтезу.

Тема 4.1 Математичні моделі ростових та біосинтетичних процесів.

Періодичне культивування і його графічна інтерпретація. Глибинне культивування в ідеальному біореакторі періодичної дії. Логістична крива, як приклад однопараметричної моделі розвитку популяції. Базові кінетичні показники періодичного культивування. Кінетика утилізації субстрату і утворення метаболітів в періодичному режимі культивування. Питома швидкість росту, економічні коефіцієнти, вихід біомаси, ступінь використання субстрату, продуктивність біосинтезу, фізіологічна цінність субстрату. Математичне моделювання ростових процесів. Модель експоненційного росту. Кінетичні рівняння Моно, Ферхюльста-Пірла-Ріда, Ендрюса та інш.

Кінетика збалансованого росту. Базові кінетичні показники та математичні моделі напівбезперервного та безперервного режимів культивування. Класифікація безперервних систем та методи керування ними, матеріальний баланс по біомасі та субстрату. Саморегуляція безперервних систем. Хемостатні, турбідостатні та інші системи керування безперервними процесами біосинтезу.

Тема 4.2 Принципи та типові технологічні рішення виділення цільових продуктів біосинтезу.

Обґрунтування та вибір способів виділення в залежності від характеристик продукту та місця його локалізації. Способи концентрування біомаси: відстоювання, флотація, осадження в полі штучно створених гравітаційних сил.

Способи розділення твердої та рідкої фаз культуральної рідини: фільтрування, центрифугування, сепарування. Попередня обробка клітинних суспензій. Екстракція цільового продукту. Мембранні методи: діаліз, електродіаліз. Баромембранні способи: мікрофільтрація, ультрафільтрація, зворотний осмос.

Методи осадження білків: органічними розчинниками, солями, вибірковою рН-та Т-денатурацією, в ізоелектричній точці. Розділення та очищення продукту методами адсорбції.

Тема 4.3 Отримання кінцевої форми продуктів біосинтезу.

Стабілізація продукту. Наповнювачі та стабілізатори активності БАР.

Термочутливість та ксерочутливість продуктів біосинтезу. Способи сушки продуктів. Вакуум-висушування, розпилююча та сублимаційна сушка. Вибір способу в залежності від характеристик субстанції, що висушується, та вимог до готового продукту.

Товарні форми продуктів біосинтезу. Фасування, пакування, зберігання.

Контроль у виробництві продуктів біосинтезу. Види контролю, точки контролю, якість продукції.

Розділ 5. Біотехнології на основі мікробного синтезу.

Тема 5.1 Особливості традиційних технологій отримання різних груп біологічно активних речовин.

Загальна характеристика технології білково-вітамінних концентратів (БВК). Основні продуценти, особливості виробництва та виділення продукту.

Особливості технології отримання органічних кислот. Технологічні принципи, види товарних форм. Мікробіологічний спосіб отримання амінокислот. Особливості продуцентів та технологічних режимів. Мікробіологічне виробництво ферментних препаратів. Способи культивування продуцентів. Номенклатура, активність цільових продуктів.

Особливості технології отримання антибіотиків мікробним синтезом. Залежність технологічної схеми від призначення цільового продукту.

Тема 5.2 Застосування мікроорганізмів в процесах очистки промислових відходів.

Принципи вибору системи біологічної очистки рідких промислових відходів.

Типові схеми очистки промислових стоків (аеробні і анаеробні способи очистки стоків).

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Пирог Т. П. Загальна біотехнологія : підручник / Т.П. Пирог, О.А. Ігнатова ; Міністерство освіти і науки України, Національний університет харчових технологій. - Київ : НУХТ, 2009. - 335 сторінок : рисунки, таблиці. <http://dspace.nuft.edu.ua/handle/123456789/582>

2. Буценко Л. М. Технології мікробного синтезу лікарських засобів : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямом підготовки "Біотехнологія" / Л.М. Буценко, Ю.М. Пенчук, Т.П. Пирог ; Міністерство освіти і науки України, Національний університет харчових технологій. - Київ : НУХТ, 2010. - 323 сторінки : рисунки, таблиці. https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000606236&local_base=KPI01.

3. Біотехнологія: Підручник / В.Г. Герасименко, М.О. Герасименко, М.І. Цвіліховський та ін.; Під общ. ред. В.Г. Герасименка. — К.: Фірма «ІНККОС», 2006. — 647 с.

http://bioengineering.kpi.ua/attachments/article/254/Biotechnologi_Gerasimenko.pdf

4. Грегірчак Н. М. Імобілізовані ферменти і клітини в біотехнології : конспект лекцій для студ. спец. 8.05140101 «Промислова біотехнологія» ден. та заоч. форм навч. / Н. М. Грегірчак, М. М. Антонюк, - К.: НУХТ, 2011. - 59 с. <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/2306>.

5. Загальна (промислова) біотехнологія: навчальний посібник. М.Д. Мельничук, О.Л.Кляченко, В.В.Бородай, Ю.В. Коломієць. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2014: 253.

6. Процеси і апарати мікробіологічної промисловості. Технологічні розрахунки. Приклади і задачі. Основи проектування виробництв : навч. посіб. для студ. базових напрямів підготовки 092902 "Біотехнологія біологічно активних речовин" і 1102 "Фармація" / Ю. І. Сидоров, Р.Й. Влязло, В. П. Новіков ; Мін-во освіти і науки України, Нац. ун-т "Львівська політехніка". - Львів : Львівська політехніка, 2004. https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000290374&local_base=KPI01

<http://biotech.kpi.ua/index.php/uk/categories/15-protsezi-i-aparati-biotechnologichnikh-virobnitstv/79-protsezi-i-aparati-mikrobiologichnoji-ta-farmatsevtichnoji-promislovosti>

Додаткова література

7. Нормативне забезпечення біотехнологічних виробництв: навчальний посібник. В.В.Бородай, О.Л.Кляченко. К.: Компрінт, 2018: 259.

8. Манушкіна Т. М. Біотехнологія в рослинництві : курс лекцій / Т. М. Манушкіна. – Миколаїв : МНАУ, 2014. – 51 с. https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/3181/1/Manushkina_T.BvR_KL.pdf

9. Стасевич, Марина Володимирівна. Технологічне обладнання фармацевтичної та біотехнологічної промисловості : підручник для студентів вищих навчальних закладів / М.В. Стасевич, А.О. Милянчик, Л.С. Стрельников, Т.В. Крутьких, І.Р. Бучкевич, І.О. Зайцев, І.О. Гузьова, О.П. Стрілець, Є.В. Гладух, В.П. Новіков ; Міністерство освіти і науки України, Національний університет "Львівська політехніка", Національний фармацевтичний університет. - Львів : Видавництво "Новий світ-2000", 2020. - 409 сторінок : рисунки, таблиці. - (Вища освіта в Україні) https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000618295&local_base=KPI01.

10. Галузі сучасної біотехнології. Підручник / Єлізаров М. О ; Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського (2021) <http://biotech.kdu.edu.ua/content/nauka/vydannya/galuzi-suchasnoi-biotechnologii.pdf>

11. Карлаш Ю.В. Основи проектування біотехнологічних виробництв: Конспект лекцій для студентів напряму 6.051401 «Біотехнологія» денної та заочної форм навчання / Уклад.: Ю.В.Карлаш - К: НУХТ, 2013. – 143 с <http://library.nuft.edu.ua/ebook/file/69.24.pdf>

12. Підгорський, Валентин Степанович. Інтенсифікація технологій мікробного синтезу : [монографія] / В.С. Підгорський, Г.О. Іутинська, Т.П. Пирог ; НАН України, Ін-т мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного. - Київ : Наукова думка, 2010. - 326 с. : схеми. - (Проект "Наукова книга")
https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000290654&local_base=KPI01

13. Біоінженерія: підручник. О.Л. Кляченко, М.Д. Мельничук, Ю.В. Коломієць. Вінниця, ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015: 458.

14. Юлевич О. І. Біотехнологія : навчальний посібник / О. І. Юлевич, С. І. Ковтун, М. І. Гиль ; за ред. М. І. Гиль. — Миколаїв : МДАУ, 2012. — 476 с
http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/1025/1/Ulevich_O.Biotehnologiya_2012.pdf

15. Конспект лекцій з дисципліни «Асептика біотехнологічних виробництв» освітньо-професійної програми другого (магістерського) рівня вищої освіти зі спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» усіх форм навчання / Укл.: Головей О.П. , Гуляев В.М. – Кам'янське. ДДТУ, 2017 р., 140 с
<http://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/5/8/5-8-kl1.pdf>

16. Технічна мікробіологія : підручник для студ. вищих навч. закл. / В.О. Коваленко [та ін.]. - Харків : Світ Книги, 2016. - 678 с. https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000466227&local_base=KPI01

17. Слободян, В. О. Основи біотехнології : навчальний посібник / В.О. Слободян ; Ін-т менеджменту та економіки. - Івано-Франківськ, 2002. - 188 с. : рис.
https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000135350&local_base=KPI01

18. Мельничук М. Д. Біотехнологія рослин : Підручник / М.Д. Мельничук, Т.В. Новак, В.А. Кунах. - К. : ПоліграфКонсалтинг, 2003. - 520 с.
https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000153117&local_base=KPI01

19. Капрельянц, Леонід Вікторович. Технічна мікробіологія : підручник / Л.В. Капрельянц, Л.М. Пилипенко, А.В. Єгорова, Я.Б. Пауліна [та 5 інших]. - Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2020. - 430 сторінок : рисунки, таблиці, портрети. https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000634498&local_base=KPI01

20. Загальна біотехнологія. Розрахунково-графічна робота [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Т. С. Тодосійчук, І. Р. Клечак. – Електронні текстові дані (1 файл: 0,58 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 21 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/41559>

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Навчальна дисципліна охоплює 16 год лекцій та 12 год лабораторних занять, розрахунково-графічну роботу (РГР), а також виконання модульної контрольної роботи. Лабораторні роботи проводяться з метою набуття досвіду аналізувати основні характеристики мікробних продуцентів, сировини, мікробіологічної чистоти, проводити процес біосинтезу та контроль його основних показників і цільового продукту.

Методи навчання: пояснювально-ілюстрований (мультимедійні лекції з елементами дискусійного спілкування зі здобувачами), репродуктивний, частково-пошуковий (самостійна робота пошукового характеру, робота з літературою). Використовуються наступні методи навчання: • словесні – розповідь, пояснення, бесіда, інструктаж, лекція, дискусія; • наочні – демонстрація відеофільмів, наочного обладнання, ілюстрацій.

Лекційні заняття

№ лекції	Назва теми лекції та перелік основних питань , а також перелік питань на самостійне опрацювання (Самостійна робота студентів)
1	<p>Виникнення та основні етапи розвитку біотехнології. Предмет вивчення курсу. Поняття біотехнології. Етапи розвитку. Особливості та відмінності біотехнологій у порівнянні з іншими технологічними процесами (технологіями). Базова термінологія. Сфери використання біосинтетичного потенціалу мікроорганізмів. Галузі застосування продукції біотехнологічних виробництв. Література [1, 5, 10]</p> <p>Клітини мікроорганізмів, рослин та тканин як промислові продуценти біологічно активних речовин. Вплив фізичних, хімічних та біологічних факторів на життєдіяльність та біосинтетичну здатність мікроорганізмів. Основні вимоги до промислових та промислово-перспективних продуцентів БАР, критерії відбору. Література [2, 3, 8]</p> <p>Принципи та основи методів селекції промислових штамів. Поняття штаму-продуценту, лінії. Методи селекції та зберігання штамів-продуцентів та підтримки цільової активності. Література [1, 8, 14]</p> <p style="text-align: center;">Самостійна робота студентів:</p> <p>Сучасні напрямки розвитку біотехнології та біотехнологічної промисловості. Основні наукові центри та промислові підприємства галузі в Україні. Принципи створення біотехнології. Класифікація біотехнологічних виробництв. Література [1, 5, 3]</p> <p>Принципи створення поживних середовищ, вимоги до компонентів. Класифікація поживних середовищ, що використовуються у промисловості за призначенням, агрегатним станом та складом. Принципи оптимізації складу поживних середовищ. Література [1, 3, 15]</p> <p>Сировинна база біотехнологічних виробництв. Основні джерела вуглецю, азоту, фосфору, сірки. Макро- та мікроелементи. Ростові фактори. Попередники цільового продукту. Особливості поживних середовищ для культивування клітин рослин та тканин. Література [3, 14, 20]</p>
2	<p>Поняття та способи підтримки асептичних умов в біотехнології. Поняття “асептика”, “стерильність”, “контамінація”. Вплив сторонньої мікрофлори на ефективність процесів біосинтезу. Способи інактивації мікрофлори. Способи стерилізації обладнання, поживних середовищ та повітря. Література [1, 6, 15]</p> <p>Розрахунок ефективності термічної стерилізації. Модель активованих спор Хемфрі, метод Річардса, теорія Дейндорфера і Хемфрі. Вибір оптимальних технологічних параметрів термічної стерилізації. Література [15, 20]</p> <p>Принципова технологічна схема біотехнологічних виробництв. Основні типи стадій, принципи формування технологічних схем Нормативна документація щодо розробки технологічних схем біотехнологічних виробництв в Україні. Література [1, 3, 7, 20]</p>

	<p style="text-align: center;">Самостійна робота студентів:</p> <p>Підготовка виробництва до технологічного процесу. Санітарна підготовка виробництва. Підготовка персоналу до роботи. Підготовка виробничих приміщень. Підготовка, мийка та стерилізація обладнання та комунікацій. Промислові мийки та антисептичні засоби для біотехнологічної галузі. Література [1, 14, 17]</p> <p>Підготовка та стерилізація поживних середовищ для виробничого біосинтезу. Підготовка поживних середовищ для виробничого біосинтезу: зберігання та дозування компонентів поживного середовища, способи стерилізації поживних середовищ. Контроль показників поживних середовищ. Література [3, 13, 15]</p>
3	<p>Підготовка повітря для технологічного процесу. Технологічна схема отримання стерильного повітря. Способи очищення та стерилізації повітря для біосинтезу та виробничих приміщень. Типові технологічні прийоми стерилізації повітря. Повітряні фільтри. Принципи вибору фільтруючих матеріалів повітряних фільтрів. Контроль ефективності очистки та стерилізації повітря. Література [5, 9, 19]</p> <p>Підготовка посівного матеріалу для виробничого біосинтезу. Поняття посівного матеріалу. Одержання посівного матеріалу для поверхневого та глибинного культивування. Музейні культури, робочі партії штамів-продуцентів БАР. Література [1, 5, 17]</p> <p>Культивування мікроорганізмів. Поверхневий та глибинний способи культивування. Періодичний та безперервний процеси біосинтезу. Принципи вибору типового ферментаційного обладнання. Особливості, переваги, недоліки різних способів культивування при отриманні біологічно активних речовин. Література [1, 3, 12]</p> <p>Основні фактори, що визначають ефективність біосинтезу цільового продукту. Склад поживного середовища, інтенсивність аерації, температура, інтенсивність перемішування, надлишковий тиск, рН, вологість, тривалість процесу, можливість інфікування. Методи керування біосинтетичними процесами у промисловості. Література [2, 3, 16]</p> <p style="text-align: center;">Самостійна робота студентів:</p> <p>Піноутворення та його регулювання в процесах глибинного культивування. Методи пінорегулювання: хімічні, фізичні, механічні та комбіновані. Література [3, 6, 19]</p>
4	<p>Методи виділення продуктів біосинтезу. Обґрунтування та вибір способів виділення в залежності від характеристик продукту та місця його локалізації. Способи концентрування біомаси: відстоювання, флотація, осадження в полі штучно створених гравітаційних сил. Література [1, 9]</p> <p>Методи виділення продуктів біосинтезу. Способи розділення твердої та рідкої фаз культуральної рідини: фільтрування, центрифугування, сепарування. Способи дезінтеграції біомаси для виділення екзогенних цільових продуктів. Фізичні, хімічні та біологічні способи; їх переваги та недоліки. Екстракція цільового продукту. Література [1, 3, 6]</p> <p>Методи виділення білків осадженням: органічними розчинниками, солями, вибірковою рН-та Т-денатурацією. Методи виділення білків в ізоелектричній точці.</p> <p>Методи очистки продуктів біосинтезу. Мембранні методи: діаліз, електродіаліз. Баромембранні способи: мікрофільтрація, ультрафільтрація, зворотний осмос.</p>

	<p>Розділення та очищення продукту методами адсорбції. Література [6, 9, 19]</p> <p style="text-align: center;">Самостійна робота студентів:</p> <p>Принципи вибору способів та режимів висушування продуктів біосинтезу. Термочутливість та ксерочутливість продуктів біосинтезу. Стабілізація продукту. продукту. Наповнювачі та стабілізатори цільової активності. Література [1, 6]</p> <p>Способи сушки продуктів біосинтезу. Вакуум-висушування, розпилююча та сублимаційна сушка. Вибір способу в залежності від характеристик субстанції, що висушується, та вимог до готового. Товарні форми продуктів біосинтезу. Фасування, пакування, зберігання. Фасування, пакування, зберігання готової продукції. Література [6, 9]</p> <p>Контроль у виробництві продуктів мікробного синтезу. Види контролю, методи та точки контролю. Поняття якості продукції. Література [3, 7]</p>
5	<p>Виробництво продуктів первинного біосинтезу. Загальна характеристика технології білково-вітамінних концентратів (БВК). Особливості готових форм БВК. Література [1, 14, 19]</p> <p>Мікробіологічний спосіб отримання амінокислот. Особливості продуцентів та технологічних режимів. Особливості готових форм амінокислот. Література [1, 14, 16]</p> <p style="text-align: center;">Самостійна робота студентів:</p> <p>Особливості технології отримання органічних кислот. Основні продукти, мікробні продуценти, технологічні принципи, види товарних форм. Порівняння різних способів виробництва органічних кислот. Література [1, 3, 17]</p>
6	<p>Мікробіологічне виробництво ферментних препаратів. Способи культивування продуцентів. Номенклатура, активність цільових продуктів. Особливості технології та готових форм ферментних препаратів. Література [1, 4]</p> <p>Особливості технології отримання антибіотиків мікробним синтезом. Продуценти, умови синтезу, залежність технологічної схеми від призначення цільового продукту. Література [1, 16]</p> <p style="text-align: center;">Самостійна робота студентів:</p> <p>Способи знешкодження відходів та викидів біотехнологічних виробництв. Типові схеми очистки промислових стоків. БПК, ХПК, анаеробна та аеробна очистка стоків. Література [3, 14]</p>

7	<p>Періодичне культивування і його графічна інтерпретація. Базові кінетичні показники періодичного культивування. Кінетика утилізації субстрату і утворення метаболітів в періодичному режимі культивування. Література [1, 3, 19]</p> <p>Показники періодичного культивування. Питома швидкість росту, розхідні коефіцієнти, економічні коефіцієнти, вихід біомаси, ступінь використання субстрату, продуктивність біосинтезу.</p> <p>Базові кінетичні показники безперервного режимів культивування. Класифікація безперервних систем та методи керування ними, матеріальний баланс по біомасі та субстрату. Література [2, 14, 16]</p> <p style="text-align: center;">Самостійна робота студентів:</p> <p>Математичні моделі безперервного культивування. Хемостатні, турбідостатні та інші системи керування безперервними процесами біосинтезу. Технологічна реалізація типових способів безперервного культивування. Література [1, 3]</p>
8	<p>Особливості біотехнологічних процесів на основі культивування рослинних та тваринних клітин. Суспензійні культури, умови їх отримання та вирощування. Культивування калусних та суспензійних культур з метою одержання продуктів вторинного синтезу (алкалоїдів, глікозидів, ефірної олії, стеринів). Література [8, 13, 18]</p> <p>Особливості обладнання для лабораторного та промислового культивування ізольованих клітин і тканин.</p> <p style="text-align: center;">Самостійна робота студентів:</p> <p>Використання іммобілізованих клітин для отримання цільового продукту: переваги та особливості культивування. Література [4, 8, 13]</p>

Лабораторні заняття

№ ЛР	Назва комплексної лабораторної роботи
1	<p>Мікробіологічний контроль повітря, води та обладнання на підприємствах біотехнологічної промисловості. Завдання на СРС: Особливості застосування методів вимірювання мікробного забруднення повітря у різних типах приміщень. Література [1, 3, 20]</p>
2	<p>Культивування мікроорганізмів глибинним способом. Аналіз ростових процесів мікробних популяцій. Завдання на СРС: Особливості морфології молочнокислих бактерій. Література [16, 20]</p>
3	<p>Селекція мікробного продуцента гідролітичного ферментного препарату. Дослідження динаміки процесу біосинтезу продукту. Завдання на СРС: Методи визначення активності гідролітичних ферментів. Література [16, 20]</p>
4	<p>Захист лабораторних робіт Модульна контрольна робота</p>

6. Самостійна робота студента

На самостійну роботу за цим курсом відводиться 227 год. Види самостійної роботи:

- опрацювання тем, винесених на самостійну роботу студента (СРС), теми вказані у п. 5 (98 год)
- підготовка до лекційних занять (30 год)
- підготовка до лабораторних занять (40 год)
- виконання РГР (10 год)
- підготовка до модульного контролю (19 год, ознайомлення з матеріалами презентацій лекцій, додаткової літератури упродовж часу викладання курсу);
- підготовка до екзамену (30 год).

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

- **правила відвідування занять:** вільне відвідування лекцій та обов'язкова присутність на лабораторних заняттях. У разі відсутності на лабораторних заняттях студент повинен надати підтвердження поважних причин, а у іншому разі він не отримує балів за заняття;
- **правила поведінки на заняттях:** активність, відключення телефонів;
- **правила призначення заохочувальних та штрафних балів:** заохочувальні бали студент може отримати за підготовку інформації з наданих питань за тематикою курсу, штрафні бали не нараховуються;
- **політика дедлайнів та перескладань:** у разі відсутності при написанні контрольної роботи студент надає підтвердження поважних причин відсутності, після чого йому призначається додатковий час на її написання; у разі відсутності на контрольному заході без поважної причини студент не отримує балів за нього;
- **політика щодо академічної доброчесності:** студенти мають дотримуватимуться правил Академічної доброчесності – як їх викладено на сайті НТУУ КПІ ім. І. Сікорського, див. <https://kpi.ua/academic-integrity>, <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf>.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: модульна контрольна робота (МКР) та розрахунково-графічна робота (РГР) за темами і прикладом, наданими у п.9.

Семестровий контроль: Екзамен. Теми до іспиту відповідають темам, поданим детально у п.3 силабусу.

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг більше 50% від максимально можливого.

Рейтингова система оцінювання:

Рейтинг студента складається з балів, що він отримує за:

- 1) виконання та захист 3 комплексних лабораторних робіт;
- 2) модульна контрольна робота;
- 3) виконання РГР;
- 4) відповіді на екзамені.

Система рейтингових (вагових) балів та критеріїв оцінювання

1. Виконання та захист комплексних лабораторних робіт:

Вхідний контроль проводиться з групою студентів перед кожним заняттям та визначає готовність студентів до виконання лабораторного заняття: наявність протоколу та виконаних завдань, знання теоретичних відомостей.

Виконання лабораторної роботи. Ваговий бал – 3:

- якісне виконання завдання, отримання відповідних результатів – 3 балів;
- належне виконання завдання, отримання належних результатів – 2 бали;
- достатнє виконання завдання, отримання результатів – 1 бали;

- неякісне виконання завдання, отримання невідповідних результатів – 0,5 балів

Захист лабораторної роботи. Ваговий бал – 3:

- повна відповідь на контрольні питання - 3 бали;
- неповна або часткова відповідь на контрольні питання - 2 бали;
- незадовільна відповідь на окремі питання - 1 бали;
- незадовільна відповідь на всі контрольні питання - 0 балів

Таким чином при виконанні лабораторних робіт студент максимально може отримати:
3 балів (виконання) × 3 лабор. роботи + 3 балів (захист) × 3 лабор. роботи = 9 + 9 = 18 балів

При пропуску лабораторного заняття з поважної причини студент може:

- оформити протокол роботи з теоретичної частини,
- виконати видане викладачем теоретичне завдання щодо аналізу результатів даного заняття або теми роботи,
- захистити роботу.

При пропуску заняття з поважної причини студент може отримати всі можливі бали за роботу, включаючи бали за виконання виданого завдання по роботі (замість балів за виконання роботи).

У разі пропуску заняття без поважної причини студент не отримує бали за його виконання.

2. Модульна контрольна роботи

Контрольна робота складається з 10 тестових запитань та 1 задачі.

Критерії оцінювання завдань контрольної роботи:

- правильна відповідь на кожне з тестових питань – 1 бали;
- часткова відповідь на кожне тестове питання – 0,5 балів;
- неправильна відповідь на кожне з тестових питань – 0 балів;
- правильне вирішення задачі – 4 балів;
- вирішення задачі з помилками – 3 бали;
- частково вирішення задачі – 2 бали;
- лише окремі елементи вирішення – 1 бал;
- відсутність вирішення задачі – 0 балів;

Таким чином, ваговий бал контрольної роботи 14 балів.

При списуванні на контрольних заходах або користування електронними пристроями (смартфон тощо) студент отримує максимально 50% від отриманих за контрольну роботу балів.

3. Виконання розрахунково-графічної роботи (РГР)

Ваговий бал - 18.

Критерії оцінювання РГР:

- повна відповідь на питання по суті з використанням окрім підручників як мінімум ще 2 додаткових літературних джерел (статті, монографії, патенти тощо) – 18 балів;
- повна відповідь на питання по суті з використанням лише літературних джерел-підручників – 16 балів;
- неповна відповідь на питання по суті або з помилками – 10-15 балів;
- часткова відповідь на питання або з суттєвими помилками – < 9 балів ;

При оформленні РГР помилками є відсутність посилань на літературу, відсутність наведеної повної умови завдання, відсутність списку літератури, неправильне подання посилань у списку.

Термін подання РГР – до початку екзаменаційної сесії.

РГР виконується згідно методичних рекомендацій, наведених у списку рекомендованої літератури, що розміщені в електронному архіві КПІ за посиланням: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/41559>

Заохочувальні бали студент може отримати за:

- вичерпну відповідь на додаткові проблемні питання на лабораторному або лекційному занятті – 0,5 балів (максимально не більше 2 балів);
 - літературний пошук за заданою темою – до 5 балів (в залежності від відповідності вказаним вимогам);
- Додаткові бали додаються до семестрового рейтингу у кількості, що сумарно з набраними балами не перевищує 50 балів. Додаткові завдання виконуються впродовж семестру та здаються в термін до екзаменаційної сесії.

Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$RC = 18 + 14 + 18 = 50 \text{ балів}$$

Екзаменаційна складова: $RE = 50$ балів

Загальний рейтинг з дисципліни: $R=RC+RE = 50 + 50= 100$ балів

Умовою допуску студента до екзамену є відпрацювання та захист кожної лабораторної роботи, написання контрольної роботи, виконання РГР і стартовий рейтинг не менше 0,5RC (25 балів).

Якщо студент має стартовий рейтинг, нижче від 0,5RC, студент повторно виконує один з видів робіт для підвищення стартового рейтингу до 0,5RC.

В іншому випадку студент не допускається до складання екзамену з дисципліни.

Екзамен проходить у вигляді письмової роботи, що складається з двох частин: 30 тестових питань та 1 практичного завдання.

Критерії оцінювання :

Питань:

- правильна відповідь на кожне з 30 питань – по 1 балу;
- частково правильна відповідь на кожне з 30 питань – 0,5 балів;
- не правильна відповідь на кожне з 30 питань – 0 балів;

Практичного завдання:

- правильне вирішення завдання – 20 балів;
- правильне вирішення з окремими помилками – 18 – 19 бали;
- вирішення з суттєвими помилками – 16-17 балів;
- хід рішення вірний, а помилка у розрахунках та не вірна відповідь – 14-15 балів;
- часткове вирішення – 10-13 бали;
- наведені лише деякі кроки вирішення або немає рішення – < 10 балів

Таким чином, письмовий екзамен оцінюється :

$$30 \text{ питань} \times 1 \text{ бали} + \text{практичне завдання} \times 20 \text{ балів} = 50 \text{ балів}$$

Значення загальної рейтингової оцінки:

R= RC+RE	Оцінка
95-100	Відмінно
85-94	Дуже добре
75-84	Добре
65-74	Задовільно
60-64	Достатньо
40-59	Незадовільно
< 40	Не допущено

Перескладання екзамену в разі отримання незадовільної оцінки проводиться за тією ж рейтинговою системою оцінювання.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

• *Перелік тем та приклади формулювання тестових питань МКР:*

Теми до КР за наведеним змістом курсу (п.3)

Приклади формулювання тестових запитань у контрольній роботі

(у разі дистанційної форми навчання формат контрольної роботи може бути змінено, що повідомляється студентам завчасно)

1. Лаг-фаза на кривій росту мікробної популяції обумовлена:

а) великим об'ємом біореактору; б) видом клітин; в) адаптацією до умов росту; г) джерелом вуглецю; д) перемішуванням середовища

2. В ідеальних умовах культивування ріст популяції залежить лише від

а) числа генерацій; б) об'єму біореактору; в) типу джерела вуглецю; г) температури; д) виду клітин

3. Кількість асимільованого вуглецю в процесі культивування можна визначити за допомогою:

а) субстрату, міченого по вуглецю; б) титрування; в) визначення кількості спожитого кисню; г) визначення кількості продукту кінцевого метаболізму; д) спектофотометра

4. Вибір методів виділення продукту біосинтезу залежить від:

а) фізико-хімічних властивостей культуральної рідини; б) об'ємів культуральної рідини; в) наявності обладнання на підприємстві; г) біологічної активності продукту; д) технологічності методів

5. За принципом виділення продукти біосинтезу можна розділити на:

а) препарати мікробної маси; б) антимікробні препарати; в) продукти метаболізму; г) рідкі продукти; д) біологічно-активні продукти

• *Приклад варіанту РГР з дисципліни*

1. Складіть загальну технологічну схему отримання технічних амілолітичних ферментних препаратів, вкажіть особливості методів очищення.

2. Задача: У ферментері 5 м³ поживного середовища аерується повітрям у об'ємі 200 м³. Повітря було очищене від сторонньої мікрофлори на фільтрі з коефіцієнтом проскоку 10⁻³ %. Стерилізація поживного середовища, що містило 10⁵ кл/мл мікроорганізмів проводилася у режимі: нагрівання від 100 до 120°C на протязі 20 хв, витримка 15 хв, охолодження від 120 до 100°C на протязі 20 хв. Визначте, чи є стерильною вся система у ферментері.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус) складено:

Проф. кафедри промислової біотехнології та біофармації, д. т.н., проф. Тодосійчук Т.С.

Ухвалено кафедрою промислової біотехнології та біофармації (протокол № 16 від 23.06.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету біотехнології і біотехніки (протокол № 11 від 26.06.2023 р.)