Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кафедра промислової
біотехнології та біофармації

ТЕХНОЛОГІЯ ПРОДУКТІВ МІКРОБНОГО СИНТЕЗУ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	***Перший (бакалаврський)***
Галузь знань	*16 Хімічна та біоінженерія*
Спеціальність	*162 Біотехнології та біоінженерія*
Освітня програма	*Біотехнології*
Статус дисципліни	*Вибіркова*
Форма навчання	*очна(денна)*
Рік підготовки, семестр	*4 курс, осінній семестр*
Обсяг дисципліни	*5 кредитів (150 годин)*
Семестровий контроль/ контрольні заходи	*Залік/* *модульна контрольна робота*
Розклад занять	*Лекції та лабораторні роботи відбуваються згідно розкладу rozklad.kpi.ua*
Мова викладання	*Українська*
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: доцент, к.т.н. *Поліщук Валентина Юріївна, polischukvu@gmail.com, 097-469-47-26,* Лабораторні: доцент, к.т.н. *Поліщук Валентина Юріївна, polischukvu@gmail.com, 097-469-47-26,* асистент, к.т.н. *Громнадська Марина Олександрівна, hro.maryna@gmail.com, 097-371-09-85*
Розміщення курсу	Посилання на дистанційний ресурс Moodle https://do.ipo.kpi.ua/course/view.php?id=2159

Програма навчальної дисципліни

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

Предмет навчальної дисципліни: технології отримання найважливіших продуктів біотехнології, що одержуються за допомогою мікроорганізмів. При вивченні дисципліни розглядаються технології, які застосовуються у різноманітних галузях промисловості та медицині. Дисципліна висвітлює основні розділи сучасної промислової мікробіології та дає уявлення про основні досягнення в галузі фундаментальних досліджень, на яких базуються різні мікробіологічні виробництва.

Метою навчальної дисципліни є підсилення у студентів компетентностей:

– забезпечити реалізацію технологічного процесу на основі технологічного регламенту, організувати ефективну систему контролю якості сировини, напівфабрикатів та готової продукції;

– застосування знань з метаболізму клітин при розробці технологічних параметрів ведення процесу;

– до розроблення технологічних схем виробництва продуктів мікробного синтезу та аналізу умов культивування;

– до розв'язання складних задач та практичних проблем, пов'язаних з удосконаленням технології виробництва продуктів мікробного синтезу;

– здатність працювати з біологічними агентами, що використовуються у біотехнологічних процесах;

– здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

Основні завдання навчальної дисципліни.

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

знання:

- стану та перспективи розвитку сучасної біотехнології;
- умов отримання та відбору високопродуктивних штамів, які володіють цінними біосинтетичними властивостями;
- основних процесів та методів переробки різних видів сировини в кінцеві продукти за допомогою мікроорганізмів;
- особливостей біосинтезу препаратів на основі біомаси мікроорганізмів (вакцини, пробіотики, бактеріальні добрива, кормові дріжджі тощо); біосинтез первинних метаболітів (амінокислоти, органічні кислоти, вітаміни); біосинтез вторинних метаболітів (екзополісахариди, поверхнево-активні речовини тощо); біосинтез продуктів бродіння (спирти, органічні кислоти, кетони);
- технології основних виробництв, в основі яких лежить мікробіологічний синтез;
- особливостей ведення ферментаційних процесів у промисловості;
- умов підготовки сировини та виділення кінцевого продукту;
- основних напрямків сучасних досліджень в галузі біотехнології.

уміння:

- використовувати методи дослідження морфо-фізіологічної характеристики мікроорганізмів;
- складати схему біосинтезу цільового продукту, починаючи з реакцій катаболізму ростового субстрату;
- використовуючи знання метаболізму клітин розробляти основні технологічні параметри біосинтезу;
- аналізувати існуючі способи виробництва певної продукції, визначати їх недоліки та вибирати можливі методи для удосконалення технології;
- обирати методи та інструментальні засоби для розв’язання проблем отримання та виділення продуктів мікробного синтезу;
- отримувати в лабораторних умовах ряд біологічно активних речовин – продуктів мікробного синтезу;
- підвищення ефективності мікробних біотехнологій;
- визначати склад продуктів ферментативних реакцій, з використанням різних якісних та кількісних методів;
- володіти технікою виконання основних аналізів якості сировини, готової продукції мікробіологічних виробництв.

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

Міждисциплінарні зв’язки: основою для вивчення даної дисципліни є знання та уміння, отримані студентами у попередніх семестрах з дисциплін «Загальна мікробіологія та вірусологія», «Загальна біотехнологія», «Генетика», «Загальна імунологія», «Основи мікології», «Процеси і апарати біотехнологічних виробництв». Подальше застосування одержаних знань та умінь необхідне для вивчення технологічних дисциплін («Проектування біотехнологічних виробництв», «Біотехнологія харчових виробництв», «Імунобіотехнології» та ін.), а також є складовою частиною курсових і дипломних проектів, що виконуються студентами спеціальності і

використовуватиметься під час проходження практики, у майбутній виробничо-практичній та науково-дослідній роботі.

3. Зміст навчальної дисципліни

Вступ. Основні етапи розвитку технології мікробіологічних виробництв. Типова схема та основні стадії біотехнологічних виробництв.

Розділ І. Технології виробництва препаратів мікробного синтезу, засновані на отриманні мікробної маси.

Тема 1. Вакцини і бактеріальні препарати.

Тема 2. Технологія отримання кормових білкових продуктів.

Тема 3. Технологія виробництва бактеріальних добрив.

Тема 4. Мікробні патогени, як засіб захисту рослин.

Розділ ІІ. Технології отримання біологічно-активних речовин, засновані на отриманні продуктів життєдіяльності мікроорганізмів та компонентів їх клітини.

Тема 1. Виробництво амінокислот.

Тема 2. Виробництво органічних кислот.

Тема 3. Виробництво полісахаридів мікробного походження.

Тема 4. Мікробіологічні методи одержання вітамінів.

4. Навчальні матеріали та ресурси

4.1. Базова література

1. Пирог Т. П., Ігнатова О. А. Загальна біотехнологія: Підручник. — К.: НУХТ, 2009. — 336 с. http://dspace.nuft.edu.ua/handle/123456789/582
2. Капрельянц Л.В. Теоретичні основи біотехнології. Навчальний посібник для студентів спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» (магістри, аспіранти). Харків «Факт», 2020. 291 с.
3. Технологія пробіотиків: Підруч. / С.О. Старовойтова, О.І. Скроцька, Ю.М. Пенчук, Т.П. Пирог. — К.: НУХТ, 2012. — 318 с. http://dspace.nuft.edu.ua/handle/123456789/10384
4. Пирог Т.П., Пенчук Ю.М. Біохімічні основи мікробного синтезу : підручник / Міністерство освіти і науки України ; Національний університет харчових технологій. - Київ : Видавництво Ліра-К, 2020. - 257 с. https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000614176&local_base=KPI01
5. Краснопольський Ю.М., Пилипенко Д. М. Фармацевтична біотехнологія: Біотехнології виробництва готових лікарських форм : навчальний посібник для студентів біотехнологічних спеціальностей – Харків : ТОВ «ДРУКАРНЯ МАДРИД», 2020. – 279 с. http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-Press/49632/1/Book_2020_Krasnopolskyi_Farmatsevtychna_biotekhnolohiia.pdf
6. Буценко І.М., Пенчук Ю.М., Пирог Т.П. Технології мікробного синтезу лікарських засобів: Навч. посіб. — К.: НУХТ, 2010. — 323 с. http://dspace.nuft.edu.ua/handle/123456789/790
7. Технологія продуктів мікробного синтезу: методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності 162 Біотехнології та біоінженерія / Уклад. Л.Б. Орябінська, Л.П. Дзигун, В.Ю. Поліщук. - К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 40 с. https://ela.kpi.ua/handle/123456789/22148

4.2. Допоміжна література

8. Загальна (промислова) біотехнологія: навчальний посібник/ М.Д. Мельничук, О.Л.Кляченко, В.В.Бородай, Ю.В.Коломієць. – Київ: ФОП Корзун Д.Ю., 2014. - 252 с.

9. Біотехнологія: Підручник / В.Г. Герасименко, М.О. Герасименко, М.І. Цвіліховський та ін.; Під заг. ред. В.Г. Герасименка. – К.: Фірма «Інкос», 2006. – 647 с.
10. Мікробіологія : підручник / М.Г. Сергійчук, В.К. Позур, Т.М. Фурзікова та ін. – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2008. – 541 с.
11. 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.
12. Смирнов В.А. Пищевые кислоты (лимонная, молочная, винная). – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1983. – 264 с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

В курсі вивчають біотехнології отримання різних речовин мікробіологічного походження та надаються характеристики продуцентів, шляхи біосинтезу кінцевого продукту, технологічні схеми виробництва, характеристики устаткування, що використовується у конкретному технологічному процесі. Тому при викладенні курсу використовуються мультимедійні презентації, на яких наведені певні хімічні структури (структура кобаламінів, каротиноїдів, флавінових коферментів) та хімічні перетворення (ферментативний спосіб отримання амінокислот), шляхи біосинтезу кінцевого продукту (схеми біосинтезу амінокислот, вітамінів, схема трансформації антранілової кислоти у триптофан, схеми гомо- та гетероферментативного молочнокислого бродіння, шляхи метаболізму оцтовокислих бактерій), шляхи отримання продуценту (отримання ауксотрофних мутантів, продуцентів амінокислот), технологічні та апаратурні схеми конкретних виробництв (виробництво вакцин, бактеріальних добрив, вітамінів, схема установки для отримання оцту та ін.). Презентації та конспект лекцій розміщені у дистанційному курсі для вільного доступу студентів.

Навчальна дисципліна охоплює 36 годин лекцій та 36 годин лабораторних занять, виконання індивідуального завдання у вигляді домашньої контрольної роботи, а також виконання модульної контрольної роботи, яка складається з двох частин за темами дисципліни тривалістю 1 акад. год. кожна.

5.1. Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	**Лекція 1. Основні етапи розвитку технології мікробіологічних виробництв** Головні задачі мікробіологічної промисловості. Переваги промислового виробництва продуктів на основі мікробіологічного синтезу. Технологія мікробіологічних виробництв - наука про процеси і методи переробки різних видів сировини у кінцеві продукти за допомогою мікроорганізмів. Основні етапи розвитку технології мікробіологічних виробництв. Нові напрямки в технології біологічно-активних речовин: використання нетрадиційних видів сировини, математичні методи оптимізації середовища, використання змішаних культур, іммобілізованих мікробних клітин. Мікроорганізми, котрі використовуються у промисловості. Їх технологічні переваги. Експериментальне отримання промислових форм. Основні показники практичної цінності промислових мікроорганізмів. Літ. 1, 2, 4, 5
2	**Лекція 2. Типова схема та основні стадії біотехнологічних виробництв** Передферментаційні стадії виробництва, ферментаційні стадії, стадії розділення

	культуральної рідини та біомаси, стадії виділення кінцевого продукту. Літ. 1, 2
3	**Лекція 3. Вакцини і технологія їх отримання** Поняття про вакцини. Вакцини та механізм їх дії при формуванні імунітету людини та тварин. Класифікація вакцин за характером антигену і принципом його отримання. Вакцини, виготовлені на основі живих, ослаблених та інактивованих бактерій, хімічні вакцини, анатоксини. Асоційовані вакцини. Основні типи сучасних штучних вакцин. Живі вакцини. Генетичні особливості продуцентів живих вакцин. Методи отримання атенуйованих штамів. Технологія отримання живих вакцин, що випускаються вітчизняною та закордонною промисловістю. Літ. 5
4	**Лекція 4. Вакцини і технологія їх отримання (продовження)** Вбиті вакцини. Вимоги, що висуваються до продуцентів убитих вакцин. Методи інактивації вірулентних штамів. Технологія отримання вбитих корпускулярних вакцин. Хімічні вакцини (неомолекулярні). Поняття протективних антигенів – основи хімічних вакцин. Переваги та недоліки хімічних вакцин. Шляхи підвищення антигенності та імуногенності вакцин. Загальна технологія хімічних вакцин. Анатоксини – метод отримання. Формалізація антигенів. Вакцини нового покоління. Сучасні методи в конструюванні сучасних вакцин: - вакцини штучних антигенів; - генно-інженерні вакцини; - субодиничні вірусні вакцини; - рибосомальні вакцини. Вимоги до вакцин. Сучасне рішення транспорту вакцин до імунокомпетентних клітин. Використання вакцин. Принципи імунопрофілактики. Літ. 5
5	**Лекція 5. Діагностикуми, алергени та токсини** Діагностикуми, алергени та токсини для діагностичних проб. Основні етапи виробництва. Спектр бактеріальних і вірусних діагностикумі, що випускаються мікробіологічною промисловістю. Літ. 1, 5.
6	**Лекція 6. Лікувальні бактеріальні препарати** Лікувальні бактеріальні препарати. Поняття пробіотичних препаратів і симбіотичних препаратів. Пробіотичні властивості продуцентів бакпрепаратів - лактобактерину, біфідумбактерину, біфіколу, колібактерину. Загальна характеристика препаратів, технологія виготовлення, методи контролю. Літ. 1, 3, 5, 6. **Бактеріофаги** Бактеріофаги. Лікувально-профілактична дія препаратів на основі бактеріофагів. Їх переваги у лікуванні та профілактиці захворювань у порівнянні з іншими бактерицидними препаратами. Технологічний процес виробництва рідких бактеріофагів. Таблетовані форми бактеріофагів. Спектр продукції, що випускається.
7	**Лекція 7. Технологія кормових білкових продуктів** Проблема дефіциту білка та способи його ліквідації. Переваги мікробіологічного способу отримання білка. Склад і кількість білків у мікробній біомасі. Дріжджі як джерело кормових білків. Вирощування посівних та кормових дріжджів. Виділення клітин дріжджів. Збагачення кормових дріжджів вітамінами. Термоліз

	дріжджів. Випарювання дріжджового концентрату та сушка у розпилювальних сушарках. Виробництво кормового білку на основі рослинної сировини, вуглеводнях нафти, етилового і метилового спиртів, природного газу. Отримання кормових білкових продуктів на основі целюлозоруйнуючих пліснявих грибів і бактерій. Літ. 1, 8
8	**Лекція 8. Технологія виробництва бактеріальних добрив** Основні види бактеріальних добрив: нітрагін, азотобактерин, фосфобактерин. Характеристика основних груп мікроорганізмів. Технологічна схема виробництва бактеріальних добрив. Роль бактеріальних добрив у підвищенні врожаїв сільськогосподарських культур. Літ. 1, 2, 8, 9.
9	**Лекція 9. Технологія виробництва мікробних патогенів, як засобу захисту рослин** Поняття "Інтегрованого захисту рослин". Переваги бактеріальних засобів захисту рослин. Використання мікробів — антагоністів для захисту рослин. Ентомопатогенні препарати бактеріального походження. Характеристика мікроорганізмів. Особливості їх проникнення і розмноження в тілі комах. Мікробні патогени, отримані на основі *Bac. thuringiensis* (ентобактерин, дендробацилін, бітоксибацилін, гомелін, ліпідоцид, бактокуліцид, діпол та ін.) Літ. 1, 8, 9, 10
10	**Лекція 10. Технологія виробництва мікробних патогенів, як засобу захисту рослин (продовження)** Ентомопатогенні гриби. Технологія отримання грибних препаратів, що використовуються для захисту рослин. Вірусні препарати, як засоби захисту рослин, їх переваги над бактеріальними і грибними. Особливості технології. Способи застосування. Мікробні препарати проти гризунів. Загальні принципи використання мікробіологічних засобів для захисту від комах та гризунів. Літ. 1, 8, 9, 10
11	**МКР частина 1 (1 година)** **Лекція 11. Виробництво амінокислот (1 година)** Незамінні амінокислоти в рослинних продуктах та кормах. Перевага мікробіологічного способу отримання амінокислот. Методи відбору активних продуцентів амінокислот. Виробництво лізину. Лізин, його фізико-хімічна характеристика, біохімічна функція. Застосування лізину у сільському господарстві та харчовій промисловості. Продуценти, їх культивування. Шляхи біосинтезу лізину. Технологічні схеми виробництва L-лізину. Комбінований або ензиматичний спосіб виробництва лізину. Літ. 1, 2, 4, 8, 10.
12	**Лекція 12. Виробництво амінокислот (продовження)** Виробництво глутамінової кислоти та глутамату натрію. Основна характеристика, біологічна роль і застосування в народному господарстві та медицині. Отримання глутамінової кислоти гідролізом білків. Хімічний та ферментативний синтез глутамінової кислоти. Технологічна схема виробництва глутамінової кислоти та глутамату натрію. Виробництво триптофану. Характеристика триптофану та сфера його практичного використання. Продуценти, їх культивування. Способи промислового отримання

	триптофану. Технологічна схема. Літ. 1, 2, 4, 8, 10.
13	**Лекція 13. Виробництво органічних кислот** Основні органічні кислоти, які отримують мікробіологічним синтезом. Сфера їх практичного використання. Молочна кислота. Характеристика продуцентів - гомо- та гетеро-ферментативних молочнокислих бактерій. Хімізм процесу. Сировина, середовища. Технологія процесу. Оцтова кислота. Оцтовокисле бродіння. Фізіолого-біохімічні особливості оцтовокислих бактерій. Виробництво оцтової кислоти. Сировина, поживні середовища та методи культивування бактерій. Технологія оцтової кислоти глибинним і циркулярно-поверхневим засобами. Літ. 1, 2, 4, 8, 9, 12.
14	**Лекція 14. Виробництво органічних кислот (продовження)** Одержання лимонної кислоти. Фізико-хімічна характеристика. Хімізм утворення. Технологічні стадії виробництва лимонної кислоти, засівного матеріалу, підготовка меляси до бродіння, бродіння розчину меляси з перетворенням на лимонну кислоту з наступним відокремленням міцелію, виділення лимонної кислоти у кристалічному стані. Літ. 1, 2, 4, 8, 9, 12.
15	**Лекція 15. Виробництво полісахаридів мікробного походження** Полісахариди мікроорганізмів. Номенклатура, будова та склад. Резервно-енергетичні та структурно-метаболічні полісахариди. Особливості біосинтезу полісахаридів. Умови культивування продуцентів (склад поживного середовища, значення pH, вплив аерації і температури). Біологічна роль і практичне використання полісахаридів у народному господарстві. Літ. 1, 2, 4, 8, 9
16	**Лекція 16. Мікробіологічні методи одержання вітамінів** Вітаміни та їх біологічна роль. Джерела вітамінів. Мікробіологічні методи одержання вітамінів. Вітамін B_{12}. Хімічна будова. Значення для людей і тварин. Продуценти і біосинтез. Технологія одержання концентрату вітаміну B_{12} за допомогою змішаної культури метаноутворюючих бактерій. Застосування в медицині і народному господарстві. Виробництво Вітаміну B_{12} за допомогою пропіоновокислих бактерій. Отримання коензиму-B_{12}. Літ. 1, 2, 4, 5, 8, 11 Каротиноїди. Джерела одержання. Особливості хімічної структури. Методи дослідження. Біологічна роль каротиноїдів. Умови утворення каротиноїдів мікроорганізмами. Основні етапи біосинтезу. Використання каротиноїдів в народному господарстві. Літ. 1, 2, 4, 5, 8, 11
17	**Лекція 17. Мікробіологічні методи одержання вітамінів (продовження)** Рибофлавін (B_2). Структура і біологічна роль флавінових коферментів. Продуценти рибофлавіну. Шлях біосинтезу рибофлавіну та його регуляція. Практичне застосування кристалічного препарату і кормового концентрату рибофлавіну. Літ. 1, 2, 4, 5, 8, 11 **МКР частина 2 (1 година)**
18	**Залік**

5.2. Лабораторні заняття

Метою проведення лабораторних робіт є формування здатності працювати з біологічними агентами, використовуваними у біотехнологічних процесах Основні завдання циклу лабораторних занять: оволодіти методами дослідження основних морфо-фізіологічних характеристик мікробних продуцентів, методами приготування та аналізу поживних середовищ для їх культивування, способами культивування різних мікробних продуцентів, оволодіти технікою виконання основних аналізів якості сировини, готової продукції мікробіологічних виробництв, отримати в лабораторних умовах ряд біологічно активних речовин – продуктів мікробного синтезу.

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість ауд. годин
1	**Вступне заняття**. Літ. мет.вказ., 7 **Завдання на СРС:** Техніка безпеки при роботі у мікробіологічній лабораторії	2
2, 3	**Дослідження маслянокислого бродіння**. Літ. 7 **Завдання на СРС:** Характеристика продуцентів бродіння, утворення масляної кислоти маслянокислими бактеріями, технологія масляної кислоти.	4
4, 5	**Характеристика дріжджів**. Літ. 7 **Завдання на СРС:** особливості морфології та метаболізму дріжджів, практичне значення дріжджів, способи їх культивування.	4
6, 7, 8, 9, 10	**Дослідження спиртового бродіння**. Літ. 7 **Завдання на СРС:** мікроорганізми, які здатні викликати спиртове бродіння, їх особливості та сировина, що може бути використана для отримання спирту. Схему спиртового бродіння. Значення спиртового бродіння для промисловості. Технологія етанолу.	10
11, 12, 13, 14	**Дослідження молочнокислого бродіння**. Літ. 7 **Завдання на СРС:** Характеристика продуцентів бродіння, утворення молочної кислоти гетеро- та гомоферментативними молочнокислими бактеріями. Технологія отримання молочної кислоти.	8
15, 16, 17	**Дослідження оцтовокислого бродіння**. Літ. 7 **Завдання на СРС:** Фізіолого-біохімічні особливості оцтовокислих бактерій. Виробництво оцтової кислоти. Сировина, поживні середовища та методи культивування бактерій. Технологія оцтової кислоти глибинним та циркуляційно-поверхневим засобами.	6
18	**Підсумкове заняття**	2

Платформа дистанційного навчання:

Для підвищення ефективності комунікації та можливостей дистанційної роботи, кращого засвоєння матеріалу навчальної дисципліни використовується електронна пошта, платформа дистанційного навчання «Сікорський» на основі системи Moodle та платформа для проведення онлайн-зустрічей ZOOM, за допомогою яких:

- спрощується розміщення методичних рекомендацій та обмін навчальним матеріалом;
- здійснюється зворотній зв’язок зі студентами щодо навчальних завдань та змісту навчальної дисципліни;
- перевіряються і оцінюються виконані завдання;
- ведеться облік виконання студентами плану навчальної дисципліни, дотримання графіку подання навчальних завдань та їх оцінювання.

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента (СРС) протягом семестру включає:
- повторення лекційного матеріалу (48 годин),
- підготовка до здачі лабораторних робіт (10 годин),
- підготовка, виконання ДКР (10 годин),
- підготовку до МКР (4 години),
- підготовка до заліку (6 годин).

Загалом 78 годин.

Метою виконання **домашньої контрольної роботи** є формування здатностей до розв'язання складних задач та практичних проблем, пов'язаних з удосконаленням технології виробництва продуктів мікробного синтезу, здатності до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ДКР призначена для формування уміння складати схему біосинтезу готового продукту, аналізувати основні технологічні параметри біосинтезу, обирати методи та засоби для розв'язання проблем отримання та виділення продуктів мікробного синтезу, а також поглиблення знань з матеріалу, що вивчається, покращення засвоєння теоретичних знань та самостійного вивчення тем, що відведені на самостійну роботу студента. Виконання індивідуального завдання сприяє напрацюванню у студентів навичок роботи з різноманітними літературними джерелами (монографії, статі, навчальні посібники, збірки тез, методичні вказівки, тощо) та Інтернетом.

ДКР з дисципліни "Технологія продуктів мікробного синтезу" поєднує теоретичні і практичні знання студентів у рішенні конкретних завдань. ДКР повинна містити матеріали з аналізом даних, відповідних сучасному рівню технології та досягнень науки.

Завдання для виконання ДКР викладені в додатку 1.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Відвідування занять

Відсутність на аудиторному занятті не передбачає нарахування штрафних балів, оскільки фінальний рейтинговий бал студента формується виключно на основі оцінювання результатів навчання.

Пропущені контрольні заходи

Якщо контрольні заходи пропущені з поважних причин (хвороба або вагомі життєві обставини, за наявності довідки), студенту надається можливість виконати ці контрольні заходи протягом найближчого тижня.

Студентам, які без поважної причини були відсутні на МКР, надається можливість виконання МКР на не запланованому занятті, але в такому разі до результату будуть застосовані штрафні бали.

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів

Написання тез за результатами ДКР	+2 бали;
Несвоєчасний захист лабораторних робіт	-1 бал;
Несвоєчасне написання частини модульного контролю без поважної причини	-2 бали;
Несвоєчасне подання ДКР (за кожен день запізнення)	-1 бал.

Академічна доброчесність

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» https://kpi.ua/code.

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

Поточний контроль: виконання, оформлення та захист лабораторних робіт, МКР у двох частинах.
Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
Семестровий контроль: залік.
Умови допуску до семестрового контролю: мінімально позитивна оцінка за ДКР, зарахування усіх лабораторних робіт, написання частин МКР, семестровий рейтинг більше 40 балів.

В процесі засвоєння курсу "Технологія продуктів мікробного синтезу" студенти виконують **модульну контрольну роботу**, розділену на дві частини за розділами:

1. Вступ та розділ 1 Технологія виробництва препаратів мікробного синтезу, заснована на отриманні мікробної маси.

2. Технологія отримання біологічно-активних речовин, заснована на отриманні продуктів життєдіяльності мікроорганізмів та компонентів їх клітини.

Основною метою модульної контрольної роботи є формування вмінь аналізувати та систематизувати теоретичний матеріал та закріплення знань, отриманих при вивченні лекційного матеріалу, виконанні лабораторних робіт та вивченні матеріалу, винесеного на самостійну роботу, закріплення студентами вміння складати та аналізувати схеми біосинтезу цільового продукту, аналізувати способи виробництва біотехнологічної продукції, обирати методи отримання та виділення продуктів мікробного синтезу.

Приклади питань до частин МКР наведені у додатку 2.

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, які він отримує за:

1) виконання та захист 5 лабораторних робіт – 35 балів;
2) виконання МКР (робота в двох частинах по 20 та 25 балів) всього – 45 балів;
3) виконання ДКР – 20 балів.

1. Лабораторні роботи

1.1. Виконання лабораторної роботи на кожному занятті. Ваговий бал – 1:
- якісне виконання завдання, отримання відповідних результатів – 1 бал;
- помилки при виконанні завдання та отримання частково помилкових результатів – 0,6-0,9 балів;
- невірне виконання завдання, отримання невідповідних результатів – 0 балів.

1.2. Оформлення результатів лабораторної роботи в протоколі. Ваговий бал – 1:
- повне та охайне оформлення результатів – 1 бал;
- не повне та/або не охайне оформлення результатів – 0,6-0,9 балів.

1.3. Захист лабораторної роботи. Ваговий бал – 3:
-повна відповідь на контрольні питання - 3 бали;
-неповна/часткова відповідь на контрольні питання - 1,8-2,9 бали;
-незадовільна відповідь на контрольні питання - 0 балів (не захист).

Таким чином при виконанні лабораторних робіт студент може отримати:

15 занять × 1 балу (виконання) + 5 лабор. робіт × 1 балу (оформлення) + 5 лабор. робіт × 3 бали (захист) = 15 + 5 + 15 = 35 балів

2. Модульна контрольна робота

МКР 1 частина

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 18-20 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або відповідь з незначними неточностями – 15-17 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 12-14 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на «задовільно») – 0 балів.

Критерії оцінювання для першої МКР:

правильна відповідь на 97-100 % запитань	20 балів;
правильна відповідь на 93-96 % запитань	19 балів;
правильна відповідь на 90-92 % запитань	18 балів;
правильна відповідь на 85-89 % запитань	17 балів;
правильна відповідь на 80-84 % запитань	16 балів;
правильна відповідь на 75-79 % запитань	15 балів;
правильна відповідь на 70-74 % запитань	14 балів;
правильна відповідь на 65-69 % запитань	13 балів;
правильна відповідь на 60-64 % запитань	12 балів;
правильна відповідь менше ніж на 60 % запитань	0 балів.

МКР 2 частина

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 23-25 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або відповідь з незначними неточностями – 19-22 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 15-18 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на «задовільно») – 0балів.

Критерії оцінювання для другої МКР:

правильна відповідь на 98-100 % запитань	25 балів;
правильна відповідь на 94-97 % запитань	24 балів;
правильна відповідь на 90-93 % запитань	23 балів;
правильна відповідь на 86-89 % запитань	22 балів;
правильна відповідь на 82-85 % запитань	21 балів;
правильна відповідь на 78-81 % запитань	20 балів;
правильна відповідь на 75-77 % запитань	19 балів;
правильна відповідь на 71-74 % запитань	18 балів;
правильна відповідь на 67-70 % запитань	17 балів;
правильна відповідь на 63-66 % запитань	16 балів;
правильна відповідь на 60-62 % запитань	15 балів;
правильна відповідь менше ніж на 60 % запитань	0 балів.

3. Домашня контрольна робота

- «відмінно», творчий підхід до розкриття проблеми, оформлення у відповідності до вимог – 18-20 балів;
- «добре», глибоке розкриття проблеми, відображена власна позиція, оформлення у відповідності до вимог – 15-17 балів;
- «задовільно», обґрунтоване розкриття проблеми з певними недоліками, оформлення не у відповідності до вимог – 12-14 балів;
- «незадовільно», тему не розкрито, ДКР не зарахований – 0 балів.

Максимальна сума балів контрольних заходів протягом семестру складає 100 балів:

R_C = 35+45+20= 100 балів.

Необхідною **умовою допуску до заліку** є написання частин модульної контрольної роботи, захист всіх лабораторних робіт, позитивна оцінка з ДКР.

Здобувачі, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань.

Питання про підвищення незадовільного семестрового рейтингу розглядається після виконання всіх семестрових контрольних заходів в кінці семестру тільки в тому випадку, **якщо семестровий рейтинг менше, ніж 40 балів.** В цьому випадку студентові надається право переписати тільки 1 контрольну роботу, за якою він отримав найнижчий бал.

Студенти, які наприкінці семестру мають рейтинг менше 60 та виконали інші умови допуску до заліку, а також ті, хто хоче підвищити оцінку, виконують **залікову контрольну роботу**. При цьому до балів за ДКР додаються бали за залікову контрольну роботу і ця рейтингова оцінка є остаточною.

Про своє бажання писати залікову роботу студент зобов'язаний повідомити викладача після ознайомлення з рейтингом **не пізніше, ніж за 1 день до виставлення заліку** на заліковому занятті**. У випадку неявки студента на залікове заняття, залік виставляється за результатами роботи в семестрі.**

Залікова контрольна робота - 80 балів.

Білет складається з 5 питань, які оцінюються по 16 балів (5 × 16 = 80 балів):

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 15-16 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або відповідь з незначними неточностями – 13-14 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 10-12 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

Сума балів за кожне з п'яти питань контрольної роботи та ДКР переводиться до залікової оцінки згідно з таблицею.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	*Оцінка*
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль та приклад залікової контрольної роботи наведено у додатку 3 до силабусу.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри промислової біотехнології та біофармації, к.т.н. Поліщук Валентиною Юріївною

Ухвалено кафедрою промислової біотехнології (протокол № 12 від 24.06.2022 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету біотехнології і біотехніки (протокол № 9 від 30.06.2022 р.)

Додаток 1 ***Завдання для виконання ДКР***

1. Технологія виробництва вітаміну B_{12} на основі пропіоновокислих бактерій.
2. Технологія виробництва вітаміну B_{12} на основі метаногенних бактерії.
3. Технологія виробництва каротиноїдів.
4. Технологія виробництва рибофлавіну (вітаміну B_2) за допомогою міцеліальних грибів.
5. Технологія виробництва рибофлавіну (вітаміну B_2) на основі штаму *Bacillus subtilis*.
6. Технологія виробництва аскорбінової кислоти (вітаміну С).
7. Технологія виробництва ергостерину.
8. Технологія виробництва β-каротину.
9. Технологія виробництва лікопіну.
10. Технологія виробництва етанолу з крохмалевмісної сировини.
11. Технологія виробництва етанолу з цукровмісної сировини.
12. Технологія виробництва ацетону та бутанолу.
13. Технологія виробництва гліцерину.
14. Технологія виробництва поверхнево активних речовин.
15. Технологія виробництва лимонної кислоти.
16. Технологія виробництва ітаконової кислоти.
17. Технологія виробництва глюконової кислоти.
18. Технологія виробництва пропіонової кислоти.
19. Технологія виробництва ксантану.
20. Технологія виробництва декстрану.
21. Технологія виробництва аргініну.
22. Технологія виробництва триптофану.
23. Технологія виробництва пробіотичних препаратів на основі бактерій роду *Bacillus.*
24. Технологія виробництва білкових продуктів з природного газу.
25. Технологія виробництва білкових продуктів на нижчих спиртах.
26. Технологія виробництва білкових продуктів на вуглеводневій сировині.
27. Технологія виробництва вірусних вакцин (кір, краснуха, епідемічний паротит).
28. Технологія виробництва поліомієлітної вакцини.
29. Технологія виробництва правцевого анатоксину.
30. Технологія виробництва ацелюлярної коклюшної вакцини.
31. Технологія виробництва спиртової черевно-тифозної вакцини.
32. Технологія виробництва гемофільної (HIb) вакцини.
33. Технологія виробництва бактеріофагів.
34. Технологія виробництва 2,3-бутандіолу мікробіологічним шляхом.
35. Технологія виробництва бактеріальних препаратів для захисту рослин.
36. Технологія виробництва грибних препаратів для захисту рослин.
37. Технологія виробництва вірусних препаратів, як засобів захисту рослин.
38. Технологія виробництва родентицидів - мікробних препаратів проти гризунів.
39. Технологія виробництва інсектицидів на основі *B. thuringiensis*.
40. Технологія виробництва біогазу.
41. Технологія виробництва мікробних ліпідів.
42. Біотрансформація органічних з’єднань.
43. Технологія виробництва бактеріальних добрив на основі бульбочкових бактерій.
44. Технологія виробництва препаратів на основі фосфатмобілізуючих бактерій.
45. Технологія виробництва біфіколу.
46. Технологія виробництва бактисубтиліну.
47. Технологія виробництва гіберелінів.

Додаток 2

Приклади питань до модульної контрольної роботи

1. Що таке антигенність?
2. Чим відрізняються продуценти живих і убитих вакцин?
3. Охарактеризуйте штам, що входить до вакцини БЦЖ (назва, забарвлення за Грамом, морфологія, рухливість, відношення до кисню, швидкість росту)
4. За якими параметрами проводять контроль якості готової форми вакцини БЦЖ.
5. Яким чином отримують маточні культури бактеріофагів?
6. Складіть принципову технологічну схему отримання колібактерину з зазначенням основних технологічних параметрів.
7. Які методи зневоднення ви запропонуєте для а) флотуючих дріжджів і б) нефлотуючих дріжджів?
8. Дайте визначення: діазотрофи – це
9. Бактерії р. *Azotobacter*: (потрібне підкреслити) $Г^+$, $Г^-$, коки, палички, утворюють спори, не утворюють спори, рухливі, нерухомі, аероби, анаероби; мезофіли, псіхрофіли, термофіли.
10. В якій стадії розвитку знаходиться продуцент в препараті фосфобактерин?
11. Наведіть склад препарату ентобактерин?
12. Які амінокислоти синтезуються бактеріальними клітинами з аспарагінової кислоти?
13. Назвіть характерні ознаки початку синтезу лізину?
14. Яким чином запобігають взаємодії аміногруп лізину з редукуючими речовинами поживного середовища в процесі упарювання?
15. Основний продуцент триптофану в комбінованій технології?
16. Перелічіть види молочнокислих бактерій, які використовують у біотехнологічних виробництвах для отримання молочної кислоти.
17. У якому випадку поряд з молочною кислотою може утворюватися бутанол і масляна кислота?
18. Чому рід *Gluconobacter* не здатен окислювати оцтову кислоту?
19. Який декстран використовують у медицині як замінник сироватки крові?
20. Які організми здатні до синтезу вітаміну B_{12}?
21. Продуценти вітаміну B_{12} метаноутворюючі бактерії: аероби, облігатні анаероби, мікроаерофіли, аеротолерантні, факультативні аероби, факультативні анаероби. (Необхідне підкреслити).
22. *Blakeslea trispora* – це гомоталічний чи гетероталічний гриб (підкреслити)? Який міцелій він утворює?
23. Де у природі зустрічається *Eremothecium ashbyi*?
24. Культуральна рідина після ферментації *Bacillus subtilis* при отриманні рибофлавіну являє собою:
25. Наведіть технологічну схему отримання кристалічного β-каротину та основні технологічні параметри.

Додаток 3

Питання, що виносяться на семестровий контроль

1. Переваги мікробіологічних виробництв. Продукти, які можна отримати біотехнологічним шляхом.
2. Основні види біохімічної діяльності мікробів, які використовуються в біотехнології. Галузі, у яких застосовуються продукти мікробного синтезу.
3. Склад, підготовка та стерилізація поживних середовищ для виробничого біосинтезу.
4. Стадії виділення цільового продукту.
5. Характеристика живих вакцин. Генетичні особливості продуцентів живих вакцин. Методи отримання атенуйованих штамів.
6. Вбиті вакцини. Вимоги, що висуваються до продуцентів убитих вакцин. Методи інактивації штамів-продуцентів.
7. Хімічні вакцини. Поняття протективних антигенів – основи хімічних вакцин. Переваги та недоліки хімічних вакцин. Шляхи підвищення антигенності та імуногенності вакцин.
8. Анатоксини та метод їх отримання.
9. Сучасні вакцини. Класифікація. Характеристика кожної групи. Переваги та недоліки сучасних вакцин.
10. Технологія отримання вакцини БЦЖ. Характеристика продуценту, поживні середовища, умови культивування.
11. Алергени у діагностиці інфекційних захворювань. Виробництво туберкуліну.
12. Бактеріофаги. Застосування препаратів на основі бактеріофагів. Їх переваги у порівнянні з іншими бактерицидними препаратами.
13. Бактерійні, еритроцитарні та вірусні діагностикуми.
14. Лікувальні бактеріальні препарати. Поняття пробіотичних препаратів. Вимоги, що висуваються до пробіотиків. Пробіотичні властивості продуцентів бактеріальних препаратів.
15. Технологія виробництва колібактерину.
Технологія виробництва пробіотиків на основі біфідо- та лактобактерій.
16. Поживна цінність білка. Вимоги, що висуваються до мікробної маси, що використовується в якості кормового білку. Шляхи зниження вмісту нуклеїнових кислот в клітинах.
17. Підготовка субстратів до вирощування дріжджів.
18. Технологія отримання кормового білку.
19. Ентомопатогенні препарати на основі *Bacillus thuringiensis*.
20. Технологія отримання ентомопатогенних бактеріальних препаратів на прикладі ентобактерина.
21. Бактерійні ентомопатогенні препарати. Цінні властивості *Bac. thuringiensis.* Мікробні токсини, що продукуються *Bac. thuringiensis.*
22. Грибні ентомопатогенні препарати.
23. Характеристика симбіотичних азотфіксаторів. Утворення бактероїдів. Функції леггемоглобіну.
24. Технологія виробництва нітрагіну.
25. Характеристика вільноживучих азотфіксаторів.
26. Технологія виробництва ризоторфіну.
27. Технологія виробництва фосфобактерину. Характеристика продуценту. Проблеми виробництва.
28. Способи отримання глутамінової кислоти. Продуценти глутамінової кислоти та їх особливості.
29. Біосинтез лізину в мікробній клітині. Особливості продуцентів лізину.
30. Шляхи промислового отримання амінокислот та їх коротка характеристика. Використання амінокислот.
31. Комбінований (ферментативний) синтез триптофану.

32. Характеристика продуцентів молочної кислоти - гомо- та гетероферментативних молочнокислих бактерій.
33. Сировина, поживні середовища та методи культивування оцтовокислих бактерій. Виробництво оцтової кислоти глибинним способом.
34. Характеристика продуцентів оцтової кислоти. Здатність до окислення оцтової кислоти.
35. Отримання оцтової кислоти циркуляційно-поверхневим способом.
36. Продуценти лимонної кислоти, вимоги до них. Переваги та недоліки *A.niger*. Характеристика *A.niger*.
37. Біосинтез лимонної кислоти.
38. Методи отримання лимонної кислоти та їх опис.
39. Виробництво вітаміну B_{12} за допомогою пропіоновокислих бактерій.
40. Отримання вітаміну B_{12} за допомогою метаноутворюючих бактерій.
41. Структура, властивості та застосування вітаміну B_{12}. Продуценти вітаміну B_{12}.
42. Структура каротиноїдів та їх біосинтез. Методи отримання каротиноїдів.
43. Технологічна схема отримання каротиноїдів.
44. Біологічна роль каротиноїдів. Їх застосування. Особливості хімічної структури.
45. Продуценти каротиноїдів та їх характеристика.
46. Способи виробництва рибофлавіну. Продуценти рибофлавіну, їх переваги та недоліки.
47. Отримання рибофлавіну за допомогою *Eremothecium ashbyi*.
48. Отримання рибофлавіну за допомогою *Bacillus subtilis*.
49. Позаклітинні полісахариди, їх функції.
50. Біосинтез полісахаридів. Акцептори та донори глікозильних залишків.
51. Особливості будови декстранів та їх застосування. Характеристика продуцентів декстрану.
52. Технологічна схема отримання декстрану.

Приклад залікової контрольної роботи

Варіант 1

1. Вбиті вакцини. Вимоги, що висуваються до продуцентів убитих вакцин. Методи інактивації штамів-продуцентів.
2. Бактеріофаги. Застосування препаратів на основі бактеріофагів. Їх переваги у порівнянні з іншими бактерицидними препаратами.
3. Біосинтез лізину в мікробній клітині. Особливості продуцентів лізину.
4. Сировина, поживні середовища та методи культивування оцтовокислих бактерій. Виробництво оцтової кислоти глибинним способом.
5. Структура каротиноїдів та їх біосинтез. Методи отримання каротиноїдів.

Варіант 2

1. Характеристика вільноживучих азотфіксаторів.
2. Технологія виробництва фосфобактерину. Характеристика продуценту. Проблеми виробництва.
3. Комбінований (ферментативний) синтез триптофану.
4. Структура, властивості та застосування вітаміну B_{12}. Продуценти вітаміну B_{12}.
5. Продуценти каротиноїдів та їх характеристика.