



ТЕХНОЛОГІЯ ПРОДУКТІВ МІКРОБНОГО СИНТЕЗУ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	16 Хімічна інженерія та біоінженерія
Спеціальність	162 Біотехнології та біоінженерія
Освітня програма	Біотехнології
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	3 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	4 кредитів (120 годин), в т.ч. лекцій – 28 годин, лабораторних – 26 годин, СРС – 66 годин
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік/модульна контрольна робота
Розклад занять	Лекції та лабораторні роботи відбуваються згідно розкладу https://schedule.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н. Поліщук Валентина Юріївна, polischukvu@gmail.com , 097-469-47-26, Лабораторні: к.т.н. Поліщук Валентина Юріївна, polischukvu@gmail.com , 097-469-47-26
Розміщення курсу	Посилання на дистанційний ресурс Moodle https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2159

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення 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 проєктів, 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 I. Технології виробництва препаратів мікробного синтезу, засновані на отриманні мікробної маси.

Тема 1. Вакцини і бактерійні препарати.

Тема 2. Технологія отримання кормових білкових продуктів.

Тема 3. Технологія виробництва бактеріальних добрив.

Тема 4. Мікробні патогени, як засіб захисту рослин.

Розділ II. 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. Базові інформаційні ресурси

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_Farmatsevtichna_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. Додаткові інформаційні ресурси

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.

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 28 годин лекцій та 26 годин лабораторних занять, 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	Назви розділів і тем, перелік основних питань	Кількість годин
1	Вступ. 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. Мікроорганізми, котрі використовуються у промисловості. Їх технологічні переваги. Експериментальне отримання промислових форм. Основні показники практичної цінності промислових мікроорганізмів. Типова схема та основні стадії біотехнологічних виробництв Передферментаційні стадії виробництва, ферментаційні стадії, стадії розділення культуральної рідини та біомаси, стадії виділення кінцевого продукту.	2

2	Розділ 1 Тема 1. 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. <u>Живі вакцини.</u> Генетичні особливості продуцентів живих вакцин. Методи отримання атенуйованих штамів. Технологія отримання живих вакцин, що випускаються вітчизняною та закордонною промисловістю.	2
3	Тема 1. Вакцини і технологія їх отримання (продовження) <u>Вбиті вакцини.</u> Вимоги, що висуваються до продуцентів убитих вакцин. Методи інактивації вірулентних штамів. Технологія отримання вбитих корпускулярних вакцин. <u>Хімічні вакцини (неомолекулярні).</u> Поняття протективних антигенів – основи хімічних вакцин. Переваги та недоліки хімічних вакцин. Шляхи підвищення антигенності та імуногенності вакцин. Загальна технологія хімічних вакцин. <u>Анатоксини</u> – метод отримання. Формалізація антигенів. <u>Вакцини нового покоління.</u> Сучасні методи в конструюванні сучасних вакцин: - вакцини штучних антигенів; - генно-інженерні вакцини; - субдинічні вірусні вакцини; - рибосомальні вакцини. Вимоги до вакцин. Сучасне рішення транспорту вакцин до імунокомпетентних клітин. Використання вакцин. Принципи імунопрофілактики. Діагностикуми, алергени та токсини <u>Діагностикуми, алергени та токсини</u> для діагностичних проб. Основні етапи виробництва. Спектр бактеріальних і вірусних діагностикуми, що випускаються мікробіологічною промисловістю.	2
4	Тема 1. Лікувальні бактеріальні препарати <u>Лікувальні бактеріальні препарати.</u> Поняття пробіотичних препаратів і симбіотичних препаратів. Пробіотичні властивості продуцентів бакпрепаратів - лактобактерину, біфідумбактерину, біфіколу, колібактерину. Загальна характеристика препаратів, технологія виготовлення, методи контролю. Бактеріофаги <u>Бактеріофаги.</u> 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.	2
5	Тема 2. 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	2

	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.	
6	Тема 3. 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.	2
7	Тема 4. 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 <i>Bac. thuringiensis</i> (ентобактерин, дендробацилін, бітоксидацилін, гомелін, ліпідодид, бактокуліцид, діпол та ін.)	2
8	Тема 4. 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.	2
9	МКР частина 1 (1 година) Розділ 2 Тема 1. Виробництво амінокислот (1 година) Незамінні амінокислоти в рослинних продуктах та кормах. Перевага мікробіологічного способу отримання амінокислот. Методи відбору активних продуцентів амінокислот. <u>Виробництво лізину.</u> 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.	2
10	Тема 1. Виробництво амінокислот (продовження) <u>Виробництво глутамінової кислоти та глутамату натрію.</u> 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. <u>Виробництво триптофану.</u> Характеристика триптофану та сфера його практичного використання. Продуценти, їх культивування. Способи промислового отримання триптофану. Технологічна схема.	2
11	Тема 2. Виробництво органічних кислот	2

	Основні органічні кислоти, які отримують мікробіологічним синтезом. Сфера їх практичного використання. <u>Молочна кислота.</u> Характеристика продуцентів - гомо- та гетеро-ферментативних молочнокислих бактерій. Хімізм процесу. Сировина, середовища. Технологія процесу. <u>Оцтова кислота.</u> 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.	
12	Тема 2. Виробництво органічних кислот (продовження) <u>Одержання лимонної кислоти.</u> 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. Тема 3. Виробництво полісахаридів мікробного походження Полісахариди мікроорганізмів. Номенклатура, будова та склад. Резервно-енергетичні та структурно-метаболичні полісахариди. Особливості біосинтезу полісахаридів. Умови культивування продуцентів (склад поживного середовища, значення рН, вплив аерації і температури). Біологічна роль і практичне використання полісахаридів у народному господарстві.	2
13	Тема 4. Мікробіологічні методи одержання вітамінів Вітаміни та їх біологічна роль. Джерела вітамінів. Мікробіологічні методи одержання вітамінів. <u>Вітамін В₁₂.</u> Хімічна будова. Значення для людей і тварин. Продуценти і біосинтез. Технологія одержання концентрату вітаміну В₁₂ за допомогою змішаної культури метаноутворюючих бактерій. Застосування в медицині і народному господарстві. Виробництво Вітаміну В₁₂ за допомогою пропіоновокислих бактерій. Отримання коензиму-В₁₂. <u>Каротиноїди.</u> Джерела одержання. Особливості хімічної структури. Методи дослідження. Біологічна роль каротиноїдів. Умови утворення каротиноїдів мікроорганізмами. Основні етапи біосинтезу. Використання каротиноїдів в народному господарстві.	2
14	Тема 4. Мікробіологічні методи одержання вітамінів (продовження) <u>Рибофлавін (В₂).</u> Структура і біологічна роль флавінових коферментів. Продуценти рибофлавіну. Шлях біосинтезу рибофлавіну та його регуляція. Практичне застосування кристалічного препарату і кормового концентрату рибофлавіну. МКР частина 2 (1 година)	2

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. Завдання на СРС: Техніка безпеки при роботі у мікробіологічній лабораторії	1
1, 2	Дослідження маслянокислого бродіння. Завдання на СРС: Характеристика продуцентів бродіння, утворення масляної кислоти маслянокислими бактеріями, технологія масляної кислоти.	3
3, 4	Характеристика дріжджів. Завдання на СРС: особливості морфології та метаболізму дріжджів, практичне значення дріжджів, способи їх культивування.	4
5, 6, 7, 8, 9	Дослідження спиртового бродіння. 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
10, 11, 12, 13	Дослідження молочнокислого бродіння. Завдання на СРС: Характеристика продуцентів бродіння, утворення молочної кислоти гетеро- та гомоферментативними молочнокислими бактеріями. Технологія отримання молочної кислоти.	8
	Разом	26

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 (40 годин),
- підготовка до задачі лабораторних робіт (16 годин),
- підготовку до МКР (4 години),
- підготовка до заліку (6 годин).

Загалом 66 годин.

Перелік питань для підготовки до МКР надано у додатку 1.

Перелік питань для підготовки до заліку надано у додатку 2.

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.

Політика дедлайнів та перескладань

Контрольні заходи (МКР) та лабораторні роботи виконуються здобувачами вищої освіти тільки за розкладом, у встановлений для групи час (виключення – перенесення написання групою (або окремими здобувачами вищої освіти) в зв'язку з необхідним дотриманням безпекових умов або з попередженням викладача та офіційним підтвердженням причини відсутності здобувача вищої освіти на написанні разом з групою).

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 це враховується в критеріях оцінювання, тобто впливає на бал

Правила призначення заохочувальних балів

Відповідно до Положення про систему оцінювання результатів навчання сума всіх заохочувальних балів не може перевищувати 10% рейтингової шкали оцінювання.

Написання тез за тематикою навчальної дисципліни +2 бали

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>.

У разі виявлення академічної недоброчесності під час виконання модульної контрольної роботи – результати контрольного заходу не враховуються. МКР в такому разі не переписується.

У разі виявлення академічної недоброчесності під час виконання залікової роботи здобувач вищої освіти усувається з заліку і може повторити спробу здачі семестрового контролю на 1 чи 2 перездачі.

Норми етичної поведінки.

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

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

Семестрова атестація проводиться у вигляді заліку. Для оцінювання результатів навчання застосовується 100-бальна рейтингова система та університетська шкала.

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. Умовою отримання позитивної оцінки з календарного контролю з навчальної дисципліни є значення поточного рейтингу здобувача не менше, ніж 50 % від максимально можливого на час проведення такого контролю.

Семестровий контроль: залік. Перелік питань що виносяться на залік надано у додатку 2.

Умови допуску до семестрового контролю: написання частин модульної контрольної роботи, зарахування лабораторних робіт (не менше ніж 30 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. Розділ 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 1.

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

- 1) виконання та захист 4 лабораторних робіт – 50 балів;
- 2) виконання МКР (робота в двох частинах по 25 та 25 балів) всього – 50 балів.

1. Лабораторні роботи

1.1. Допуск до лабораторної роботи – 1 бал.

1.2. Виконання лабораторної роботи на кожному занятті. Ваговий бал – 1,5:

- якісне виконання завдання, отримання відповідних результатів – 1,5 бал;
- помилки при виконанні завдання та отримання частково помилкових результатів – 0,9-1,4 балів;
- невірне виконання завдання, отримання невідповідних результатів – 0 балів.

1.3. Оформлення результатів лабораторної роботи в протоколі. Ваговий бал – 2:

- повне та охайне оформлення результатів – 2 бал;
- не повне та/або не охайне оформлення результатів – 1,2-1,9 балів.

1.4. Захист лабораторної роботи. Ваговий бал – 5:

- повна відповідь на контрольні питання - 5 бали;
- неповна/часткова відповідь на контрольні питання - 3,0-4,9 бали;
- незадовільна відповідь на контрольні питання - 0 балів (не захист).

Таким чином при виконанні лабораторних робіт студент може отримати:

4 лабор. робіт × 1 бал (допуск) + 12 занять × 1,5 бали (виконання) + 4 лабор. робіт × 2 бали (оформлення) + 4 лабор. робіт × 5 бали (захист) = 4 + 18 + 8 + 20 = 50 балів

2. Модульна контрольна робота

МКР 1 та 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») – 0 балів.

Критерії оцінювання частин 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.

Максимальна сума балів контрольних заходів протягом семестру складає 100 балів:

$$R_c = 50+50 = 100 \text{ балів.}$$

Необхідною **умовою допуску до заліку** є написання частин модульної контрольної роботи, зарахування лабораторних робіт (не менше ніж 30 балів).

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 30 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, але більше 30 балів, та виконали інші умови допуску до заліку, а також ті, хто хоче підвищити оцінку, виконують **залікову контрольну роботу**.

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 - 100 балів.

Білет складається з 5 питань, які оцінюються по 20 балів ($5 \times 20 = 100$ балів):

- «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.

Сума балів за кожне з п'яти питань контрольної роботи 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 2 до силабусу.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено завідувачем кафедри промислової біотехнології та біофармації, к.т.н. Поліщук Валентиною Юріівною

Ухвалено кафедрою промислової біотехнології та біофармації (протокол № 16 від 26.06.2025 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету біотехнології і біотехніки (протокол № 6 від 30.06.2025 р.)

Додаток 1

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) Γ^+ , Γ^- , коки, палички, утворюють спори, не утворюють спори, рухливі, нерухомі, аероби, анаероби; мезофіли, психрофіли, 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 сировотки крові?
20. Які організми здатні до синтезу вітаміну B_{12} ?
21. Продуценти вітаміну B_{12} метаноутворюючі бактерії: аероби, облигатні 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 2

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 B₁₂ за допомогою пропіоновокислих бактерій.
40. Отримання вітаміну B₁₂ за допомогою метаноутворюючих бактерій.
41. Структура, властивості та застосування вітаміну B₁₂. Продуценти вітаміну B₁₂.
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 B₁₂. Продуценти вітаміну B₁₂.
5. Продуценти каротиноїдів та їх характеристика.