Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
Навчально-науковий інститут біології, хімії та біоресурсів
Кафедра біохімії та біотехнології

“ЗАТВЕРДЖУЮ”
директор ННІБХБ
Руслан БЕСПАЛЬКО
“ 31 ” серпня 2026року

РОБОЧА ПРОГРАМА
навчальної дисципліни
БІОТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ ВТОРИННИХ МЕТАБОЛІТІВ
(обов’язкова)

Освітньо-професійна програма	«Біотехнології та біоінженерія»
Спеціальність	G21 «Біотехнології та біоінженерія»
Галузь знань	G Інженерія, виробництво та будівництво
Рівень вищої освіти	другий (магістерський)
Навчально-науковий інститут біології, хімії та біоресурсів	
Мова навчання	українська

Чернівці 2026 рік

Робоча програма навчальної дисципліни «Біотехнологія отримання вторинних метаболітів» складена відповідно до освітньо-професійної програми «Біотехнології та біоінженерія»

Розробник:
к.б.н., доцент кафедри біохімії та біотехнології Чебан Лариса Миколаївна

Викладач:
к.б.н., доцент кафедри біохімії та біотехнології Чебан Лариса Миколаївна

Затверджено на засіданні кафедри біохімії та біотехнології
Протокол No 3 від « 31 » серпня 2026 року

Завідувач кафедри _____ Оксана ВОЛОЩУК

Схвалено методичною радою навчально-наукового інституту біології, хімії та біоресурсів
Протокол No 1 від « 31 » серпня 2026 року

Голова методичної ради _____ Галина МОСКАЛИК

Мета дисципліни

Біотехнологія отримання вторинних метаболітів – обов'язкова дисципліна для студентів другого (магістерського) рівня навчання за спеціальністю – Біотехнології та біоінженерія. Призначення дисципліни - надання студентами сучасних знань умов і особливостей культивування біологічних агентів–продуцентів вторинних метаболітів, технологічних схем отримання цільового продукту, аналіз та підбір оптимального устаткування для реалізації спеціальних біотехнологій в промисловості.

Основна мета вивчення дисципліни - засвоєння студентами знань з теоретичних основ та практичного втілення біотехнології отримання вторинних метаболітів в промисловості, аналіз сучасного біотехнологічного обладнання та методів скринінгу виходу цільового продукту.

Пререквізити

Вивчення дисципліни «Біотехнологія отримання вторинних метаболітів» грунтується на програмних результатах навчання ОП «Біотехнології та біоінженерія» для першого (бакалаврського) рівня навчання. Також дисципліна вивчається паралельно з курсом «Біотехнологія продуктів мікробного синтезу».

Результати навчання

В результаті навчання у здобувачів формуються такі компетентності:

ЗК 1. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

ФК 8. Здатність здійснювати пошук необхідної інформації в науковій і технічній літературі, базах даних та інших джерелах

ФК 12. Здатність планувати і виконувати експериментальні роботи в галузі біотехнології з використанням сучасних обладнання та методів, інтерпретувати отримані дані на основі сукупності сучасних знань та уявлень про об'єкт і предмет дослідження, робити обґрунтовані висновки.

ФК 13. Здатність розробляти та вдосконалювати комплексні біотехнології на основі розуміння наукових сучасних фактів, концепцій, теорій, принципів і методів біоінженерії та природничих наук.

ФК 14. Здатність прогнозувати напрямки розвитку сучасної біотехнології в контексті загального розвитку науки і техніки.

ФК 19. Здатність проводити скринінгові дослідження продуцентів біологічно активних речовин, залучати сучасні методи виділення та аналізу цільових метаболітів та створювати на їх основі функціональні кормові та харчові композиційні препарати

Програмні результати навчання:

ПР 3. Здійснювати техніко-економічні розрахунки проектно-конструкторських рішень та аналізувати та оцінювати їх ефективність, екологічні та соціальні наслідки на коротко- та довгострокову перспективу

ПР 6. Знати та оцінювати основні методичні прийоми культивування еукаріотичних клітин тваринного та рослинного походження, розробляти нові технології їх застосування у наукових цілях, медицині, сільському господарстві тощо.

ПР 7. Мати навички виділення, ідентифікації, зберігання, культивування, іммобілізації біологічних агентів, здійснювати оптимізацію поживних середовищ, обирати оптимальні методи аналізу, виділення та очищення цільового продукту, використовуючи сучасні біотехнологічні методи та прийоми, притаманні певному напряму біотехнології.

ПР 10. Упроваджувати найбільш ефективні біотехнологічні методи та прийоми у практичну виробничу діяльність на основі оцінки ефективності передових біотехнологій та врахування загальних тенденцій розвитку новітніх біотехнологій у провідних країнах

ПР13. Формулювати і оцінювати вимоги, обґрунтувати вихідну сировину, матеріали та напівпродукти відповідно до умов біотехнологічного виробництва з урахуванням технологічних та інших невизначеносте.

ПР15. Мати навички розробки та реалізації маркетингових програм і стратегій, аналізу та оцінювання варіантів просування біотехнологічної продукції до споживача, встановлення оптимальних цін на неї.

ПР 18. Вміти проводити скринінгові дослідження продуцентів біологічно активних речовин, застосовувати сучасні методи виділення та аналізу цільових метаболітів та створювати на їх основі функціональні кормові та харчові композиційні препарати

знати:

основні класи вторинних метаболітів мікроорганізмів, що отримують в промисловості та параметри вибору штамів-продуцентів екзополісахаридів, ПАР, біологічно активних добавок;

планувати і виконувати експериментальні роботи в галузі біотехнології з використанням сучасних обладнання та методів, інтерпретувати отримані дані на основі сукупності сучасних знань та уявлень про об’єкт і предмет дослідження, робити обґрунтовані висновки;

розробляти та вдосконалювати комплексні біотехнології на основі розуміння наукових сучасних фактів, концепцій, теорій, принципів і методів біоінженерії та природничих наук;

організовувати виробництво і управляти біотехнологічними процесами в умовах промислового виробництва та науково-дослідних лабораторій.

вміти:

знайти місце конкретної технології у системі відомих технологій та обирати продуцент БАР, що характеризується підвищеними продукційними показниками;

оцінювати основні методичні прийоми культивування еукаріотичних клітин тваринного та рослинного походження, розробляти нові технології їх застосування у наукових цілях, медицині, сільському господарстві тощо;

упроваджувати найбільш ефективні біотехнологічні методи та прийоми у практичну виробничу діяльність на основі оцінки ефективності передових біотехнологій та врахування загальних тенденцій розвитку новітніх біотехнологій у провідних країнах;

формулювати і оцінювати вимоги, обґрунтувати вихідну сировину, матеріали та напівпродукти відповідно до умов біотехнологічного виробництва з урахуванням технологічних та інших невизначеностей.

Опис навчальної дисципліни

Загальна інформація

Форма навчання	Рік підготовки	Семестр	Кількість		Кількість годин						Вид підсумкового контролю
			кредитів	годин	лекції	практичні	семінарські	лабораторні	самостійна робота	індивідуальні завдання	
Денна	1М	2М	5	150	20	-	-	26	104	-	екзамен

Структура змісту навчальної дисципліни

Теми лекційних занять	Кількість годин						
	денна форма						
	усього	у тому числі					
		л	лаб	сем	п	інд	с.р.
	Змістовий модуль Комплексна переробка біомаси промислових мікроорганізмів та рослин для отримання вторинних метаболітів						
Тема 1. Особливості отримання вторинних метаболітів у виробничих умовах. Біореакторні технології та оптимізація умов культивування	16	2	4				10
Тема 2. Мікробні вторинні метаболіти: Отримання екзополісахаридів та біосурфактантів	28	4	4				20
Тема 3. Сучасні технології ефективних бактеріальних інсектицидів	14	2	2				10
Тема 4. Біотехнологія біологічно активних добавок. БАДи на основі металокомплексів	14	2	2				10
Тема 5. Отримання рослинних вторинних метаболітів in vitro: культури клітин і тканин	14	2	2				10
Тема 6. Мікробіом рослин і вторинний метаболізм: взаємодія рослина-мікроорганізм	16	2	4				10
Тема 7. Метаболічне програмування та генна інженерія шляхів синтезу вторинних метаболітів	14	2	2				10
Тема 8. Методи аналізу вторинних метаболітів: сучасні інструменти	16	2	4				10
Тема 9. Комерціалізація вторинних метаболітів: виклики та перспективи	18	2	2				14
Усього годин	**150**	**20**	**26**				**104**
Підсумкова форма контролю	**екзамен**						

Тематика лекційних занять з переліком питань

№	*Назва теми*
1	**Тема 1. Особливості отримання вторинних метаболітів у виробничих умовах. Біореакторні технології та оптимізація умов культивування** ✓ Поняття про вторинні метаболіти. ✓ Шляхи біосинтезу вторинних метаболітів ✓ Поняття про двофазність виробничого біосинтезу ✓ Біореакторні технології для отримання вторинних метаболітів ✓ Оптимізація умов культивування ✓ Масштабування процесу: виклики та рішення
2-3	**Тема 2. Мікробні вторинні метаболіти: Отримання екзополісахаридів та біосурфактантів** **Екзополісахариди мікробного походження: біосинтез, функції та методи отримання** ✓ Біосинтез екзополісахаридів в мікробній клітині ✓ Основні мікроорганізми-продуценти (Xanthomonas, Leuconostoc, Pseudomonas) ✓ Виділення та очищення екзополісахаридів ✓ Сучасні тенденції у дослідженнях ЕПС **Біосурфактанти мікроорганізмів: типи, механізми дії та біотехнологія виробництва** ✓ Вторинні метаболіти з поверхнево-активними властивостями ✓ Мікроорганізми-продуценти (Pseudomonas aeruginosa, Bacillus subtilis, Candida spp.) ✓ Механізм дії біосурфактантів ✓ Методи культивування для отримання ✓ Виділення та очищення біосурфактантів ✓ Проблеми та перспективи масового виробництва ПАР
4	**Тема 3. Сучасні технології ефективних бактеріальних інсектицидів** ✓ Переваги біоінсектицидів: специфічність дії, безпечність для довкілля ✓ Класифікація біоінсектицидів: бактеріальні, вірусні, грибкові, ентомопатогенні нематоди ✓ Основні продуценти токсинів: Bacillus thuringiensis (bt), Bacillus sphaericus, Serratia ✓ Генетична інженерія у створенні ефективних штамів: клонування та експресія Cry-генів ✓ Біотехнологія виробництва бактеріальних інсектицидів ✓ Екологічна безпечність і регуляторні аспекти застосування інсектицидів
5	**Тема 4. Біотехнологія біологічно активних добавок. БАДи на основі металокомплексів** ✓ Визначення біологічно активних добавок ✓ Металокомплекси в БАДах ✓ Особливості технології виробництва БАДів на основі металокомплексів ✓ Приклади сучасних БАДів із металокомплексами ✓ Нормативне регулювання та контроль якості

6	**Тема 5. Отримання рослинних вторинних метаболітів in vitro: культури клітин і тканин** ✓ Культура клітин рослин in vitro як клонова популяція ✓ Механізми біосинтезу вторинних метаболітів в культурах клітин ✓ Технології отримання вторинних метаболітів in vitro ✓ Культивування клітин і тканин у біореакторах ✓ Стимулювання виробництва вторинних метаболітів ✓ Види рослинних вторинних метаболітів, які отримують in vitro ✓ Проблеми та обмеження технології in vitro ✓ Перспективи використання рослинних вторинних метаболітів
7	**Тема 6. Мікробіом рослин і вторинний метаболізм: взаємодія рослина-мікроорганізм** ✓ Мікробіом рослин: визначення та склад ✓ Взаємодія рослина-мікроорганізм: основи і механізми ✓ Вплив мікробіому на вторинний метаболізм рослин ✓ Стимулювання синтезу вторинних метаболітів за допомогою мікроорганізмів ✓ Перспективи використання мікробіому для отримання вторинних метаболітів
8	**Тема 7. Метаболічне програмування та генна інженерія шляхів синтезу вторинних метаболітів** ✓ Вступ у метаболічну інженерію: поняття та інструменти. ✓ Ідентифікація та клонування biosynthetic gene clusters (BGC). ✓ Використання CRISPR, синтетичної біології для отримання надпродуцентів. ✓ Біобезпека та етичні аспекти метаболічного програмування
9	**Тема 8. Методи аналізу вторинних метаболітів: сучасні інструменти** ✓ Основні методи аналізу вторинних метаболітів ✓ Хроматографічні методи ✓ Мас-спектрометрія (MS) ✓ Спектроскопія в інфрачервоній області (IR) ✓ Спектрофотометрія ультрафіолетового (UV) та видимого спектра ✓ Біосенсори та нанотехнології для аналізу метаболітів ✓ Перспективи розвитку методів аналізу вторинних метаболітів
10	**Тема 9. Комерціалізація вторинних метаболітів: виклики та перспективи** ✓ Сфери застосування вторинних метаболітів ✓ Основні виклики комерціалізації ✓ Складність виділення і синтезу: важкість масштабування процесів на промисловому рівні. ✓ Регуляторні перешкоди: сертифікація та стандарти для нових біопродуктів. ✓ Безпека та токсичність: можливі ризики для здоров'я людини. ✓ Маркетингові стратегії: орієнтація на попит на органічні та натуральні продукти. ✓ Ключові приклади комерціалізації

Теми лабораторних робіт з переліком завдань

№	*Назва теми*
1	**Лабораторна робота 1. Вивчення умов культивування для максимального виробництва вторинних метаболітів у біореакторі** ✓ Вивчення впливу температури на виробництво вторинних метаболітів. ✓ Вивчення впливу pH середовища на синтез вторинних метаболітів.
2	**Лабораторна робота 2. Оптимізація живильного середовища для**

	отримання вторинних метаболітів дріжджів ✓ Оптимізація середовища за кількістю карбону ✓ Оптимізація середовища за кількістю нітрогену ✓ Контроль регуляторної функції фосфатів
3	**Лабораторна робота 3. Отримання екзополісахаридів мікробного походження** ✓ Підготовка середовища для культивування мікроорганізмів, які синтезують ЕПС ✓ Вивчення впливу температури на синтез екзополісахаридів. ✓ Визначення впливу концентрації вуглеводів на синтез екзополісахаридів.
4	**Лабораторна робота 4. Отримання та характеристика біосурфактантів із біомаси бактерій** ✓ Вибір та підготовка мікроорганізмів для синтезу біосурфактантів. ✓ Вивчення впливу часу культивування на синтез біосурфактантів. ✓ Вивчення впливу типу вуглеводів на виробництво біосурфактантів.
5	**Лабораторна робота 5. Отримання ефективних бактеріальних інсектицидів** ✓ Ідентифікація та підготовка бактеріальних культур для виробництва інсектицидів ✓ Інокуляцію штаму на відповідне живильне середовище ✓ Оцінка стійкості продуцентів бактеріального інсектициду до екологічних факторів
6	**Лабораторна робота 6. Культивування продуцентів для отримання БАДів на основі металокомплексів** ✓ Вибір мікроорганізмів-продуцентів металокомплексів ✓ Приготування живильних середовищ для культивування дріжджів ✓ Моніторинг росту та стану культур в динаміці культивування ✓ Оцінка здатності мікроорганізмів до синтезу металокомплексів
7	**Лабораторна робота 7. Отримання та аналіз рослинних вторинних метаболітів in vitro** ✓ Отримання суспензійних культур рослинних клітин ✓ Вивчення впливу фітогормонів на синтез вторинних метаболітів у культурах клітин ✓ Визначення впливу стресових умов на синтез вторинних метаболітів
8	**Лабораторна робота 8. Вивчення взаємодії мікрофлори із організмов рослини у модельній культурі** ✓ Вивчення впливу бактерій на синтез вторинних метаболітів у рослинах ✓ Вивчення впливу дріжджів на синтез вторинних метаболітів у рослинах ✓ Вивчення впливу ціанобактерій на синтез вторинних метаболітів у рослинах
9	**Лабораторна робота 9. Мікробіом коренів та вплив на синтез вторинних метаболітів у рослинах** ✓ Виділення мікробіому коренів рослин ✓ Ідентифікація мікробіому ✓ Отримання екстрактів коренів рослин ✓ Якісний аналіз БАР екстрактів рослин УФ-спектроскопією
10	**Лабораторна робота 10. Вивчення впливу попередників, індукторів та супресорів на синтез вторинних метаболітів** ✓ Отримання калусної культури in vitro ✓ Внесення попередників, індукторів та супресорів до складу живильного середовища

	✓ Якісний та кількісний аналіз вторинних метаболітів калюсу
11	**Лабораторна робота 11. Хроматографічні методи в аналізі вторинних метаболітів** ✓ Отримання екстрактів лікарських рослин in vitro ✓ Аналіз флавоноїдів методом ТШХ ✓ Отримання фракцій алкалоїдів методом хроматографії на колонці
12	**Лабораторна робота 12. Спектральні методи в аналізі вторинних метаболітів** ✓ Отримання екстрактів лікарських рослин in vitro ✓ Уф-спектроскопія в аналізі вторинних метаболітів ✓ ІЧ-спектроскопія як метод ідентифікації вторинних метаболітів
13	**Лабораторна робота 13. Комерціалізація вторинних метаболітів** ***Кейс 1: Розробка стратегії для комерціалізації біологічно активних речовин з рослин*** ✓ Оцінка потенціалу рослини для виробництва метаболітів. ✓ Визначення ринку для кінцевого продукту: біологічно активні добавки, фармацевтичні препарати, косметика. ✓ Розробка технології виробництва ✓ Оцінка економічної доцільності та ринкових перспектив ***Кейс 2: Розробка стратегії для використання біотехнологій у комерціалізації вторинних метаболітів*** ✓ Аналіз потенціалу біотехнологічних методів ✓ Розробка стратегії масштабування виробництва ✓ Розробка маркетингової стратегії для популяризації продукту на ринку, враховуючи тренди в біотехнологіях і здоровому способі життя.

Зміст завдань для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Завдання для самостійної роботи	Кількість годин
1	Тема 1. Особливості отримання вторинних метаболітів у виробничих умовах. Біореакторні технології та оптимізація умов культивування	***Екологічні та етичні аспекти промислового виробництва вторинних метаболітів***: ✓ Як впливає масштабне культивування мікроорганізмів на навколишнє середовище? ✓ Які існують вимоги до утилізації відходів, біобезпеки та контролю генетично модифікованих продуцентів? ✓ Як регулюється виробництво таких речовин у міжнародному контексті? ***тестування за темою 1***	10
2	Тема 2. Мікробні вторинні метаболіти: Отримання екзополісахаридів та біосурфактантів	***Перспективи застосування ЕПС*** ✓ Як хімічна структура ЕПС (ступінь розгалуження, заряд, вміст ацетильних або сульфатних груп) впливає на їхні фізико-хімічні властивості (в'язкість, гелеутворення, розчинність)? ✓ Які нові напрями використання мікробних ЕПС розвиваються сьогодні у біомедицині, харчовій промисловості, сільському господарстві або очищенні довкілля? ✓ Чому екзополісахариди вважають	20

		перспективними біополімерами для заміни синтетичних матеріалів? ***Проблеми масштабування процесу виробництва біосурфактантів.*** ✓ Які технологічні та економічні проблеми виникають при «масштабуванні» виробництва біосурфактантів від лабораторного до промислового масштабу? ✓ Як зменшити витрати на виробництво (наприклад, за рахунок використання відходів агропромислових виробництв або дешевих сировинних матеріалів)? ✓ Які є перспективи застосування ГМО для збільшення продуктивності або поліпшення характеристик біосурфактантів? ***тестування за темою 2***	
3	Тема 3. Сучасні технології ефективних бактеріальних інсектицидів	***Порівняльний аналіз біоінсектицидів та хімічних пестицидів.*** ✓ Які основні переваги та недоліки біоінсектицидів у порівнянні з хімічними пестицидами (наприклад, щодо специфічності, швидкості дії та впливу на екосистеми)? ✓ Як біоінсектициди можуть допомогти зменшити проблему розвитку резистентності у шкідників? ***тестування за темою 3***	10
4	Тема 4. Біотехнологія біологічно активних добавок. БАДи на основі металокомплексів	***Порівняння БАДів на основі металокомплексів з іншими типами добавок.*** ✓ Які переваги та недоліки має використання металокомплексів у БАДах у порівнянні з органічними сполуками або натуральними рослинними екстрактами? ✓ Як металокомплекси можуть впливати на біодоступність і активність корисних речовин у організмі? ***Приклади використання металокомплексів у сучасних БАДах***. ✓ Які є відомі приклади металокомплексів, що використовуються в БАДах (наприклад, цинк-піролідонат, мідь гліцинат) і як вони діють на організм? ***тестування за темою 4***	10
5	Тема 5. Отримання рослинних вторинних метаболітів in vitro:	***Перспективи застосування культури клітин для масового виробництва рідкісних або цінних вторинних метаболітів.*** ✓ Які рослинні вторинні метаболіти можуть	10

	культури клітин і тканин	бути ефективно отримані *in vitro* фармацевтичного, косметичного або харчового призначення? ✓ Які є перспективи застосування цієї технології для масового виробництва метаболітів, які важко або неможливо отримати з природних джерел через обмеження доступності або витратність процесу? ***Проблеми та стратегії покращення масштабованості технологій отримання вторинних метаболітів in vitro.*** ✓ Які основні проблеми виникають при масштабуванні процесу отримання рослинних вторинних метаболітів *in vitro*? (наприклад, витрати на культивування, стабільність клітинних культур, зменшення продуктивності на великому масштабі). ✓ Які біореакторні технології або інноваційні підходи можуть допомогти подолати ці обмеження та покращити ефективність виробництва метаболітів? ***тестування за темою 5***	
6	Тема 6. Мікробіом рослин і вторинний метаболізм: взаємодія рослина-мікроорганізм	***Перспективи використання мікробіому для біотехнології виробництва вторинних метаболітів.*** ✓ Як мікробіом може бути використаний для біотехнологічного виробництва рідкісних або цінних вторинних метаболітів? ✓ Які переваги та обмеження має використання мікробіому рослин у порівнянні з традиційними методами отримання вторинних метаболітів? ***тестування за темою 6***	10
7	Тема 7. Метаболічне програмування та генна інженерія шляхів синтезу вторинних метаболітів	***Етичні та біобезпекові питання у метаболічному програмуванні.*** ✓ Які основні біобезпекові та екологічні ризики можуть виникнути при використанні генетично модифікованих організмів для виробництва вторинних метаболітів? ✓ Як можна забезпечити етичний контроль за використанням технологій метаболічного програмування, особливо в контексті їх використання для людських потреб (фармацевтика, харчова промисловість)? ***тестування за темою 7***	10
8	Тема 8. Методи аналізу вторинних	***Перспективи розвитку біосенсорів і нанотехнологій у аналізі вторинних***	10

	метаболітів: сучасні інструменти	***метаболітів***. ✓ Які переваги біосенсори та нанотехнології можуть забезпечити в порівнянні з традиційними методами аналізу вторинних метаболітів (швидкість, чутливість, специфічність)? ✓ Як розвиваються біосенсори, що використовують нано матеріали для виявлення та вимірювання концентрації метаболітів у реальному часі? ✓ Огляд існуючих технологій. ***тестування за темою 8***	
9	Тема 9. Комерціалізація вторинних метаболітів: виклики та перспективи	***Вплив глобальних тенденцій на попит на біопродукти.*** ✓ Які глобальні екологічні та суспільні тенденції (наприклад, зростання попиту на органічні та стійкі продукти) впливають на ринок вторинних метаболітів? ✓ Як змінюється попит на біопродукти з вторинними метаболітами в залежності від регіону або змін у поведінці споживачів? ***Технології та інновації у зниженні вартості виробництва***. ✓ Які новітні технології (наприклад, використання генетично модифікованих організмів, біореакторні технології або клітинні культури) можуть допомогти знизити витрати на виробництво вторинних метаболітів? ✓ Як інновації у біотехнології можуть допомогти покращити стабільність і масштабованість виробничих процесів для вторинних метаболітів? ***тестування за темою 9***	14

Методи навчання

Для досягнення результатів навчання застосовуються наступні методи:

- словесні (розповідь, пояснення, лекція),
- наочні (демонстрація, ілюстрація, спостереження),
- практичні (виконання лабораторних робіт), робота у групах, розв'зання практичних кейсів.

Система контролю та оцінювання

Методи контролю

Засобами оцінювання та демонстрування результатів навчання є:

- контрольні роботи;
- стандартизовані тести;
- лабораторні роботи.

Форми контролю

Поточний контроль проводиться у формі стандартизованих тесті, усного опитування поточної роботи, захисту лабораторних робіт.

Підсумковий контроль (екзамен) проводиться у формі тестового контролю.

Критерії оцінювання поточного та підсумкового контролю

Критерії оцінювання тестування:

На письмовому тестуванні студент отримує по 10 завдань по термінології курсу. Максимальну кількість балів за кожне завдання (0,5) студент отримує в разі повного і вірного висвітлення даного питання.

Критерії оцінювання виконання лабораторних робіт:

5б – студент самостійно виконав всі завдання лабораторної роботи, акуратно оформив і вчасно здав протокол, чітко, вільно відповідає на контрольні запитання,

4б – студент самостійно виконав всі завдання лабораторної роботи, акуратно оформив і вчасно здав протокол, проте припускається помилок при відповіді на контрольні запитання,

3б - студент самостійно виконав всі завдання лабораторної роботи, акуратно оформи протокол, проте невчасно здав протокол, припустився помилок при відповіді на контрольні запитання,

2б – студент виконав лабораторну роботу, проте припустився помилок при оформленні протоколу, не підготувався до захисту роботи,

0б – студент не виконав лабораторну роботу.

Критерії оцінювання самостійної роботи:

Завдання з тем самостійної роботи включаються до переліку тестових завдань та до переліку питань до модульних контрольних робіт

Критерії оцінювання модульної контрольної робіт:

Підсумкова модульна робота проводиться у формі тестування, студент отримує 20 тестових завдань різного рівня складності. За кожну правильну відповідь – 1 бал, підсумкова кількість балів – 20 балів максимально.

Розподіл балів, які отримують студенти

<table>
<tr><td colspan="9">Поточне тестування та самостійна робота</td><td>Підсумковий тест</td><td>Сума</td></tr>
<tr><td colspan="9">Змістовий модуль</td><td rowspan="3">50</td><td rowspan="3">150</td></tr>
<tr><td>Т1</td><td>Т2</td><td>Т3</td><td>Т4</td><td>Т5</td><td>Т6</td><td>Т7</td><td>Т8</td><td>Т9</td></tr>
<tr><td>10</td><td>20</td><td>10</td><td>10</td><td>10</td><td>10</td><td>10</td><td>10</td><td>10</td></tr>
</table>

Отриманий результат поділяється на коефіцієнт 1,5 для переводу у 100 бальну систему оцінювання

Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

100-бальна шкала	Оцінка за національною шкалою		Оцінка за шкалою ЄКТС	
			Оцінка	Пояснення за розширеною шкалою
90-100	Зараховано	Відмінно	A	відмінно
80-89		Добре	B	дуже добре
70-79			C	добре
60-69		Задовільно	D	задовільно
50-59			E	достатньо
35-49	Незараховано	Незадовільно	FX	(незадовільно) з можливістю повторного складання
1-34			F	(незадовільно) з обов'язковим самостійним повторним опрацюванням освітнього компонента до перескладання

Перелік запитань для самооцінювання та контролю навчальних досягнень

1. Що таке вторинні метаболіти, і чим вони відрізняються від первинних?
2. Опишіть шляхи біосинтезу вторинних метаболітів у мікроорганізмах.
3. Поясніть концепцію двофазного біосинтезу. Яке її значення у виробничих умовах?
4. Які типи біореакторів використовуються для отримання вторинних метаболітів, і як їх вибір впливає на продуктивність процесу?
5. Що таке оптимізація умов культивування, і які фактори потрібно враховувати при цьому для максимізації продукції метаболітів?
6. Які основні виклики виникають при масштабуванні процесів отримання вторинних метаболітів на промисловому рівні?
7. Як екзополісахариди впливають на властивості мікроорганізмів та їхню здатність до адаптації?
8. Які мікроорганізми є основними продуцентами екзополісахаридів і чому?
9. Як можна виділити та очистити екзополісахариди з культур мікроорганізмів?
10. Що таке біосурфактанти, і яким чином вони можуть бути використані в біотехнології?
11. Як біосурфактанти впливають на поверхневі властивості та здатність мікроорганізмів до адгезії?
12. Які є проблеми та перспективи масового виробництва біосурфактантів?
13. Які основні переваги біоінсектицидів порівняно з хімічними інсектицидами?
14. Опишіть класифікацію біоінсектицидів за типом їхнього походження.
15. Які основні продуценти токсинів, які використовуються в бактеріальних інсектицидах?
16. Як генетична інженерія може допомогти в створенні ефективних штамів бактерій для виробництва інсектицидів?
17. Що таке Cry-ген, і як його експресія у бактеріях сприяє підвищенню ефективності інсектицидів?
18. Які екологічні та регуляторні аспекти слід враховувати при застосуванні біоінсектицидів?

19. Що таке біологічно активні добавки (БАДи) і які їх основні характеристики?

20. Як металокомплекси можуть підвищити ефективність БАДів?

21. Охарактеризуйте основні етапи технології виробництва БАДів на основі металокомплексів.

22. Наведіть приклади сучасних БАДів, що містять металокомплекси, і опишіть їхні функції.

23. Які основні нормативні та регуляторні вимоги для сертифікації БАДів з металокомплексами?

24. Які є ризики та переваги використання металокомплексів у складі БАДів?

25. Що таке культура клітин рослин in vitro, і як вона може бути використана для отримання вторинних метаболітів?

26. Як механізми біосинтезу вторинних метаболітів в культурах клітин відрізняються від природних умов?

27. Опишіть основні технології отримання вторинних метаболітів in vitro.

28. Які переваги і обмеження існують при культивуванні клітин і тканин рослин у біореакторах?

29. Які методи стимулювання виробництва вторинних метаболітів існують, і як вони впливають на продуктивність?

30. Які види рослинних вторинних метаболітів можна отримати in vitro, і як вони використовуються в промисловості?

31. Що таке мікробіом рослин і які мікроорганізми входять до його складу?

32. Як взаємодія між рослиною і мікроорганізмами може стимулювати синтез вторинних метаболітів?

33. Які механізми, через які мікробіом рослин може впливати на їхній вторинний метаболізм?

34. Як мікроорганізми можуть бути використані для стимулювання синтезу вторинних метаболітів рослин?

35. Які перспективи використання мікробіому рослин для виробництва вторинних метаболітів на комерційному рівні?

36. Що таке метаболічна інженерія, і як вона використовується для отримання вторинних метаболітів?

37. Як ідентифікуються та клонуються biosynthetic gene clusters (BGC), і чому це важливо для біосинтезу метаболітів?

38. Як CRISPR та синтетична біологія допомагають у створенні надпродуцентів вторинних метаболітів?

39. Які проблеми з біобезпекою можуть виникнути при метаболічному програмуванні, і як їх вирішити?

40. Які етичні аспекти слід враховувати при використанні генетичних технологій у метаболічному програмуванні?

41. Які основні методи використовуються для аналізу вторинних метаболітів, і який їхній принцип роботи?

42. Як хроматографічні методи використовуються для розділення та ідентифікації вторинних метаболітів?

43. В чому полягає принцип роботи мас-спектрометрії (MS) і як вона допомагає у вивченні складних метаболітних сумішей?

44. Як спектроскопія в інфрачервоній області може допомогти у визначенні структури вторинних метаболітів?

45. Як біосенсори та нанотехнології можуть бути використані для аналізу вторинних метаболітів у реальному часі?

46. Які основні сфери застосування вторинних метаболітів у біотехнології та фармацевтиці?

47. Які основні виклики виникають при комерціалізації вторинних метаболітів?

48. Як масштабування виробничих процесів на промисловий рівень може ускладнити отримання вторинних метаболітів?

49. Які регуляторні перешкоди необхідно подолати для сертифікації нових біопродуктів?

50. Як маркетингові стратегії орієнтуються на попит на органічні та натуральні продукти?

51. Як температура впливає на синтез вторинних метаболітів у біореакторі?

52. Яким чином pH середовища може змінювати ефективність синтезу вторинних метаболітів?

53. Як оптимізація кількості карбону в середовищі впливає на виробництво вторинних метаболітів?

54. Чому важливо оптимізувати кількість нітрогену в середовищі для культивування дріжджів?

55. Як фосфати регулюють синтез вторинних метаболітів у дріжджах?

56. Як підготовка середовища для культивування мікроорганізмів впливає на синтез екзополісахаридів?

57. Яким чином температура культивування змінює синтез екзополісахаридів?

58. Як концентрація вуглеводів у середовищі впливає на виробництво екзополісахаридів?

59. Як вибір мікроорганізмів для синтезу біосурфактантів впливає на кінцеву продукцію?

60. Яким чином час культивування може впливати на кількість синтезованих біосурфактантів?

61. Як тип вуглеводів у середовищі культивування впливає на виробництво біосурфактантів?

62. Як ідентифікація бактеріальних культур впливає на ефективність виробництва інсектицидів?

63. Як інокуляція бактеріального штаму на живильне середовище може впливати на синтез інсектицидів?

64. Які екологічні фактори впливають на стійкість бактеріальних продуцентів інсектицидів?

65. Як вибір мікроорганізмів-продуцентів металокомплексів впливає на результативність синтезу?

66. Як приготування живильних середовищ для дріжджів впливає на їхній ріст та синтез металокомплексів?

67. Які методи моніторингу росту мікроорганізмів можна застосовувати під час культивування для оцінки продуктивності?

68. Як отримання суспензійних культур рослинних клітин впливає на виробництво вторинних метаболітів?

69. Як фітогормони впливають на синтез вторинних метаболітів у культурах клітин рослин?

70. Як стресові умови (наприклад, обмеження води або світла) можуть стимулювати синтез вторинних метаболітів?

71. Як бактерії можуть впливати на синтез вторинних метаболітів у рослинах?

72. Як дріжджі взаємодіють з рослинами, і як це впливає на виробництво вторинних метаболітів?

73. Яким чином ціанобактерії можуть модулювати синтез вторинних метаболітів у рослинах?

74. Як виділяється мікробіом коренів рослин для подальших досліджень?

75. Які методи використовуються для ідентифікації мікробіому коренів?

76. Як екстракти коренів рослин можуть бути використані для аналізу вторинних метаболітів?

77. Які основні переваги УФ-спектроскопії при аналізі БАР екстрактів рослин?

78. Як отримання калусної культури in vitro впливає на синтез вторинних метаболітів?

79. Як внесення попередників, індукторів і супресорів в живильне середовище змінює метаболічні процеси в культурах клітин?

80. Які методи використовуються для якісного та кількісного аналізу вторинних метаболітів калюсу?

81. Які методи отримання екстрактів лікарських рослин застосовуються в лабораторних дослідженнях?

82. Як метод тонкошарового хроматографії (ТШХ) використовується для аналізу флавоноїдів?

83. Як хроматографія на колонці застосовується для отримання фракцій алкалоїдів?

84. Як отримання екстрактів лікарських рослин впливає на результати спектроскопічного аналізу?

85. Які переваги та обмеження УФ-спектроскопії для аналізу вторинних метаболітів?

86. Як ІЧ-спектроскопія застосовується для ідентифікації вторинних метаболітів у рослинних екстрактах?

87. Які основні етапи розробки технології виробництва біологічно активних речовин з рослин?

88. Які стратегії масштабування виробництва вторинних метаболітів на промисловому рівні можуть бути застосовані?

89. Які маркетингові стратегії можуть бути використані для популяризації продуктів, виготовлених за допомогою біотехнологій, на ринку?

Зарахування результатів неформальної освіти

Зарахування результатів неформальної освіти проводиться згідно «Положення про взаємодію формальної та неформальної освіти, визнання результатів навчання (здобутих шляхом неформальної та / або інформальної освіти у системі формальної освіти)» https://www.chnu.edu.ua/universytet/normatyvni-dokumenty/poriadok-vyznannia-u-chernivetskomu-natsionalnomu-universyteti-imeni-yuriia-fedkovycha-rezultativ-navchannia-zdobutykh-shliakhom-neformalnoi-taabo-informalnoi-osvity/

Рекомендована література

1. Біоактивні вторинні метаболіти морських мікроорганізмів / Галкін Б. М., Філіпова Т. О., Іваниця В. О., Гудзенко Т.В. – Одеса: ОНУ, 2022 – 220 с.
2. Буценко Л.М., Пенчук Ю.М., Пирог Т.П. Технології мікробного синтезу лікарських засобів: Навч.посіб. – К.: НУХТ, 2020 – 323с.
3. Войцехівська О.В., Белава В.Н., Смірнов О.Є. Фізіологія вторинного метаболізму рослин (Навчально-методичні рекомендації) – К.: АВЕГА, 2020. - 47 с.
4. Загальна (промислова) біотехнологія: навчальний посібник / Мельничук М.Д., Кляченко О.Л., Бородай В.В., Коломієць Ю.В. – Київ: ФОП Корзун Д.Ю., 2014. – 252с.
5. Кондрашевська К.Р., Ключка І.В., Пирог Т.П., Пенчук Ю.М. Розмаїття мікробних вторинних метаболітів. Наукові праці НУХТ 2018. Том 24, № 5. – С. 44-60.
6. Мельничук М.Д., Ліханов А.Ф., Коваленко Т.М., Клюваденко А.А. Вторинні метаболіти та їх роль у системах адаптації і захисту рослин. Монографія. Вінниця: ВНАУ. Видавець ТОВ «Друк» 2022. 192 с.
7. Технологія лікарських препаратів промислового виробництва. Навчальний посібник. Видання друге / За ред. Д.І. Дмитрієвського. – Вінниця: НОВА КНИГА, 2008. – 280 с.

8. Фармакогнозія: підручник (I—III р. а.) / І.А. Бобкова, Л.В. Варлахова. – 3-є видання /Всеукраїнське спеціалізоване видавництво «Медицина». – К. – 2018. –504 с.

9. Фізіолого-біохімічні аспекти адаптації сільськогосподарських рослин до комплексної дії абіотичних факторів середовища: монографія / О.М. Вінниченко, В. С. Більчук, І. О. Філонік та ін. Дніпропетр. національний університет ім. О. Гончара, НДІ біології. Д.: Нова ідеологія, 2011. 224 с

10. Adebayo-Tayo BC, Ogundele BR, Ajani OA, Olaniyi OA. Characterization of Lactic Acid Bacterium Exopolysaccharide, Biological, and Nutritional Evaluation of Probiotic Formulated Fermented Coconut Beverage. Int J Food Sci. 2024 Sep 2;2024:8923217.

11. Dias-Souza MV, Haq IU, Pagnin S, Veiga AA, Dos Santos VL. Liposome-encapsulated antibiotics and biosurfactants: an effective strategy to boost biofilm eradication in cooling towers. Microb Cell Fact. 2025 Jun 18;24(1):135.

12. In vitro Production of Plants Secondary Metabolites: A Review. 2023. https://www.researchgate.net/publication/379375000_In_vitro_Production_of_Plants_Secondary_Metabolites_A_Review

13. Isah, T.; Umar, S.; Mujib, A.; Sharma, M.P.; Rajasekharan, P.E.; Zafar, N.; Frukh, A. Secondary Metabolism of Pharmaceuticals in the Plant in Vitro Cultures: Strategies, Approaches, and Limitations to Achieving Higher Yield. Plant Cell Tissue Organ Cult. (PCTOC) 2018, 132, 239–265.

14. Liang TW, Wu CC, Cheng WT, Chen YC, Wang CL, Wang IL, Wang SL. Exopolysaccharides and antimicrobial biosurfactants produced by Paenibacillus macerans TKU029. Appl Biochem Biotechnol. 2014 Jan;172(2):933-50.

15. Matsuura, H.N., Malik, S., de Costa, F. et al. Specialized Plant Metabolism Characteristics and Impact on Target Molecule Biotechnological Production. Mol Biotechnol 60, 169–183 (2018). https://doi.org/10.1007/s12033-017-0056-1

16. Raj, S., Saudagar, P. (2019). Plant Cell Culture as Alternatives to Produce Secondary Metabolites. In: Akhtar, M., Swamy, M. (eds) Natural Bio-active Compounds. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-7438-8_11

17. Rini Vijayan, K.P., Raghu, A.V. (2020). Methods for Enhanced Production of Metabolites Under In Vitro Conditions. In: Sukumaran, S.T., Sugathan, S., Abdulhameed, S. (eds) Plant Metabolites: Methods, Applications and Prospects. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-5136-9_6

18. Shruti, Bharadvaja, N. Biotechnology based strategies for secondary metabolites enhancement: a review. Vegetos 37, 1211–1220 (2024).

19. Synthesis of secondary metabolites in vitro / V. Naumenko, B. Sorochynskyi, Ya. Blume. PH “Akademperiodyka”. 2015.

20. Taruni Bajaj, Hina Alim, Ahmad Ali, Nimisha Patel, Synthesis of plant secondary metabolites under the influence of elicitors, application in stress management and in vitro techniques to enhance their production, Physiological and Molecular Plant Pathology, Volume 140, 2025

21. Thakur B, Kaur S, Dwibedi V, Albadrani GM, Al-Ghadi MQ, Abdel-Daim MM. Unveiling the antimicrobial and antibiofilm potential of biosurfactant produced by newly isolated *Lactiplantibacillus plantarum* strain 1625. Front Microbiol. 2024 Sep 10;15:1459388.

22. Wawrosch C, Zotchev SB. Production of bioactive plant secondary metabolites through in vitro technologies-status and outlook. Appl Microbiol Biotechnol. 2021 Sep;105(18):6649-6668

23. Zhang, Q.-W.; Lin, L.-G.; Ye, W.-C. Techniques for Extraction and Isolation of Natural Products: A Comprehensive Review. Chin. Med. 2018, 13, 20.

Політика академічної доброчесності

Дотримання політики щодо академічної доброчесності учасниками освітнього процесу при вивченні освітнього компонента регламентовано чинними документами ЧНУ:

- «Кодекс академічної доброчесності та етики Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича» https://www.chnu.edu.ua/universytet/normatyvni-dokumenty/kodeks-akademichnoi-dobrochesnosti-ta-etyky-chernivetskoho-natsionalnoho-universytetu-imeni-yuriia-fedkovycha/
- «Положенням про виявлення та запобігання академічного плагіату у Чернівецькому національному університеті імені Юрія Федьковича» https://www.chnu.edu.ua/universytet/normatyvni-dokumenty/polozhennia-pro-vyiavlennia-ta-zapobihannia-akademichnomu-plahiatu-u-chernivetskomu-natsionalnomu-universyteti-imeni-yuriia-fedkovycha/
- «Політика використання штучного інтелекту в Чернівецькому національному університету імені Юрія Федьковича» https://www.chnu.edu.ua/universytet/normatyvni-dokumenty/polityka-vykorystannia-shtuchnoho-intelektu-v-chernivetskomu-natsionalnomu-universyteti-imeni-yuriia-fedkovycha-zi-zminamy-zatverdzhenymy-vchenoiu-radoiu-chnu-imeni-yuriia-fedkovycha/

Використання здобувачами освіти інструментів штучного інтелекту (ШІ) під час виконання навчальних завдань:

- *допускається за умови* дотримання принципів академічної доброчесності (здобувач освіти несе відповідальність за зміст, достовірність і результати поданої роботи, а у разі використання ШІ зобов'язаний зазначити факт і спосіб його застосування);
- *не допускається* використання ШІ як заміни самостійного виконання завдань або з метою порушення вимог академічної доброчесності;
- *додаткові обмеження чи вимоги* щодо використання ШІ *можуть визначатися* викладачем в освітньому процесі для конкретних видів навчальної діяльності відповідно до особливостей дисципліни.