

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

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**
Директор ННІБХБ
Руслан Беспалько
Руслан БЕСПАЛЬКО
« 9 » _____ 2024 року

РОБОЧА ПРОГРАМА
навчальної дисципліни

Інженерна ензимологія
(назва навчальної дисципліни)
Вибіркова

Освітньо-професійна програма
Спеціальність
Галузь знань
Рівень вищої освіти

Біотехнології та біоінженерія
162 – Біотехнології та біоінженерія
16 – Хімічна інженерія та біоінженерія
перший (бакалаврський)

Мова навчання

українська

Чернівці 2024 рік

Робоча програма навчальної дисципліни «**Інженерна ензимологія**» складена відповідно до освітньо-професійної програми «Біотехнології та біоінженерія» спеціальності 162 Біотехнології та біоінженерія, галузь знань 16 Хімічна інженерія та біоінженерія, затвердженої Вченою радою Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича (протокол №4, від 24.04.2023)

Розробник:

к.б.н., доцент кафедри біохімії та біотехнології Худа Лідія Вікторівна

Викладач:

к.б.н., доцент кафедри біохімії та біотехнології Худа Лідія Вікторівна

Затверджено на засіданні кафедри біохімії та біотехнології
Протокол № 1 від 9 серпня 2024 року

Завідувач кафедри



(підпис)

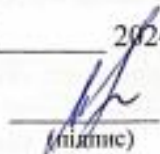
Галина КОПИЛЬЧУК

(прізвище та ініціали)

Схвалено методичною радою навчально-наукового інституту біології, хімії та біоресурсів

Протокол № 1 від "9" _____ серпня _____ 2024 року

Голова методичної ради ННІБХБ



(підпис)

Галина МОСКАЛИК

(прізвище та ініціали)

1. Мета навчальної дисципліни

Ефективні біотехнологічні процеси на основі ензиматичного каталізу активно використовуються в різних сферах виробництва: харчовій, текстильній, целюлозно-паперовій, хімічній промисловості, енергетиці, медицині, біоелектрокаталізі, мікроелектроніці. Можливість здійснювати свою каталітичну функцію поза клітиною й організмом, висока специфічність ензиматичного каталізу й унікальна здатність прискорювати реакції в сотні разів в умовах нормального тиску і фізіологічних температур дозволяють отримувати високі виходи продуктів і створювати практично безвідходні біотехнологічні процеси, що не забруднюють довкілля.

Інженерна ензимологія – це напрям біотехнології, спрямований на розробку біотехнологічних процесів, в яких використовуються каталітичні функції ензимів та ензимних систем для одержання відповідних нових або покращених цільових продуктів. З огляду на практичні потреби одержання певних продуктів передбачені властивості — це визначений термін служби каталізатора за певних умов (температури, рН, іонної сили розчину), його селективність (специфічність) дії, активність, імуногенність, токсичність і т.д.

Дисципліна «Інженерна ензимологія» покликана сформувати у студентів знання та практичні навички роботи з ензимами та ензимними препаратами, розуміння технологій конструювання біоорганічних каталізаторів із заданими властивостями на основі ензимів або їх комплексів.

Метою дисципліни «Інженерна ензимологія» є оволодіння студентом сучасними знаннями про можливості конструювання біоорганічних каталізаторів з заданими властивостями на основі ензимів або поліензимних комплексів та їх застосування в біотехнологічних виробництвах та медицині.

Завданням вивчення дисципліни є засвоєння студентом сучасних уявлень про властивості ензимів, принципи виготовлення та застосування ензимних препаратів, прикладне використання іммобілізованих ензимів та ензимних систем.

Пререквізити: Ефективне засвоєння основних положень інженерної ензимології ґрунтується на знаннях, отриманих студентами з дисциплін «Біологія клітини», «Загальна біохімія», «Метаболічна біохімія», «Загальна біотехнологія», «Біофізика».

2. Результати навчання

Відповідно до ОПШ вивчення дисципліни «Інженерна ензимологія» забезпечує отримання наступних фахових компетентностей та програмних результатів навчання:

ФК 13. Здатність працювати з біологічними агентами, використовуваними у біотехнологічних процесах (мікроорганізми, гриби, рослини, тварини, віруси, окремі їхні компоненти).

ФК 14. Здатність здійснювати експериментальні дослідження з вдосконалення біологічних агентів, у тому числі викликати зміни у структурі спадкового апарату та функціональній активності біологічних агентів.

ФК 15. Здатність проводити аналіз сировини, матеріалів, напівпродуктів, цільових продуктів біотехнологічного виробництва.

ФК 27. Здатність використовувати біотехнологічні підходи при проведенні робіт з корекції функціональних кормових та харчових субстратів.

ПР 06. Вміти визначати та аналізувати основні фізико-хімічні властивості органічних сполук, що входять до складу біологічних агентів (білки, нуклеїнові кислоти, вуглеводи, ліпіди).

ПР 27. Вміти проводити роботи щодо отримання та корекції складу функціональних кормових та харчових субстратів.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:
знати: .

- методи фізичної та хімічної іммобілізації ензимів;
- носії для іммобілізації ензимів;
- кінетико-динамічні закономірності каталізу іммобілізованими ензимами;
- промислові процеси, в яких використовуються іммобілізовані ензими;
- особливості застосування іммобілізованих ензимів, ензимних препаратів, ензимних біосенсорів у біотехнологічних виробництвах та медицині.

вміти:

- на основі одержаних теоретичних знань та практичних навичок підбирати носії для іммобілізованих ензимів,
- здійснювати процес фізичної іммобілізації ензимів на носіях;
- застосовувати методи розрахунку кінетичних характеристик ензиматичних реакцій,
- визначати активність ензимів,
- підбирати відповідні ензимні препарати для конкретних потреб виробництва.

3. Опис навчальної дисципліни

3.1. Загальна інформація

Форма навчання	Рік підготовки	Семестр	Кількість			Кількість годин						Вид підсумкового контролю
			кредитів	годин	змістових модулів	лекції	практичні	семінарські	лабораторні	самостійна робота	індивідуальні завдання	
Денна	4	8	3	90	2	16	17			57		залік

3.2. Структура змісту навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	усього	у тому числі			
		л	п	лаб	інд
Теми лекційних занять	Змістовий модуль 1. Структурно-функціональна організація іммобілізованих ензимів та методи їх іммобілізації				
Тема 1. Структурно-функціональні особливості іммобілізованих ензимів.	10	2			8
Тема 2. Механізм дії та регуляція активності ензимів. Ензими в екстремальних умовах	10	2	2		6
Тема 3. Методологічні принципи інженерної ензимології. Номенклатура ензимів. Оцінка ефективності біокаталізу	15	2	4		9
Тема 4. Методи іммобілізації ензимів.	10	2	2		6
Разом за змістовим модулем 1	45	8	8		29

Теми лекційних занять	Змістовий модуль 2. Застосування іммобілізованих ензимів у біотехнологічному виробництві					
.Тема 5. Ензимні препарати. Технології створення та особливості застосування	10	2	2			6
Тема 6. Застосування іммобілізованих ензимів та ензимних препаратів у промисловій біотехнології	25	4	4			17
Тема 7 Ензими та білки як фармацевтичні препарати та аналітичні реагенти. Ензимні біосенсиори	10	2	3			7
Разом за змістовим модулем 2	45	8	9			28
Усього	90	16	17			57

3.3. Тематика семінарських занять

Семінарські заняття навчальним планом не передбачені.

3.4. Тематика практичних занять

1.	Регуляторні фактори синтезу та активності ензимів. Індуцибельні та конститутивні ензими. Неспецифічні та специфічні фактори впливу на каталітичну активність ензимів.	2 год
2.	Методи вираження активності ензимів. Визначення амілолітичної активності.	2 год
3.	Оцінка ефективності біокаталізу. Кінетичні параметри ензиматичних реакцій. Розв'язок задач.	2 год
4.	Адсорбційна іммобілізація ензимів. Дослідження ефективності іммобілізації ферментного препарату Протосубтилін на базальтових туфах.	2 год
5.	Джерела ензимів. Методи виділення і очистки ферментних препаратів	2 год.
6.	Мультикомпонентні ензимні препарати в бродильних виробництвах.	2 год
7.	Ензимні препарати у кормовиробництві та сільському господарстві	2 год
8.	Ензимна терапія та ензимна діагностика. Ензимні біосенсиори в медицині.	3 год

3.5. Тематика лабораторних занять

Лабораторні заняття навчальним планом не передбачені.

3.6. Індивідуальні завдання, передбачені робочим навчальним планом

Індивідуальні завдання навчальним планом не передбачені

3.7. Самостійна робота студента

№	Назва теми	Кількість годин
1	Кофактори та їх роль у функціонуванні іммобілізованих ензимів. Іони металів як кофактори. Органічні кофактори.	4
2	Методи іммобілізації клітин мікроорганізмів.	4
3	Кінетика каталізу алостеричними ензимами.	2
4.	Окиснювальні модифікації ензимів.	2
5	Регуляція активності ензимів шляхом убіквітин-опосередкованої протеасомної деградації протеїнів.	2
6.	Тривіальна номенклатура оксидоредуктаз.	2
7	Бази даних по ензимах.	4
8	Молекулярний дизайн біокаталізаторів	3
9	Стабільність іммобілізованих ферментів та регенерація компонентів систем з іммобілізованими ферментами.	3
10	Способи підвищення стабільності іммобілізованих ферментів	3
11	Гідролази травних секретів . Ферментні препарати на їх основі	4
	Целюлолітичні ензимні препарати.	2
12	Ферменти, що деградують лігнін	2
13	Геміцелюлазні ензимні препарати	2
14	Іммобілізовані ензими в модифікації антибіотиків (на прикладі пеніцилінамідази)	3
15	Підготовка проектною доповіді щодо застосування іммобілізованих ензимів у промисловій біотехнології	10
16	Ензимні препарати некролітичної дії.	2
17	Ензимопатії.	3
18	Системна ензимотерапія.	2

4. Освітні технології, методи навчання і викладання навчальної дисципліни

У процесі вивчення навчальної дисципліни використовуються такі освітні технології: інформаційно-комунікаційні, технології студентоцентрованого навчання; традиційні та інтерактивні форми і методи навчання, серед яких: лекція, пояснення, інструктаж, демонстрація, розв'язок розрахункових та ситуаційних задач, відпрацювання практичних навичок, робота у групах.

5. Критерії та засоби оцінювання результатів навчання з навчальної дисципліни

Оцінювання програмних результатів навчання здобувачів освіти здійснюється за шкалою європейської кредитно-трансферної системи (ECTS). Критерієм успішного оцінювання є досягнення здобувачем вищої освіти мінімальних порогових рівнів (балів) за кожним запланованим результатом навчання.

Оцінка знань студентів здійснюється за 100-бальною системою, яка переводиться у національну шкалу («відмінно», «добре», «задовільно», «незадовільно») та шкалу ЄКТС (A, B, C, D, E, FX, F). Контроль знань студентів протягом семестру здійснюється за 250-бальною шкалою, яка переводиться у 100-бальну систему через коефіцієнт 2,5. За поточну роботу протягом семестру студент отримує максимально 150 балів (60%), підсумкове тестування – 100 балів (40%).

Поточний контроль включає оцінки за роботу на практичних заняттях, самостійну роботу, тестування, модульні контрольні роботи, виконані індивідуальні проекти.

Кількість балів за вказані види роботи, а також при оцінюванні самостійної роботи визначається своєчасністю виконання навчальних завдань; повнотою та якістю їх виконання; самостійністю і оригінальністю виконання.

Критерії оцінювання усної (письмової) відповіді:

За усну відповідь на занятті студент може максимально отримати 5 балів.

Відповідь чітка, аргументована, з додатковою інформацією. Студент відмінно орієнтується у питанні, висловлює власне бачення проблеми – 5 б.

Відповідь правильна, стосується основних відомих наукових фактів, однак лише репродуктивного характеру – 4 б.

Відповідь загалом правильна, трапляються незначні помилки – 3 б.

Відповідь неповна, трапляються значні помилки – 2 б.

У відповіді наведені поодинокі факти, пояснень яких студент надати не може – 1б.

Відповідь відсутня – 0 б.

Критерії оцінювання задач (розрахункових завдань):

5 балів – задача розв'язана правильно, наведено детальне пояснення, дана вичерпна відповідь;

4 - балів - завдання розв'язане правильно, дано повні відповіді на всі поставлені питання, але пояснення неповне, присутні окремі незначні помилки

3 -бали – завдання виконане неповністю, не на всі поставлені питання дано правильні відповіді, пояснення ходу вирішення фрагментарне, присутні суттєві помилки;

2 бали – завдання виконане частково, пояснення ходу вирішення фрагментарне, присутні суттєві помилки;

1 бал – завдання практично не виконане, відсутні пояснення;

0 балів – відповідь відсутня взагалі.

Критерії оцінювання тестування:

На поточному комп'ютерному тестуванні студент отримує по 10 різнорівневих завдань (з однією правильною відповіддю, з кількома правильними відповідями. завдання на відповідність, тощо). Максимальну кількість балів за кожне завдання (0,5) студент отримує в разі, якщо всі вказані відповіді правильні.

Критерії оцінювання проектної презентаційної доповіді:

Оцінювання здійснюється в системі Moodle режимі «Семинар». Усі учасники заняття за відповідними попередньо обґрунтованими аспектами оцінюють роботи доповідачів та вносять бали у систему.

Аспект 1 - Наскільки повно, на Вашу думку, у доповіді розкрито основні питання, що стосуються обраної теми? (2 бали)

Аспект 2 – Наскільки обґрунтованими та підтвердженими відповідними публікаціями є твердження. що висвітлені в доповіді? (2 бали)

Аспект 3 - Наскільки якісними є презентаційні матеріали, що супроводжували доповідь? (2 бали)

Аспект 4 - Наскільки вичерпними були відповіді на поставлені питання? (2 бали)

Аспект 5 - Наскільки активною була участь в обговоренні інших питань та науково-обґрунтованими коментарі до них? (2 бали)

Вираховується середньозважений бал від усіх учасників оцінювання.

Критерії оцінювання самостійної роботи

За результатами виконання самостійної роботи в межах кожної теми здійснюється тестування. Студент отримує 10 тестових завдань, максимальна кількість балів за кожне завдання 0,5 бала.

На підсумковому тестуванні студент вирішує 40 різнорівневих тестових завдань (по 2,5 бали за кожне правильно виконане завдання).

Перелік запитань для самооцінювання та контролю навчальних досягнень

- Окресліть основні завдання та перспективи інженерної ензимології.
- Охарактеризуйте поняття іммобілізовані ензими. Наведіть приклади використання іммобілізованих ферментів у різних галузях промисловості.
- Які переваги використання іммобілізованих ферментів порівняно з нативними Ви знаєте?
- Які структурні особливості ензимів як високомолекулярних сполук із різними рівнями організації забезпечують їх функціональну активність?
 - опишіть, як будова активного центру ензиму забезпечує його високу адсорбційну здатність і ефективне перетворення субстрату.
 - Чому підтримання нативної конформації ензиму відіграє важливе значення для прояву його каталітичної активності?
 - У чому проявляється так звана мікрогетерогенність активного центру?
 - Охарактеризуйте процеси денатурації-ренатурації протеїнів-ензимів.
 - Укажіть на особливості структури поліфункціональних ензимів.
 - опишіть, в чому, на Вашу думку, проявляються переваги процесу субстратного каналювання?
 - Охарактеризуйте множинні форми ензимів та шляхи їх застосування.
 - Проаналізуйте відмінності між гомо- та гетеромерними ензимами.
 - опишіть, у чому полягає біологічний сенс існування ензимів різних ступенів організації (від мономерних до складних ензимів).
 - Поясніть переваги об'єднання ензимів у мультиензимні комплекси.
 - Обґрунтуйте роль поліфункціональності хімічних механізмів каталізу для забезпечення ефективного перетворення ферментом субстрату.
 - Які органічні кофактори впливають на функціонування іммобілізованих ензимів?
 - Охарактеризуйте роль іонів металів у функціонуванні металоензимів та ензимів, що активуються металами.
 - Охарактеризуйте основні принципи збирання та функціонування метаболонів. Які метаболони Ви знаєте?
 - Поясніть основні причини зміни активності ензимів при відхиленні від оптимальних умов реакційного середовища.
 - Які шляхи регуляції функціонування ензимів Вам відомі ?
 - Охарактеризуйте фактори, що впливають на швидкість ферментативної реакції.
 - опишіть як змінюються властивості ензимів в екстремальних умовах.
 - Як змінюється температурний оптимум іммобілізованого ферменту?
 - Якими методами вимірюють термостабільність ферменту?
 - Які неспецифічні та специфічні фактори впливу на каталітичну активність ензимів Ви знаєте?
 - Проаналізуйте відмінності між конститутивними та індукцибельними ензимами.
 - На конкретних прикладах проаналізуйте особливості регуляції ензиматичної активності ковалентною модифікацією.
 - У чому полягає механізм регуляції метаболічних процесів за принципом зворотного зв'язку?

- Визначте основні особливості будови та функціонування алостеричних ензимів.
- Які методи вираження активності ензимів Вам відомі?
- Які вимоги висуваються до носіїв для іммобілізації ферментів?
- Які групи можна поділити носії, що використовують для іммобілізації ензимів?
- Наведіть характеристику різновидів фізичних методів іммобілізації.
- Охарактеризуйте основні підходи щодо хімічної іммобілізації ферментів?
- Які переваги та недоліки методів хімічної іммобілізації ферментів Ви знаєте ?
- Опишіть основні властивості органічних полімерних носіїв?
- Наведіть приклади неорганічних носіїв для іммобілізації ензимів. Які їх основні переваги та недоліки?
 - Охарактеризуйте природні полімерні носії. Які їх переваги та недоліки? можна зазначити?
 - Від яких факторів залежить ефективність адсорбційної іммобілізації ферментів?
 - Якими способами можна підвищити стабільність іммобілізованих ферментів?
 - За якими кінетичними параметрами ферментативної реакції вивчають властивості іммобілізованих ферментів?
 - Як впливає іммобілізація на стан ферменту?
 - За якими критеріями можна охарактеризувати каталітичні властивості іммобілізованих ензимів?
 - За рахунок яких функціональних груп можливе утворення ковалентних зв'язків у системі ензим-носій?
 - Чи можливе підвищення стійкості іммобілізованого ензиму за дії зовнішніх факторів?
 - У чому причина можливої втрати ензиматичної активності при іммобілізації?
 - Як відбувається іммобілізація клітин включенням у масу носія? Які носії при цьому використовують?
 - Як змінюються фізіологічні особливості іммобілізованих клітин порівняно з нативними?
 - Які джерела ензимів Вам відомі?
 - Опишіть методи виділення і очистки ферментних препаратів
 - Які методи дозволяють уникнути втрат ферменту під час іммобілізації? Опишіть апаратне оформлення технологічних процесів за участю іммобілізованих ферментів
 - В чому полягають технологічні особливості розділення рацемічних сумішей з використанням іммобілізованих ферментів?
 - Опишіть застосування іммобілізованих ферментів при отриманні аспарагінової і яблучної кислот?
 - У яких технологічних процесах використовують іммобілізовані клітини мікроорганізмів?
 - Охарактеризуйте ензимні препарати, що використовуються в технології гідролізу крохмалю.
 - Як одержують глюкозо-фруктозні сиропи за участю іммобілізованих ферментів?
 - Проаналізуйте роль ензимних препаратів у виробництві спирту.
 - Охарактеризуйте ензимні препарати, що використовуються в у пивоварінні.
 - Ензимні препарати у виробництві безлактозних молочних продуктів.
 - Охарактеризуйте ензимні препарати, що використовуються у виробництві сирів.
 - Проаналізуйте роль ензимних препаратів у виробництві у виробництві соків.
 - Проаналізуйте роль ензимних препаратів у виробництві у виробництві у виноробстві.
 - Охарактеризуйте ензимні препарати, що використовуються у м'ясо-переробній промисловості.

- Охарактеризуйте ензимні препарати, що використовуються у хлібопеченні та виробництві кондитерських виробів.
- Які ензимні препарати використовують у кормовиробництві?
- Проаналізуйте роль ензимних препаратів у виробництві синтетичних миючих засобів.
- Ензимні препарати у виробництві органічних кислот.
- Як ензимні препарати використовують для потреб сільського господарства?
- Опишіть целюлолітичні ензимні препарати та сфери їх використання
- Опишіть відомі Вам геміцелюлазні ензимні препарати. Ферменти, що деградують лігнін Охарактеризуйте іммобілізовані ензими в модифікації антибіотиків (на прикладі пеніцилінамідази)
- Опишіть особливості гідролаз травних секретів. Ферментні препарати на їх основі
- Охарактеризуйте основні напрямки застосування ензимів у медичній практиці.
- У чому суть ензимної терапії та ензимної діагностики.
- Поясніть різницю між первинними та вторинними ензимопатіями.
- Які фармакологічні препарати – інгібітори ензимів Вам відомі?
- Охарактеризуйте особливості будови та функціонування ензимних біосенсорів.
- Проаналізуйте можливості застосування ензимних біосенсорів як аналітичних реагентів в промисловому виробництві.
- Проаналізуйте можливості застосування ензимних біосенсорів в медицині.
- Проаналізуйте можливості застосування ензимних біосенсорів в оцінці параметрів навколишнього середовища.

5.2. Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Для переведення накопичених студентом балів у національну шкалу та шкалу ECTS використовують запроваджену в Чернівецькому національному університеті імені Юрія Федьковича систему:

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

5.3. Засоби оцінювання

Основними засобами оцінювання є:

- різнорівневі тестові завдання,
- розрахункові завдання,
- ситуативні задачі,
- завдання на лабораторному обладнанні.
- підготовка та представлення мультимедійної презентації

6. Форми поточного та підсумкового контролю

Формами поточного контролю є усна, письмова (в тому числі розрахункове завдання) відповідь студента, комп'ютерне тестування.

Формою підсумкового контролю є залік у вигляді підсумкового комп'ютерного тестування.

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/media/3aykf41y/polozhennia-pro-vzaiemodiiu-formalnoi-ta-neformalnoi-osvity.pdf>

ПОЛІТИКА ЩОДО АКАДЕМІЧНОЇ ДОБРОЧЕСНОСТІ

Дотримання політики щодо академічної доброчесності учасниками освітнього процесу при вивченні навчальної дисципліни регламентовано такими документами:

- «Етичний кодекс Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича» https://www.chnu.edu.ua/media/jxdfs0zb/etychnyi-kodeks-chernivets_koho-natsionalnoho-universytetu.pdf ;
- «Положенням про виявлення та запобігання академічного плагіату у Чернівецькому національному університету імені Юрія Федьковича» https://www.chnu.edu.ua/media/n5nbzwgb/polozhennia-chnu-pro-plahi_at-2023plusdotatky-31102023.pdf .

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/media/3aykf41y/polozhennia-pro-vzaiemodiiu-formalnoi-ta-neformalnoi-osvity.pdf>

7. Рекомендована література

1. Біохімія ензимів / М.М. Марченко, Л.В. Худа, М.М. Великий, Л.І. Остапченко. – Чернівці: Чернівецький національний університет, 2012. – 416 с.
2. 3. Галкін Б.М., Іваниця В.О., Галкін М.Б. Інженерна ензимологія. – Одеса: ОНУ.- 2017. – 103 с.
3. Пирог Т., Антонюк М., Скроцька О., Кігель Н. Харчова біотехнологія. – Ліра-К, 2016. – 408 с.
4. Імобілізовані ферменти і клітини в біотехнології [Текст] : навч. посіб. / Н.М. Грегірчак, М. М. Антонюк, Л. М. Буценко ; Нац. ун-т харч. технологій.— Київ : НУХТ, 2015. — 267 с

5. Основи біохімії за Ленінджером : [навч. посіб.] / Дейвід Л. Нельсон, Майкл М. Кокс; [пер. з англ.: О. Матишевська та ін.]. - Львів : БаК, 2015. - 1256 с.
6. Л. В. Капрельянец Теоретичні основи біотехнології Навчальний посібник для студ. Спец.162 «Біотехнологія та біоінженерія», Харків, ФАКТ, 2020. 291с.
7. Carla Luzia Borges Reis, Emerson Yvay Almeida de Sousa, Juliana de França Serpa, Ravena Casemiro Oliveira Design of immobilized enzyme biocatalysts: drawbacks and opportunities// Quím. Nova Aug. 2019, vol.42 no.7.
8. Chen K, Arnold FH. 2020. Engineering new catalytic activities in enzymes. Nat Catal. 3(3):203–213. doi: 10.1038/s41929-019-0385-5.
9. Ahmed M. M. Application of an enzymatic bacte from local materials / M. M. Ahmed, G. A. Gasmelseed // Environmental Chemistry Letters. – 2020. – P. 747–769
10. Carla Luzia Borges Reis, Emerson Yvay Almeida de Sousa, Juliana de França Serpa, Ravena Casemiro Oliveira Design of immobilized enzyme biocatalysts: drawbacks and opportunities// Quím. Nova Aug. 2019, vol.42 no.7

8. Інформаційні ресурси

1. Enzyme nomenclature database - <https://www.brenda-enzymes.org/>
<https://enzyme.expasy.org/>
<http://enzyme-database.org/>
<https://www.genome.jp/kegg/annotation/enzyme.html>
2. http://library.chnu.edu.ua/?page=ua/02infres/02cat_int_res/biol_med
3. Enzyme immobilization - <https://www.easybiologyclass.com/enzyme-cell-immobilization-techniques>
<https://spirt.enzim.biz/#contact> – ферментні препарати для спиртової промисловості
<https://enzim.ua/index.php> - сайт підприємства «Ензим» з виготовлення препаратів мікробіологічного синтезу
<https://www.novozymes.com/en> - сайт «Novozymes»

Додатково Розподіл балів, які отримують студенти

Змістовий модуль 1				Змістовий модуль 2			Підсумковий тест	Сума
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7		
10	10	10	10	15	20+ 10 (проектна доповідь)	15	100	250
МК 25 б Разом 65 б.				МК 25 б. Разом 85 б.				

Коефіцієнт перерахунку – 2,5.

T1, T2 ... T7 – теми змістових модулів.