

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування

Навчально-науковий інститут будівництва та архітектури
Кафедра водопостачання, водовідведення та бурової справи

03-06-155M

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять та самостійної роботи
з навчальної дисципліни «**Загальна біотехнологія**»
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
за освітньо-професійною програмою
«Біотехнології, біоробототехніка та біоенергетика»
спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія»
денної форми навчання

Рекомендовано
науково-методичною радою
з якості ННІБА
Протокол №4 від 21.01.2025 р.

Рівне – 2025

Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з навчальної дисципліни «Загальна біотехнологія» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Біотехнології, біоробототехніка та біоенергетика» спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» денної форми навчання [Електронне видання] / Грицина О. О., Бедункова О. О. – Рівне : НУВГП, 2025. – 35 с.

Укладачі: Грицина О. О., к.т.н., доцент кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи.

Бедункова О. О., д.б.н., професор кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи.

Відповідальний за випуск: Мартинов С. Ю., д.т.н., професор, завідувач кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи.

Керівник групи забезпечення спеціальності

162 «Біотехнології та біоінженерія»

Грицина О. О.

© О. О. Грицина,
О. О. Бедункова, 2025
© НУВГП, 2025

З М І С Т

Вступ.....	4
Практичне заняття №1. Аналіз продуктів біотехнології та їх властивостей.	4
Практичне заняття №2. Обґрунтування вибору технології.....	5
Практичне заняття №3. Характеристика біологічного агента.....	5
Практичне заняття №4. Характеристика сировини, матеріалів та напівфабрикатів.	6
Практичне заняття №5. Опис технологічного процесу.	7
Практичне заняття №6. Вибір та обґрунтування обладнання.	8
Практичне заняття №7. Біохімічний аналіз ферментаційних процесів.	8
Практичне заняття №8: Матеріальний баланс у біотехнологічних виробництвах.	9
Практичне заняття №9: Проектування технологічної схеми біотехнологічного виробництва.	10
Практичне заняття №10. Оцінка екологічних та безпекових аспектів біотехнологічних процесів.....	12
Завдання та вихідні дані до практичних вправ.....	12
Приклад звіту виконаних практичних робіт.	20
Рекомендована література	33

Вступ

Ці практичні заняття та самостійна робота покликані поглибити ваше розуміння процесів біотехнологічного виробництва, від характеристики продукту до екологічних міркувань. Кожне практичне заняття ґрунтується на попередньому, що дає вам повне уявлення про весь виробничий цикл.

Практичне заняття №1. Аналіз продуктів біотехнології та їх властивостей.

Мета заняття: сформувати ключові атрибути кінцевого біотехнологічного продукту, включаючи його ідентичність, призначення, властивості та нормативні вимоги.

Хід заняття.

Ідентифікація продукту:

- Запишіть назву продукту.
- Зазначте категорію та реєстраційний номер (за наявності).

Призначення та класифікація:

- Визначте основне призначення продукту.
- Класифікуйте категорію продукту (наприклад, лікарський, ветеринарний, харчова добавка).
- Опишіть фармакологічні властивості, якщо це доречно.

Фізичний та хімічний опис:

- Надайте короткий опис зовнішнього вигляду продукту.
- Детально опишіть фізичні та хімічні властивості.
- Для хімічних сполук вкажіть хімічну та структурну формули, молекулярну масу та вміст основної речовини.

Відповідність нормативним вимогам:

- Окресліть вимоги до пакування та маркування.
- Вкажіть рекомендації щодо транспортування, зберігання та терміну придатності.

Виробники та анотації:

- Перелічіть вітчизняних, європейських та світових виробників.
- Включіть комерційні назви та коротку анотацію для кожного з них.

Практичне заняття №2. Обґрунтування вибору технології.

Мета заняття: проаналізувати існуючі технології та обґрунтувати вибір технологічної схеми, біологічного агента та обладнання на основі декількох критеріїв.

Хід заняття.

Аналіз існуючих технологій:

- Ознайомтеся з відомими виробничими процесами і патентною літературою.
- Порівняйте біотехнологічні методи з хімічними (за наявності).

Критерії обґрунтування:

- Оцініть на основі наукової обґрунтованості, економічної доцільності, технічної здійсненності та екологічної безпеки.

Вибір біологічного агента:

- Проаналізуйте різні мікроорганізми та їхні переваги/недоліки.
- Виберіть біологічний агент з кращими характеристиками (наприклад швидший ріст).

Технологічна схема та обладнання:

- Обґрунтуйте кожен етап технологічного процесу.
- Виберіть відповідне обладнання та поясніть свій вибір.

Практичне заняття №3. Характеристика біологічного агента.

Мета заняття: детально охарактеризувати біологічний агент, що використовується у виробництві, зосередившись на таксономічному статусі та біологічних властивостях.

Хід заняття.

Таксономічна класифікація:

- Визначення фенотипового та філогенетичного статусу.

Характеристика культури:

- Опишіть ріст на щільних та рідких середовищах.
- Зверніть увагу на морфологію колоній: розмір, колір, форму, властивості поверхні.

Морфологічні особливості:

- Опишіть форму, розмір і будь-які унікальні структури клітин (наприклад, джгутики, капсули).

Фізіологічні та біохімічні властивості:

- Визначте джерела енергії, вуглецю та азоту.
- Обговоріть метаболічні шляхи та вироблення ферментів.

Екологічні та симбіотичні зв'язки:

- Дослідіть природне середовище існування збудника та його екологічну нішу.
- Опишіть будь-які симбіотичні зв'язки.

Практичне заняття №4. Характеристика сировини, матеріалів та напівфабрикатів.

Мета заняття: скласти та оцінити вимоги до якості всіх матеріалів, задіяних у виробництві.

Хід заняття.

Збір матеріалів:

- Складіть повний перелік сировини, матеріалів та напівфабрикатів.

Показники якості:

- Визначте нормативні показники для оцінки якості.

Категоризація:

- Група 1: Сировина, що безпосередньо входить до складу продукту або живильного середовища.
- Група 2: Допоміжна сировина (наприклад, вода, дезінфікуючі засоби).
- Група 3: Матеріали та компоненти (наприклад, фільтри, пакування).
- Група 4: Додаткові компоненти за потреби.

Документація:

- Використовуйте табличний формат для представлення інформації, подібний до таблиці 1.

Таблиця 1

Характеристика сировини, матеріалів та напівпродуктів

Найменування	Категорія і номер НТД, згідно якої перевіряються показники якості	Показники, що обов'язкові для перевірки та їх нормативне значення	Примітка
1. Основна сировина:			
1.1.			
1.2.			
2. Допоміжна сировина:			
2.1.			
2.2.			
3. Матеріали:			
4. Напівпродукти:			

Практичне заняття №5. Опис технологічного процесу.

Мета заняття: навчитися методично описувати кожен етап технологічного процесу, узгоджуючи операції з обладнанням.

Хід заняття.**Огляд процесу:**

- Опишіть процес до біосинтезу включно.
- Виключіть стадії виділення та очищення.

Детальні описи стадій:

- Присвойте номери і заголовки кожній стадії (наприклад, ДР 1, ДР 1.3).
- Опишіть вміст і умови: температура, тиск, рецептури.
- Для виробництв, у яких проходять хімічні перетворення, на початку кожної стадії наводять рівняння хімічних реакцій (основних та побічних), що мають місце на цій стадії, з наведенням молекулярних мас речовин, котрі вступають у реакцію і утворюються у них, втрач і ступеня перетворення кожного реагенту.

Обладнання:

- Вкажіть номери одиниць обладнання, що відповідають технологічній схемі.

Приклад структуривання:

- ДР 1: Санітарна обробка виробництва.
- ДР 1.3: Приготування миючих розчинів.
- ДР 1.3.1: Приготування дезінфікуючих розчинів.

Практичне заняття №6. Вибір та обґрунтування обладнання.

Мета заняття: вибрати відповідне обладнання для кожного етапу процесу та надати обґрунтування на основі ефективності та придатності.

Хід заняття:**Складання переліку обладнання:**

- Складіть список необхідного обладнання для всіх етапів.

Нумерація та кореляція:

- Присвойте елементам нумерацію відповідно до технологічної схеми.

Критерії відбору:

- Враховуйте ефективність, стандартизацію, технічну сумісність і вартість.

Обґрунтування:

- Надайте логічні причини для кожного вибору обладнання.
- Обговоріть альтернативи і чому вони не були обрані.

Плани на майбутнє:

- Запропонуйте потенційні модернізації або інновації.

Практичне заняття №7. Біохімічний аналіз ферментаційних процесів.

Мета заняття: детально розглянути хімічні реакції, що відбуваються на стадіях виробництва, підкреслюючи їхній вплив на процес.

Хід заняття.

Ідентифікація реакцій:

- Визначте етапи, на яких відбуваються хімічні перетворення.

Складання рівнянь:

- Напишіть збалансовані рівняння для основних і побічних реакцій.
- Вкажіть молекулярні маси та дані про реагенти/продукти.

Аналіз перетворення і виходу:

- Розрахуйте втрати і ступінь перетворення.

Обговоріть ефективність і можливості оптимізації.

Вплив на процес:

- Оцініть, як реакції впливають на подальші процеси.
- Розгляньте наслідки для матеріального балансу і вибору обладнання.

Практичне заняття №8: Матеріальний баланс у біотехнологічних виробництвах.

Мета заняття: розрахувати матеріальний баланс для етапів виробництва до виходу культуральної рідини після біосинтезу.

Хід заняття.

Розуміння матеріального балансу:

- Усвідомлення важливості порівняння балансу входів і виходів.

Збір даних:

- Використовуйте надані дані: склад живильного середовища, об'єм партії, вихід продукту.

Підготовка балансу:

- Складіть таблицю матеріального балансу (подібно до таблиці 2), в якій наведіть інформацію про види та кількість використаної сировини, матеріалів та напівпродуктів (графа "Використано") та отриманих продуктів (графа "Отримано")
- Переконайтеся, що загальна кількість використаних матеріалів дорівнює загальній кількості отриманих.

Розрахунки:

- Врахуйте втрати, відходи та коефіцієнти конверсії.

- Звірте розрахунки зі стехіометричними даними або наданими нормативами (за наявності).
- У рядку таблиці “Всього” підсумовується загальна кількість використаних та отриманих речовин, а їх кількість у позиціях «Використано» і «Отримано» повинна бути однаковою.
- Розрахунок балансу зводиться до врахування всіх речовин, що використовуються та отримуються при виробництві або на певній стадії (враховуючи втрати та відходи), а отже загальна кількість використаних речовин повинна відповідати загальній кількості отриманих. Для матеріального балансу застосовують наступні дані: склад поживного середовища; обсяг серії; активність або концентрація кінцевого продукту; вихід кінцевого продукту; вихід кінцевого продукту з одиниці культуральної рідини; об’єм геометричний та корисний хімічних реакторів або ферментаторів.
- Підставою для розрахунку втрат сировини та напівпродукту є регламент, технічні умови, лабораторний регламент або стехіометричні реакції біосинтезу.

Таблиця 2

Матеріальний баланс виробничої серії

Використано				Отримано					
Стадія	Назва сировини, матеріалів та напівпродуктів	Кількість			Стадія	Назва сировини, матеріалів та напівпродуктів	Кількість		
		кг	шт	л			кг	шт	л
Всього:					Всього:				

Практичне заняття №9: Проектування технологічної схеми біотехнологічного виробництва.

Мета заняття: розробити комплексну технологічну схему, що відображає етапи та обладнання, задіяні аж до біосинтезу.

Хід заняття.

Розуміння блок-схем:

- Вивчіть символи та умовні позначення, що

використовуються на технологічних схемах.

Складання блок-схеми:

- Нанесіть на схему кожен етап з відповідним обладнанням.
- Включіть допоміжні процеси.

Специфікації проектування:

- Підготуйте схему у вигляді креслення формату А3.
- Забезпечте чіткість і точність представлення процесу.
- Технологічна схема повинна наочно у вигляді блок-схеми з назвою операції або стадії з переліком технологічних параметрів в них (рис. 1), відобразити послідовність виконання робіт виробництва з поділом їх на стадії та підстадії технологічного процесу, графічним позначенням основних матеріальних потоків (сировини, допоміжних матеріалів, отримання проміжних продуктів) та місць утворення відходів, стічних вод, викидів газів у атмосферу.
- На технологічній схемі обов'язково наводяться точки контролю та основні параметри проведення процесів (t, P, τ тощо): - Кт - контроль технологічний; - Км – контроль мікробіологічний; - Кх - контроль хімічний. Технологічна операція (підстадія) зображується окремо з зазначенням приналежності до певної стадії.
- Кожна стадія і операція повинні характеризуватись назвою та визначальним індексом, який складається з умовного позначення та порядковою номера. Нумерація стадій наскрізна і здійснюється відповідно до порядку їх виконання по ходу технологічного процесу, починаючи з приймання і підготовки сировини і закінчуючи відвантаженням готової продукції. Наприклад: стадія ДР3, операція (підстадія) ДР 3.1, ДР 3.2, ...ДР 3.10.

Перегляньте і відкоригуйте:

- Зробіть перехресні посилання на попередні вправи, щоб забезпечити послідовність.
- Врахуйте зворотній зв'язок для покращення.

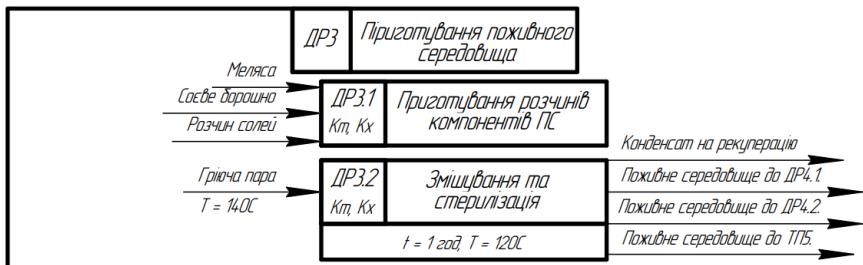


Рис. 1. Графічне подання стадії технологічного процесу на схемі.

Практичне заняття №10. Оцінка екологічних та безпекових аспектів біотехнологічних процесів.

Мета заняття: визначити вплив на навколишнє середовище та загрози безпеці, запропонувати заходи для зменшення ризиків.

Хід заняття.

Оцінка впливу на довкілля:

- Проаналізуйте потенційні викиди, відходи та використання ресурсів.

Стратегії управління відходами:

- Запропонуйте методи зменшення, переробки та утилізації відходів.

Ідентифікація загроз безпеці:

- Визначення ризиків, пов'язаних з матеріалами, процесами та обладнанням.

Заходи щодо зменшення ризиків:

- Розробка протоколів безпеки та планів реагування на надзвичайні ситуації.

Відповідність нормативним вимогам:

- Забезпечити відповідність екологічному законодавству та правилам безпеки.

Завдання та вихідні дані до практичних вправ

Нижче наведено 10 завдань з відповідними вихідними даними для практичних вправ. Кожен студент може вибрати одне завдання (відповідно до свого номера в групі) і використати надану інформацію для виконання практичних завдань 1-10, як зазначено в методичних вказівках. Студент також може обрати власне завдання

узгодивши його із викладачем.

Завдання 1.

Назва продукту: Пробіотична добавка LactoHeal.

Вхідні дані:

Категорія товару: Лікарський засіб (пробіотична добавка).

Фармакологічні властивості: Покращує баланс мікробіоти кишечника; покращує травлення та засвоєння поживних речовин.

Виробник мікроорганізмів: *Lactobacillus acidophilus* штам LA-14.

Об'єм партії: 500 літрів.

Склад живильного середовища:

- Глюкоза: 20 г/л.
- Пептон: 10 г/л.
- Дріжджовий екстракт: 5 г/л.
- Вітаміни: Вітаміни групи В по 1 мг/л.

Очікувана кількість КУО (колонієутворюючих одиниць): 1×10^9 КУО на грам.

Час ферментації: 24 години при 37°C; анаеробні умови.

Вихід кінцевого продукту: 95%.

Устаткування:

- Ємність ферментатора: 600 літрів.
- Система контролю рН: підтримує рН на рівні 6,5.
- Стерилізаційне обладнання: автоклав для середовищ та обладнання.

Нормативні вимоги:

- Упаковка: Блістерні упаковки по 10 капсул.
- Маркування: Відповідно до вимог законодавства про лікарські засоби.
- Термін придатності: 2 роки при охолодженій температурі (4°C).
- Зберігання: Зберігати подалі від прямих сонячних променів; зберігати в прохолодному, сухому місці.

Завдання 2.

Назва продукту: Промисловий фермент «Біофермент».

Вхідні дані:

Категорія товару: Промисловий фермент (амілаза).

Застосування: Використовується в текстильній промисловості для зняття розмірів з тканин на основі крохмалю.

Мікроорганізм-виробник: Штам *Bacillus subtilis* BS-22.

Об'єм партії: 1 000 літрів.

Склад живильного середовища:

- Розчинний крохмаль: 15 г/л.
- Соєвий шрот: 10 г/л.
- Сульфат магнію: 0,5 г/л.
- Фосфат калію: 1 г/л.

Необхідна активність ферменту: 1,500 ОД/мл.

Умови ферментації:

- Температура: 30°C.
- рН: Підтримується на рівні 7,0 за допомогою контролера рН.
- Швидкість аерації: 1 vvm (об'єм повітря на об'єм рідини за хвилину).
- Час ферментації: 48 годин.
- Вихід кінцевого продукту: 90%.

Обладнання:

- Ферментатор з мішалкою об'ємом 1200 літрів.
- Фільтраційні установки для відділення клітин.
- Колони для ферментативного очищення.

Нормативні вимоги:

- Упаковка: Нерозфасований в 200-літрові бочки.
- Зберігання: Зберігати при температурі 4°C для збереження активності.
- Маркування: Дані про безпеку та інструкції з поводження відповідно до промислових стандартів.

Завдання 3

Назва продукту: Біодобриво AgroGrowth.

Вхідні дані:

Категорія товару: Біодобриво, що містить азотфіксуючі бактерії.

Виробник мікроорганізмів: *Azotobacter chroococcum* штам AC-5.

Об'єм партії: 2 000 літрів.

Склад живильного середовища:

- Манніт: 20 г/л.
- Фосфат калію: 1 г/л.
- Сульфат магнію: 0,5 г/л.
- Карбонат кальцію: 5 г/л.

Необхідна клітинна концентрація: 1×10^8 клітин/мл.

Час ферментації: 72 години при 28°C; аеробні умови.

Вихід кінцевого продукту: 85%.

Обладнання:

- Ферментатор з ерліфтом ємністю 2 500 літрів.
- Стерилізаційне обладнання: Система стерилізації паром на місці.
- Обладнання для збору врожаю: Центрифуга для концентрації клітин.

Нормативні вимоги:

- Упаковка: 1-літрові пляшки ПНД.
- Термін придатності: 6 місяців при кімнатній температурі.
- Зберігання: Уникати впливу екстремальних температур.
- Маркування: Інструкція із застосування для фермерів.

Завдання 4.

Назва продукту: Протигрибковий засіб MusoGuard.

Вхідні дані:

Категорія продукту: Ветеринарний препарат (протигрибковий антибіотик).

Діюча речовина: Гризеофульвін.

Мікроорганізм-продуцент: Штам *Penicillium griseofulvum* PG-13

Об'єм партії: 800 літрів.

Склад живильного середовища:

- Кукурудзяний крутий лікер: 10 мл/л
- Глюкоза: 25 г/л
- Мікроелементи: Мідь, Цинк по 0,1 мг/л

Концентрація гризеофульвіну: 500 мг/л.

Умови ферментації:

- Температура: 25°C.
- рН: Підтримується на рівні 6,5.

- Час ферментації: 120 годин.

Вихід кінцевого продукту: 88%.

Обладнання:

- Занурені ферментаційні резервуари ємністю 1 000 літрів.
- Система аерації: Спарджер з моніторингом розчиненого кисню.
- Екстракційні установки: Колони для екстракції розчинників.

Нормативні вимоги:

- Лікарська форма: Таблетки по 250 мг.
- Упаковка: Блістери по 10 таблеток у блістерах.
- Термін придатності: 3 роки при правильному зберіганні.
- Зберігання: Зберігати в сухому місці при температурі нижче 25°C.

Завдання 6.

Назва продукту: Біорозкладний миючий фермент EcoClean.

Вхідні дані:

Категорія продукту: Промисловий фермент (протеаза).

Застосування: Використовується в екологічно чистих пральних порошках.

Виробник мікроорганізму: *Bacillus licheniformis* штам BL-8.

Об'єм партії: 1 200 літрів.

Склад живильного середовища:

Казеїн: 10 г/л

- Хлорид натрію: 5 г/л
- Вітаміни: Біотин 0,01 мг/л

Необхідна активність ферментів: 1,800 Од/мл.

Умови ферментації:

- Температура: 37°C.
- рН: 7,5.
- Швидкість аерації: 0,8 об/хв.
- Час ферментації: 48 годин.

Вихід кінцевого продукту: 87%.

Устаткування:

- Ферментер об'ємом 1 500 літрів та система аерації.
- Ультрафільтраційні установки для концентрування

ферментів.

- Стерильне фільтраційне обладнання.

Нормативні вимоги:

- Упаковка: Рідка форма в 25-літрових контейнерах.
- Термін придатності: 18 місяців.
- Зберігання: Зберігати при температурі навколишнього середовища, уникати заморожування.
- Маркування: Символи біорозкладного продукту та інструкції з безпеки.

Завдання 7.

Назва продукту: Біофортифікатор заліза VitaFer.

Вхідні дані:

Категорія продукту: Харчова добавка (залізо-хелатуючий агент).

Активна речовина: Сидерофори, що виробляються бактеріями.

Мікроорганізм-продуцент: *Pseudomonas fluorescens* штам PF-1.

Об'єм партії: 500 літрів.

Склад живильного середовища:

- Глюкоза: 10 г/л.
- Сульфат амонію: 2 г/л.
- Мікроелементи: Без заліза.
- Концентрація сидерофора: 300 мг/л.
- Час ферментації: 36 годин при 29°C.

Вихід кінцевого продукту: 93%.

Устаткування:

- Біореактори об'ємом 600 літрів з контролем рН.
- Системи екстракції: Мембранні фільтраційні установки.
- Ліофілізатор для сушіння продукту.

Нормативні вимоги:

- Упаковка: Порошок у фольгованих пакетиках по 10 г.
- Термін придатності: 2 роки.
- Зберігання: Зберігати в прохолодному, сухому місці.
- Маркування: Інформація про поживну цінність та вказівки щодо застосування.

Завдання 8.

Назва продукту: Целюлазний комплекс CelluBreak.

Вхідні дані:

Категорія продукту: Промислова суміш ферментів.

Застосування: Розщеплення целюлози в біопаливній та паперовій промисловості.

Мікроорганізм-продуцент: *Trichoderma reesei* штам TR-2.

Об'єм партії: 2 500 літрів.

Склад живильного середовища:

- Порошок целюлози: 30 г/л.
- Лактоза: 5 г/л.
- Аміачна селітра: 2 г/л.

Необхідна активність ферменту: 2,500 Од/мл.

Умови ферментації:

- Температура: 28°C.
- рН: 5,0.
- Аерація: Достатня для підтримки розчиненого кисню на рівні 40%.
- Час ферментації: 96 годин.

Вихід кінцевого продукту: 89%.

Обладнання:

- Ферментатори ємністю 3 000 літрів.
- Системи перемішування: Робочі колеса для перемішування.
- Фільтраційні установки для вилучення ферментів.

Нормативні вимоги:

- Упаковка: Рідкий концентрат у 50-літрових бочках
- Термін придатності: 1 рік при зберіганні при 4°C
- Зберігання: Охолоджені умови
- Маркування: Рекомендації щодо промислового використання та заходи безпеки

Завдання 9.

Назва продукту: Інтерферонова добавка ImmunoBoost.

Вхідні дані:

Категорія продукції: Лікарський засіб (рекомбінантний інтерферон людини)..

Виробник мікроорганізму: Штам *E. coli*, сконструйований з геном людського інтерферону-альфа.

Об'єм партії: 600 літрів.

Склад живильного середовища:

- Бульйон LB: Триптон 10 г/л, дріжджовий екстракт 5 г/л, NaCl 10 г/л.
- Вибір антибіотиків: Ампіцилін 100 мг/л.
- Індуктор: ПТГ у концентрації 1 мМ.

Концентрація інтерферону: 1 мг/мл.

Час ферментації: 18 годин при 37°C.

Вихід кінцевого продукту: 80%.

Устаткування:

- Біореактори об'ємом 700 літрів з контролем розчиненого кисню
- Блоки подальшої обробки: Ізоляція тіла включення, реактори рефолдингу
- Очищення: Хроматографічні колонки (іонний обмін, афінність)

Нормативні вимоги:

- Лікарська форма: Флакони для ін'єкцій, що містять 1 млн міжнародних одиниць (МО)
- Упаковка: Стерильні скляні флакони з гумовими пробками
- Термін придатності: 2 роки в умовах холододового ланцюга
- Зберігання: 2-8°C в захищеному від світла місці
- Маркування: Інформація про лікарський засіб, що відпускається тільки за рецептом

Задача 10.

Назва продукту: Допоміжна речовина до вакцини BioShield.

Вхідні дані:

Категорія товару: Ветеринарний препарат (допоміжний засіб для вакцин).

Діюча речовина: Бета-глюкани, виділені зі стінок клітин дріжджів.

Мікроорганізм-продуцент: *Saccharomyces cerevisiae* штам SC-7.

Об'єм партії: 700 літрів.

Склад живильного середовища:

- Меляса: 30 г/л.
- Дріжджовий екстракт: 5 г/л.
- Мінеральні речовини: Сульфат магнію 0,5 г/л.
- Концентрація бета-глюкану: 5 г/л.

Умови ферментації:

- Температура: 30°C.
- рН: 4,5.
- Анаеробні умови підтримуються протягом всієї ферментації.
- Час ферментації: 72 години.

Вихід кінцевого продукту: 85%.

Обладнання:

- Ферментер об'ємом 800 літрів, обладнаний для анаеробного режиму
- Фільтраційне обладнання: Ротаційні вакуумні фільтри
- Сушка: Ліофілізаційні установки для ліофілізації

Нормативні вимоги:

- Пакування: Ліофілізований порошок у герметичних флаконах
- Термін придатності: 3 роки при кімнатній температурі
- Зберігання: Сухе, захищене від прямих сонячних променів місце
- Маркування: Номер партії, термін придатності та рекомендації щодо використання

Приклад звіту виконаних практичних робіт.

Назва продукту: Фермент сиропу з високим вмістом фруктози Sweetzyme.

Вхідні дані:

Категорія товару: Харчова добавка (фермент глюкозоізомераз).

Застосування: Перетворення глюкози на фруктозу у виробництві високофруктозного кукурудзяного сиропу.

Мікроорганізм-продуцент: *Streptomyces murinus* штам SM-9.

Об'єм партії: 1 500 літрів.

Склад живильного середовища:

- Соєве борошно: 15 г/л.

- Ксилоза: 5 г/л.
- Мінеральні солі: 1 г/л (в т.ч. залізо, марганець).
- Необхідна активність ферментів: 2,000 ОД/г.
- Час ферментації: 60 годин при 30°C.

Вихід кінцевого продукту: 92%.

Устаткування:

- Ферментер ємністю 1 800 літрів з контролем температури.
- Колонки для іммобілізації з використанням смоляних гранул.
- Сушильне обладнання: Розпилювальна сушарка для приготування ферментів.

Нормативні вимоги:

- Упаковка: Герметичні, харчові контейнери.
- Термін придатності: 1 рік при кімнатній температурі.
- Зберігання: Зберігати в сухому та закритому місці.
- Маркування: Дотримання вимог законодавства щодо харчових добавок.

Вступ

У цьому звіті представлено комплексний аналіз процесу виробництва ферментного сиропу з високим вмістом фруктози, ключового в харчовій промисловості для перетворення глюкози на фруктозу у виробництві високофруктозного кукурудзяного сиропу (HFCS). Під час десяти практичних вправ виконано характеристику продукту, вибір технології, профілювання біологічних агентів, оцінку сировини, опис процесу, обґрунтування обладнання, Біохімічний аналіз ферментаційних процесів, балансування матеріалів, створення технологічної схеми, а також міркування щодо охорони довкілля та безпеки.

Практична робота 1. Аналіз продуктів біотехнології та їх властивостей.

Назва продукту: Фермент для виробництва високофруктозного сиропу.

Категорія та реєстраційний номер:

Категорія продукту: Харчова добавка (фермент глюкозоізомерази).

Реєстраційний номер: На розгляді (буде присвоєно після затвердження регуляторним органом).

Основне призначення продукту:

- Категорія продукту: Харчова добавка, що використовується в харчовій промисловості.
- Застосування: Каталізує ізомеризацію глюкози до фруктози у виробництві HFCS, підвищуючи солодкість та покращуючи органолептичні властивості харчових продуктів.

Короткий опис зовнішнього вигляду та фізико-хімічних властивостей:

- Зовнішній вигляд: Від білого до світло-коричневого кольору порошок або гранули.

Фізичні властивості:

- Розчинність: Частково розчинний у воді.
- Запах: М'який, характерний запах.
- Густина: Приблизно 0,6 г/см³.
- Хімічні властивості:
- Класифікація ферментів: ЕС 5.3.1.5 (Глюкозоізомераза).
- Молекулярна маса: Приблизно 173 кДа.
- Оптимальні умови активності:
- Температура: 60-70°C.
- рН: 7,0-8,0.
- Активність ферменту: 2 000 ОД/г (одиниць на грам).

Нормативні вимоги:

- Упаковка: Герметичні контейнери харчового класу для підтримки стабільності ферменту та запобігання забрудненню.
- Маркування: Повинно відповідати нормам щодо харчових добавок, включаючи назву продукту, номер партії, термін придатності, масу нетто, умови зберігання, інформацію про виробника та інструкції з використання.
- Транспортування: Транспортувати в умовах, що запобігають впливу вологи та екстремальних температур.
- Зберігання: Зберігати в сухому, прохолодному місці при кімнатній температурі, у щільно закритій тарі.

- Термін придатності: 1 рік з дати виготовлення при дотриманні рекомендованих умов зберігання.

Виробники:

Європейські виробники:

- Novozymes A/S, Данія.

Світові виробники:

- DSM Food Specialties, Нідерланди.
- DuPont Industrial Biosciences, США.

Комерційні назви та анотації:

- Sweetzyme T: Термічно стабільна глюкозоізомераза від Novozymes, придатна для високотемпературних процесів.
- Maxinvert L 1000: рідка глюкозоізомераза від DSM, відома своєю високою ефективністю перетворення.

Практична робота 2. Обґрунтування вибору технології.

Аналіз існуючих технологій: виробництво глюкозоізомерази передбачає біотехнологічні процеси ферментації. Хімічний синтез недоцільний через складну білкову структуру ферменту. Тому перевага надається мікробній ферментації.

Обґрунтування переваги біотехнології над хімічними методами: ферменти - це білки, що синтезуються виключно за допомогою біологічних процесів.

Економічна доцільність: процеси ферментації є економічно ефективними у великих масштабах і використовують відновлювані ресурси.

Технічна здійсненність: налагоджена технологія ферментації дозволяє масштабувати виробництво з контрольованими параметрами.

Екологічна безпека: біопроекти генерують менше небезпечних відходів і мають менший вплив на навколишнє середовище порівняно з хімічним синтезом.

Вибір біологічного агента:

Штам *Streptomyces murinus* SM-9 оскільки:

- Високий вихід ферментів: Здатність виробляти велику кількість глюкозоізомерази.
- Термічна стабільність: Фермент демонструє стабільність при високих робочих температурах, що важливо для

промислового застосування.

- Специфічність до субстрату: Ефективне використання ксилози посилює індукцію ферменту.
- Статус GRAS: Визнаний безпечним для використання у харчовій промисловості.

Обґрунтування технологічної схеми:

- Попередні процеси: Використання ферментації для створення контрольованих умов росту.
- Подальші процеси: Включити іммобілізацію для підвищення стабільності ферментів та можливості їх повторного використання.
- Вибір обладнання: акцент на ефективності, масштабованості та відповідності стандартам харчової промисловості.

Практична робота 3. Характеристика біологічного агента.

Таксономічний статус:

- Царство: Бактерії.
- Відділ: Актинобактерії.
- Клас: Актинобактерії.
- Порядок: *Streptomycetales*.
- Родина: *Streptomycetaceae*.
- Рід: *Streptomyces*.
- Вид: *Streptomyces murinus* SM-9.

Характеристика культури:

Росте на твердих поживних середовищах:

- Утворює розгалужені, ниткоподібні колонії з сірувато-білим надземним міцелієм.
- Поверхня колоній порошкоподібна через утворення спор.

Зростання в рідких середовищах:

- Утворює однорідну каламутну суспензію.
- Може утворювати гранулоподібні агрегати.

Морфологічні особливості:

- Клітинна структура: Ниткоподібні гіфи з розгалуженнями.

- Спороутворення: Ланцюжки циліндричних спор, що розвиваються на повітряних гіфах.
- Розмір клітини: діаметр гіф коливається від 0,5 до 2,0 мкм.

Фізіологічні та біохімічні характеристики:

Метаболічні можливості:

- Джерела енергії: Використовує ксилозу, глюкозу та інші цукри.
- Джерела азоту: Ефективно засвоює органічний азот із соєвого борошна.
- Вироблення ферментів: Надмірно виробляє глюкозоізомеразу при індукції ксилозою.

Оптимальні умови вирощування:

- Температура: 28-30°C.
- рН: Оптимальний при 7,0.
- Потреба в кисні: Суворо аеробні, потребують ефективної аерації.

Практична робота 4. Характеристика сировини, матеріалів та напівпродуктів.

Сировина (група 1)

Матеріал	Стандарт	Показники якості	Примітки
Соєве борошно	Харчовий клас (FCC)	Білок $\geq 50\%$; Вологість $\leq 10\%$; Без ГМО	Джерело азоту
Ксилоза	Аналітичний клас	Чистота $\geq 99\%$; Вологість $\leq 1\%$	Індуктор ферментів
Мінеральні солі	Технічні характеристики USP	Вміст заліза та марганцю відповідно до вимог формули	Кофактори ферментів

Допоміжні матеріали (2 група)

Матеріал	Стандарт	Показники якості	Примітки
Очищена вода	ASTM Тип II	Провідність ≤ 1 мкСм/см; стерильна	Для підготовки та очищення середовищ
Миючі засоби	Біологічно розкладні миючі засоби	Нетоксичні; ефективні при рекомендованому розведенні	Санітарна обробка обладнання

Матеріали та комплектуючі (група 3)

Матеріал	Стандарт	Показники якості	Примітки
Фільтраційне середовище	Відповідність вимогам FDA	Відповідний розмір пор; хімічна стійкість	Для стерилізації фільтрації
Смоляні гранули	Харчові смоли	Висока спорідненість до зв'язування; Фізична стабільність	Імобілізація ферментів
Пакувальна тара	Схвалено для контакту з харчовими продуктами	Нетоксичні; Герметичні; Вологонепроникні	Упаковка товару

Проміжні продукти (Група 4)

Не застосовується, оскільки проміжні продукти не зберігаються, а переробляються негайно.

Практична робота 5. Опис технологічного процесу.

Етап ДР 1. Підготовка середовища:

ДР 1.1: Зважування та змішування інгредієнтів (обладнання № 101).

- Хід роботи: Точне зважування соєвого борошна, ксилози та мінеральних солей.
- Процес: Змішайте інгредієнти з очищеною водою в ємності для змішування, обладнаній мішалкою.

- Умови: Температура навколишнього середовища; забезпечити повне розчинення.

ДР 1.2: Стерилізація поживних середовищ (обладнання №102).

- Хід роботи: Перенесіть поживні середовища в стерилізаційний резервуар.
- Процес: Стерилізуйте при 121°C протягом 30 хвилин у паровому автоклаві.
- Умови: Підтримуйте тиск на 1 атм вище атмосферного.

Етап ТП 2: Ферментація.

ТП 2.1: Інокуляція (обладнання №201).

- Хід роботи: Охолодіть стерилізовані середовища до 30°C.
- Процес: Посіяйте культуру насіння *Streptomyces murinus* SM-9 в асептичних умовах.
- Умови: Забезпечити стерильне перенесення для запобігання контамінації.

ТП 2.2: Процес ферментації.

- Хід роботи: Ферментуйте культуру в біореакторі з мішалкою.
- Процес: Підтримувати температуру на рівні 30°C та pH на рівні 7,0 за допомогою автоматизованого контролю.
- Аерація: Забезпечити аерацію зі швидкістю 1 об/хв; швидкість перемішування встановити на 200 об/хв.
- Тривалість: 60 годин до досягнення оптимального рівня виробництва ферментів.

Етап ТП 3: Імобілізація ферменту.

ТП 3.1: Збір біомаси (обладнання №301).

- Хід роботи: Відокремлення клітини від бульйону за допомогою мікрофільтрації.
- Процес: Збір супернатанту, що містить глюкозоізомеразу.

ТП 3.2: Імобілізація на смоляних гранулах.

- Хід роботи: Пропустіть розчин ферменту через іммобілізаційні колонки, наповнені смоляними кульками.
- Процес: Фермент зв'язується з гранулами, підвищуючи стабільність і можливість багаторазового використання.

Етап ТП 4: Сушіння та пакування.

ТП 4.1: Сушіння (обладнання № 401).

- Хід роботи: Висушіть іммобілізований фермент за допомогою розпилювальної сушарки.
- Процес: Температура на вході 150°C; температура на виході контролюється для запобігання термічній денатурації.
- Результат: Отримання сухого ферментного препарату зі збереженою активністю.

ТП 4.2: Пакування (обладнання № 402).

- Хід роботи: Розфасуйте висушений фермент у герметичні контейнери, придатні для харчових продуктів.
- Процес: Автоматизоване наповнення та герметизація в гігієнічних умовах.
- Контроль якості: Перевірка цілісності упаковки та точності маркування.

Практична робота 6. Вибір та обґрунтування обладнання.

Обладнання №101: Змішувальний бак.

- Тип: Ємність для змішування з нержавіючої сталі з мішалкою.
- Об'єм: 2 000 літрів.
- Обґрунтування: Вміщує об'єм партії з достатнім надводним простором; корозійностійкий матеріал забезпечує чистоту.

Обладнання №102: Стерилізаційний резервуар.

- Особливості: Здатний витримувати високі температури і тиск.
- Обґрунтування: Необхідний для стерилізації середовищ з метою усунення забруднень.

Обладнання №201: Біореактор з мішалкою.

- Об'єм: 1 800 літрів.
- Особливості: Контроль температури, моніторинг рН, датчики кисню, система перемішування.
- Обґрунтування: Забезпечує оптимальне середовище для

росту мікроорганізмів та виробництва ферментів.

Обладнання №301: Установка мікрофільтрації.

- Функція: Відокремлює клітини від ферментаційного бульйону.
- Обґрунтування: Ефективне видалення біомаси для отримання безклітинного ферментного розчину.

Обладнання №401: Розпилювальна сушарка.

- Технічні характеристики: Контролює температуру на вході та виході; можливість швидкого сушіння.
- Обґрунтування: Зберігає активність ферментів при перетворенні рідини в порошкоподібну форму.

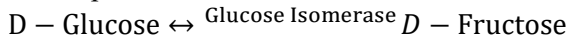
Обладнання №402: Автоматизована пакувальна лінія.

- Компоненти: Станція розливу, закупорювальний пристрій, етикетувальна машина.
- Обґрунтування: Забезпечує ефективність, однорідність продукції та відповідність стандартам пакування.

Практична робота 7. Біохімічний аналіз ферментаційних процесів.

Основні біохімічні перетворення.

Ферментативна реакція:



Роль ферменту:

- Каталізує ізомеризацію D-глюкози до D-фруктози шляхом перегрупування карбонільних та гідроксильних груп.

Процес виробництва ферменту. Анаболічні реакції:

- Синтез глюкозоізомерази в клітинах *Streptomyces murinus*, індукований ксилозою.

Побічні реакції та метаболізм. Побічні продукти:

- Мінімальне накопичення небажаних метаболітів завдяки контрольованим умовам ферментації.

Вплив на процес. Вихід ферменту:

- Залежить від рівня індукції та метаболічної активності.

Ефективність процесу:

- Оптимізується шляхом підтримання ідеальних умов росту, що сприяють синтезу ферментів, а не

виробництву біомаси.

Практична робота 8. Матеріальний баланс у біотехнологічних виробництвах.

Дані та припущення.

Об'єм партії: 1 500 літрів.

Вихід: 92% від теоретичного максимуму.

Припущення: Загальна біомаса становить 10% від маси вхідного субстрату.

Розрахунок вхідних даних.

Соєве борошно:

$$15 \text{ г/л} \times 1,500 \text{ л} = 22,500 \text{ г} = 22,5 \text{ кг.}$$

Ксилоза:

$$5 \text{ г/л} \times 1,500 \text{ л} = 7,500 \text{ г} = 7,5 \text{ кг.}$$

Мінеральні солі:

$$1 \text{ г/л} \times 1,500 \text{ л} = 1,500 \text{ г} = 1,5 \text{ кг}$$

Загальна кількість інгредієнтів:

$$\text{Загальна кількість} = 22,5 \text{ кг} + 7,5 \text{ кг} + 1,5 \text{ кг} = 31,5 \text{ кг.}$$

Розрахунок виходу продукції.

Виробництво біомаси: (припускаючи 10% від загального обсягу вхідних ресурсів)

$$\text{Біомаса} = 31,5 \text{ кг} \times 10\% = 3,15 \text{ кг.}$$

Вихід ферменту: (припускаючи, що решта сприяє виробленню ферменту та метаболітів)

$$\text{Теоретична маса ферменту} = (31,5 \text{ кг} - 3,15 \text{ кг}) \times 92\% = 25,99 \text{ кг.}$$

Відходи та втрати: Решта матеріалів - це побічні продукти метаболізму та неефективність.

Таблиця 2.

Таблиця матеріального балансу

Матеріал	Використано сировини (кг)	Вироблено (кг)
Соєве борошно	22,5	---
Ксилоза	7,5	---
Мінеральні солі	1,5	---
Вода	---	---
Біомаса	---	3,15
Ферментний продукт	---	25,99
Побічні продукти та	---	2,36

втрати		
Всього	31,5	31,5

Примітка: Вода вважається середовищем і залишається в основному незмінною.

Практична робота 9. Проектування технологічної схеми біотехнологічного виробництва.

[Додається як Додаток А]

Спрощений опис:

- Підготовка середовища.
- Ємність для змішування (№101).
- Стерилізаційний бак (№102).
- Ферментація.
- Біореактор (№201).
- Відділення біомаси.
- Блок мікрофільтрації (№301).
- Імобілізація ферментів.
- Імобілізаційні колонки (№302).
- Сушіння.
- Розпилювальна сушарка (№401).
- Пакування.
- Автоматизована пакувальна лінія (№402).

Практична робота 10. Оцінка екологічних та безпекових аспектів біотехнологічних процесів.

Утворення відходів:

- Тверді відходи: Відпрацьована біомаса та залишки фільтрації.
- Рідкі відходи: Технологічні стоки, що містять залишкові поживні речовини.

Споживання ресурсів:

- Високе використання води та енергії для процесів ферментації та стерилізації.
- Викиди: Мінімальні викиди в атмосферу, переважно водяної пари.

Стратегії управління відходами.

Утилізація твердих відходів: перетворення відпрацьованої

біомаси на біодобриво або кормову добавку для тварин.

Очищення стічних вод: впровадження систем очищення стічних вод для нейтралізації та зменшення біологічного споживання кисню перед скиданням.

Енергоефективність: використовуйте теплообмінники та ізоляцію для зменшення споживання енергії.

Ідентифікація загроз безпеці.

Біологічні небезпеки: ризик впливу мікробних культур; потенційна алергенність ферментного порошку.

Хімічні небезпеки: поводження з миючими засобами та хімікатами, що використовуються для контролю рН.

Механічні небезпеки: ризики, пов'язані з роботою високошвидкісного обладнання, такого як центрифуги та розпилювальні сушарки.

Заходи щодо пом'якшення наслідків.

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ): рукавички, лабораторні халати, маски та захисні окуляри є обов'язковими у виробничих приміщеннях.

Навчальні програми: регулярні тренінги з техніки безпеки для всього персоналу.

Інженерний контроль: встановлення захисних огорожень на машинах; належні системи вентиляції.

Дотримання нормативних вимог.

Екологічне законодавство: дотримуватися місцевих законів про охорону навколишнього середовища щодо утилізації відходів та викидів.

Стандарти охорони праці: дотримуйтесь інструкцій OSHA та найкращих галузевих практик.

Стандарти безпеки харчових продуктів: підтримуйте GMP (належну виробничу практику) протягом усього виробничого процесу.

Висновок

Виробництво ферменту для сиропу з високим вмістом фруктози - це складний, але добре структурований процес, який поєднує мікробіологію, біохімію та інженерні принципи. Завдяки ретельному підбору біологічного агента та оптимізації технологічного процесу

досягається високий вихід цінного ферменту. Екологічні міркування та міркування безпеки є невід'ємними, гарантуючи, що процес є стійким і безпечним як для працівників, так і для споживачів. Цей комплексний аналіз підкреслює важливість кожного етапу в біотехнологічному виробництві.

Список використаних джерел.

Прескотт, Л., Харлі, Дж. та Клейн, Д. (2017). Мікробіологія. McGraw-Hill.

Novozymes A/S. (2020). Паспорт продукту Sweetzyme. Отримано з веб-сайту [The time for biosolutions is now - Novozymes](#).

Додатки

Додаток А: Технологічна схема виробництва.

Додаток В: Детальні розрахунки матеріального балансу.

Додаток С: Технічні характеристики обладнання.

Рекомендована література

1. Пирог Т. П., Ігнатова О. А. Загальна біотехнологія : підручник / Міністерство освіти і науки України, Національний університет харчових технологій. Київ : НУХТ, 2009. 335 с. : рисунки, таблиці.

2. Буценко Л. М., Пенчук Ю. М., Пирог Т. П. Технології мікробного синтезу лікарських засобів : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямом підготовки "Біотехнологія" / Міністерство освіти і науки України, Національний університет харчових технологій. Київ : НУХТ, 2010. 323 с. : рисунки, таблиці.

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

4. Грегірчак Н. М., Антонюк М. М. Імобілізовані ферменти і клітини в біотехнології : конспект лекцій для студ. спец. 8.05140101 «Промислова біотехнологія» ден. та заоч. форм навч. К. : НУХТ, 2011. 59 с.

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

6. Процеси і апарати мікробіологічної промисловості.

Технологічні розрахунки. Приклади і задачі. Основи проектування виробництв : навч. посіб. для студ. / Ю. І. Сидоров, Р.Й. Влязло, В. П. Новіков. Львів : Львівська політехніка, 2004. 252 с.

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

8. Манушкіна Т. М. Біотехнологія в рослинництві : курс лекцій / Миколаїв : МНАУ, 2014. 51 с.

9. Технологічне обладнання фармацевтичної та біотехнологічної промисловості : підручник для студентів вищих навчальних закладів / М. В. Стасевич, А. О. Милянч, Л. С. Стрельников, Т. В. Крутських, І. Р. Бучкевич, І. О. Зайцев, І. О. Гузьова, О. П. Стрілець, Є. В. Гладух, В. П. Новіков ; Міністерство освіти і науки України, Національний університет "Львівська політехніка", Національний фармацевтичний університет. Львів : Видавництво "Новий світ-2000", 2020. 409 с.

10. Карлаш Ю. В. Основи проектування біотехнологічних виробництв : конспект лекцій для студентів напряму 6.051401 «Біотехнологія» денної та заочної форм навчання / Уклад.: Ю.В.Карлаш. К. : НУХТ, 2013. 143 с.

12. Інтенсифікація технологій мікробного синтезу : монографія / В. С. Підгорський, Г. О. Іутинська, Т. П. Пирог ; НАН України, Ін-т мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного. Київ : Наукова думка, 2010. 326 с.

13. Біоінженерія : підручник / О. Л. Кляченко, М. Д. Мельничук, Ю. В. Коломієць. Вінниця : ТОВ «НіланЛТД», 2015. 458 с.

14. Юлевич О. І., Ковтун С. І., Гиль М. І. Біотехнологія : навчальний посібник / за ред. М. І. Гиль. Миколаїв : МДАУ, 2012. 476 с.

15. Конспект лекцій з дисципліни «Асептика біотехнологічних виробництв» освітньо-професійної програми другого (магістерського) рівня вищої освіти зі спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» усіх форм навчання / Укл.: Головей О. П., Гуляев В. М. Кам'янське : ДДТУ, 2017. 140 с.

16. Технічна мікробіологія : підручник для студ. вищих навч. закл. / В.О. Коваленко та ін. Харків : Світ Книги, 2016. 678 с.

17. Слободян В. О. Основи біотехнології : навчальний посібник / Ін-т менеджменту та економіки. Івано-Франківськ, 2002. 188 с. : рис.

18. Мельничук М. Д., Новак Т. В., Кунах В. А. Біотехнологія рослин : підручник. К. : ПоліграфКонсалтинг, 2003. 520 с.

19. Технічна мікробіологія : підручник / Л. В. Капрельянц, Л. М. Пилипенко, А. В. Єгорова, Я. Б. Пауліна та ін. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2020. 430 с.

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