

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет водного господарства та  
природокористування

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

**03-06-172М**

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до лабораторних робіт  
з навчальної дисципліни «Процеси та апарати біотехнологічних  
виробництв» 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 № 5 від 11.02.2025 р.

Рівне – 2025

Методичні вказівки до лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Процеси та апарати біотехнологічних виробництв» 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. – Рівне : НУВГП, 2025. – 85 с.

Укладач: Грицина О. О., к.т.н., доцент 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, 2025

© НУВГП, 2025

## З М І С Т

ВСТУП.....	5
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1. Планування експериментів у біотехнологічних процесах.....	6
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2. Дослідження флотаційних процесів у біотехнології. ....	9
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3. Вимірювання та аналіз похибок у біотехнологічних дослідженнях.....	13
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4. Основи електротехніки в біотехнологічному обладнанні.....	16
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5. Криві нагрівання та фазові переходи в процесах дистиляції біопродуктів.....	20
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6. Ізоляція мікроорганізмів: асептичні методи та селективне культивування. ....	23
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №7. Гомогенізація: принципи та застосування в біотехнології. ....	27
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №8. Визначення теплотворної здатності біопалива методом калориметрії.....	30
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №9. Проста дистиляція в переробці біотехнологічних відходів. ....	35
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №10. Тонкошарова хроматографія в аналізі біологічних сумішей. ....	39
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №11. Іонообмінна хроматографія в очищенні біомолекул. ....	43
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №12. Електрофорез нуклеїнових кислот у біотехнологічних дослідженнях.....	47
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №13. Екстракція біологічно активних речовин з рослинної сировини. ....	50
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №14. Рекристалізація як метод очищення біотехнологічних продуктів. ....	54
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №15. Ферментаційні процеси у виробництві біоетанолу. ....	58
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №16. Серійні розведення та підрахунок колоній: оцінка бактеріального росту. ....	62
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №17. Асептичні методи в культивуванні мікроорганізмів.....	66

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №18. Теплові методи обробки в біотехнології: пастеризація та стерилізація. ....	70
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №19. Автоматизація біотехнологічних процесів з використанням програмованих контролерів. ....	74
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №20. Застосування біосенсорів для моніторингу біотехнологічних виробництв. ....	79
ЛІТЕРАТУРА.....	85

## ВСТУП

Метою даних методичних вказівок є сприяння засвоєнню теоретичних знань та розвитку практичних навичок, необхідних для успішної професійної діяльності у сфері біотехнологій та біоінженерії. Лабораторні роботи, представлені у цьому курсі, охоплюють широкий спектр тем, що відображають сучасні тенденції та технології в біотехнологічному виробництві.

Перелік лабораторних занять включає вивчення таких ключових аспектів:

- Планування та проведення експериментів у біотехнологічних процесах.
- Аналіз та мінімізація похибок у біотехнологічних дослідженнях.
- Дослідження флотаційних процесів та їх застосування.
- Використання сучасних методів аналізу, зокрема хроматографії та електрофорезу.
- Освоєння принципів роботи з біотехнологічним обладнанням та автоматизованими системами контролю.

Виконання цих лабораторних робіт дозволить вам:

- Зрозуміти фундаментальні принципи та механізми біотехнологічних процесів і апаратів.
- Розвинути навички роботи з лабораторним обладнанням та вимірними приладами.
- Засвоїти методи обробки та аналізу експериментальних даних.
- Підвищити рівень професійної компетенції та готовності до вирішення практичних завдань у галузі біотехнологій.

Рекомендуємо відповідально підходити до підготовки та виконання кожної лабораторної роботи. Перед початком експериментів необхідно ознайомитися з теоретичним матеріалом, дотримуватися встановлених правил техніки безпеки та акуратно вести записи спостережень і результатів.

# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1. Планування експериментів у біотехнологічних процесах.

**Мета роботи.** Навчитися планувати дослідження.

**Теоретичні відомості.** Науковий метод є систематичним підходом до дослідження природних явищ, який включає кілька ключових етапів: спостереження, формулювання гіпотези, планування та проведення експерименту, аналіз даних і висновки.

1. Спостереження: На першому етапі виявляється і формулюється наукове питання або проблема, яка потребує дослідження. Спостереження можуть бути випадковими або цілеспрямованими, спрямованими на збір даних про явище.

2. Формулювання гіпотези: На основі спостережень висувається гіпотеза - припущення, яке пояснює явище. Гіпотеза повинна бути чіткою, конкретною і такою, що піддається перевірці експериментальним шляхом.

3. Планування експерименту: На цьому етапі розробляється план експерименту для перевірки гіпотези. Важливо визначити незалежні та залежні змінні, а також експериментальні контролі, які дозволяють усунути вплив сторонніх факторів.

4. Проведення експерименту: Експеримент виконується згідно з розробленим планом. Усі дії ретельно документуються для забезпечення відтворюваності результатів.

5. Аналіз даних: Зібрані дані аналізуються за допомогою статистичних методів для виявлення закономірностей і підтвердження або спростування гіпотези.

6. Висновки: На основі аналізу даних робляться висновки щодо правильності гіпотези. Якщо гіпотеза підтверджується, її можна інтегрувати в існуючі знання. Якщо ні, гіпотезу коригують або формулюють нову.

Застосування наукового методу дозволяє отримувати нові знання, інтегрувати їх у наукову картину світу і сприяє розвитку науки. Режим доступу до теоретичної частини : [Теорія "Планування експериментів у біотехнологічних процесах "](#).

**Цілі навчання.** Після завершення цієї роботи ви зможете:

- ✓ Пояснювати та застосовувати науковий метод
- ✓ Планувати експеримент і перевіряти гіпотезу
- ✓ Правильно використовувати експериментальний контроль.

**Хід виконання.** Перед початком роботи переконайтеся, що Вас додано до списку груп виконавців лабораторної роботи. Відповідно до розкладу переконайтеся в місці та даті проведення роботи. Дотримуйтесь термінів встановлених до виконання цієї роботи. Під час виконання роботи передбачається тестування на платформі.

Дотримуйтесь наступного алгоритму роботи:

1. Ознайомлення з науковим методом:

- У першій частині дізнайтеся, як використовувати науковий метод для дослідження явищ, отримання нових знань або корекції та інтеграції існуючих знань.
- Використовуйте всі інструменти лабораторії для збору необхідних даних.

2. Сплануйте експеримент і перевірте свою гіпотезу:

- У наступній частині розробіть власний експеримент з нуля, досліджуючи біоптати під мікроскопом.
- Визначте своє наукове питання та оберіть правильну експериментальну модель для перевірки своєї гіпотези.
- Пам'ятайте, що якщо Ви виконуєте роботу у віртуальній симуляції ви можете повторювати експеримент стільки разів, скільки забажаєте, не боячись помилок.

3. Експериментальний контроль:

- Зафіксуйте, що у вашому експерименті є багато експериментальних змінних.
- Дізнайтеся, як налаштувати змінні та зрозумійте, чому важливо використовувати експериментальний контроль для перевірки результатів.
- Досліджуйте вплив різних сполук та різних концентрацій однієї і тієї ж сполуки.

Режим доступу до виконання роботи на платформі : [Хід роботи "Планування експериментів у біотехнологічних процесах "](#).

### ***Обговорення та висновки.***

Обговорення:

1. Значення наукового методу

○ Науковий метод є основним підходом для дослідження природних явищ, отримання нових знань та корекції існуючих. Його використання забезпечує об'єктивність, систематичність і відтворюваність результатів.

○ У цій лабораторній роботі ви ознайомилися з усіма етапами

наукового методу: формулювання гіпотези, планування експерименту, проведення експерименту, аналіз даних та формулювання висновків.

## 2. Процес планування експерименту

○ Правильне планування експерименту включає вибір відповідної експериментальної моделі, що дозволяє найбільш ефективно перевірити гіпотезу. Вибір моделі залежить від об'єкта дослідження, доступного обладнання та вимог до точності результатів.

○ У цій симуляції ви мали можливість самостійно розробити експеримент, що дозволяє закріпити знання та навички у плануванні досліджень.

## 3. Експериментальні змінні та контроль

○ Важливість контролю експериментальних змінних полягає у забезпеченні достовірності результатів. Контрольні зразки дозволяють виключити вплив сторонніх факторів та підтвердити, що отримані результати дійсно пов'язані з досліджуваною змінною.

○ Використання позитивних та негативних контролів допомагає переконатися в правильності експериментальної процедури та коректності висновків.

Висновки:

### 1. Науковий метод:

○ Вивчення наукового методу дозволило зрозуміти важливість систематичного підходу до дослідження явищ. Кожен етап цього процесу є критично важливим для досягнення об'єктивних і достовірних результатів.

### 2. Планування експерименту:

○ Самостійне планування експерименту сприяло розвитку навичок у формулюванні наукових питань, виборі експериментальних моделей та налаштуванні експериментальних змінних.

### 3. Експериментальні контролі:

○ Використання експериментальних контролів допомогло зрозуміти важливість виключення впливу сторонніх факторів та забезпечення достовірності результатів.

***Оцінювання та зворотний зв'язок.***

Методи оцінювання:

✓ Під час виконання роботи передбачається тестування на



платформі або в аудиторії, практичні запитання від викладача.

✓ Зазначте, як ці методи допомогли вам засвоїти матеріал та які аспекти були найбільш корисними.

Отриманий зворотний зв'язок:

✓ Опишіть, як зворотний зв'язок сприяв покращенню вашого розуміння теми та навичок роботи в лабораторії.

Самоаналіз:

✓ Проаналізуйте власну роботу та підхід до виконання завдань. Визначте, що було зроблено добре, а над чим варто працювати.

✓ Встановіть цілі для подальшого покращення своїх знань та навичок у цій галузі.

Рекомендації для майбутніх робіт:

✓ Поділіться своїми пропозиціями щодо покращення лабораторної роботи. Це можуть бути ідеї щодо обладнання, методів або додаткових ресурсів.

✓ Зазначте, як отриманий досвід може бути застосований у майбутніх дослідженнях або професійній діяльності.

**Оформлення звіту про виконання лабораторної роботи.** Звіт виконується відповідно до форми та завантажується на перевірку у навчальну платформу університету [Навчальна дисципліна "Процеси та апарати біотехнологічних виробництв"](#).

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2. Дослідження флотаційних процесів у біотехнології.**

**Мета роботи.** Прогнозувати, чи буде об'єкт плавати або тонути в рідині, використовуючи поняття виштовхувальної сили та рівноваги. Обчислювати занурену частку плаваючих об'єктів.

**Теоретичні відомості.** Плавучість – це сила, яка діє на об'єкти в рідині, утримуючи їх на поверхні або забезпечуючи їх підняття з глибини. Ця сила описана законом Архімеда, який говорить, що на будь-яке тіло, занурене в рідину, діє виштовхувальна сила, рівна вазі витісненої рідини.

Щільність – це маса об'єкта або рідини на одиницю об'єму. Величина плавучості залежить від щільності рідини та об'єкта. Якщо щільність об'єкта менше щільності рідини, об'єкт буде плавати. Якщо

щільність об'єкта більше, ніж рідини, він буде тонути.

Об'єм зануреної частини об'єкта також впливає на плавучість. Занурення об'єкта у рідину викликає виштовхувальну силу, яка пропорційна об'єму зануреної частини. Якщо цей об'єм змінюється, змінюється і величина виштовхувальної сили.

Для об'єктів, що плавають, вага об'єкта врівноважується плавучою силою. Це означає, що сила плавучості дорівнює вазі об'єкта. Співвідношення між цими величинами визначає, чи буде об'єкт плавати, тонути чи зависати у рідині.

Плавучість об'єкта змінюється з різними рідинами. Рідини з більшою щільністю забезпечують більшу виштовхувальну силу, тому об'єкти легше плавають у більш щільних рідинах. Цей ефект можна дослідити, змінюючи рідину в експерименті.

Форма об'єкта також впливає на його здатність плавати або тонути. Об'єкти з плоскою та широкою формою (як кораблі) мають більший об'єм зануреної частини, що збільшує плавучість. Експеримент із змінюваною формою об'єкта дозволяє зрозуміти цей вплив.

Отже, плавучість залежить від щільності об'єкта і рідини, об'єму зануреної частини, а також форми об'єкта. Використовуючи ці знання, можна проектувати об'єкти, що будуть плавати або тонуть у різних умовах, як це зробив Архімед.

Режим доступу до теоретичної частини : [Теорія "Дослідження флотаційних процесів у біотехнології"](#).

**Цілі навчання.** Після завершення цієї роботи ви зможете:

✓ Пояснити та застосувати поняття плавучості та закону Архімеда.

✓ Спланувати та виконати експеримент для дослідження впливу щільності рідини та об'єкта на плавучість.

✓ Використовувати рівняння для оцінки зануреного об'єму об'єкта та його здатності плавати.

**Хід виконання.** Перед початком роботи переконайтеся, що Вас додано до списку груп виконавців лабораторної роботи. Відповідно до розкладу переконайтесь в місці та даті проведення роботи. Дотримуйтесь термінів встановлених до виконання цієї роботи. Під час виконання роботи передбачається тестування на платформі.

Дотримуйтесь наступного алгоритму роботи:

1. Ознайомлення з плавучістю та силою Архімеда:

- Прочитайте теоретичні відомості про плавучість і закон Архімеда.

- Дізнайтеся, як щільність рідини та занурений об'єм об'єкта впливають на виштовхувальну силу.

2. Дослідження об'єктів, що плавають і тонуть:

- Візьміть три м'ячі з різною вагою та заповніть бак водою, яку ви зібрали з озера.

- Дослідіть, як щільності об'єкта і рідини впливають на плавучість.

- Визначте, що спричиняє плавання або тонути об'єкта, та співвідношення між виштовхувальною силою і вагою об'єкта для плаваючого об'єкта.

3. Гра з різними щільностями рідин:

- Заповніть бак трьома різними рідинами.

- Вивчіть, як щільність рідини впливає на занурений об'єм об'єкта.

- Оцініть занурений об'єм м'ячів за допомогою рівнянь.

- Дослідіть співвідношення між зануреною часткою об'єкта і відношенням щільностей об'єкта і рідини.

4. Дослідження впливу форми об'єкта

- Використайте м'яч, який змінює форму, щоб з'ясувати, чи впливає форма об'єкта на його здатність плавати або тонути.

Режим доступу до виконання роботи на платформі : [Хід роботи "Дослідження флотаційних процесів у біотехнології"](#).

### ***Обговорення та висновки.***

Обговорення:

1. Вплив щільності об'єкта та рідини на плавучість

- Щільність об'єкта та рідини відіграють ключову роль у визначенні того, чи буде об'єкт плавати або тонути. Як було показано в експерименті, коли щільність об'єкта перевищує щільність рідини, об'єкт тоне, і навпаки.

2. Залежність плавучості від форми об'єкта

- Під час експерименту з м'ячем з'ясувалося, що форма об'єкта не впливає на його плавучість. Вирішальним фактором є об'єм та щільність об'єкта.

3. Використання експериментальних змінних та контролю

- У лабораторній роботі ви дослідили важливість налаштування експериментальних змінних та використання

контролю. Це дозволяє отримати точні результати та зрозуміти вплив конкретних факторів.

Висновки:

1. Роль щільності та об'єму в плавучості

○ Щільність та об'єм об'єкта є визначальними факторами для його плавучості. Об'єкти з меншою щільністю порівняно з рідиною будуть плавати, а об'єкти з більшою щільністю – тонути.

2. Значення закону Архімеда

○ Закон Архімеда дозволяє розрахувати виштовхувальну силу, яка діє на об'єкт у рідині. Це важливо для розуміння механізмів плавучості та проектування об'єктів, що повинні плавати.

3. Практичне застосування теоретичних знань

○ Лабораторна робота показала, як теоретичні знання можуть бути використані для вирішення реальних задач. Це підкреслює важливість інтеграції теорії та практики у навчальному процесі.

**Оцінювання та зворотний зв'язок.**

Методи оцінювання:

✓ Під час виконання роботи передбачається тестування на платформі або в аудиторії, практичні запитання від викладача.

✓ Зазначте, як ці методи допомогли вам засвоїти матеріал та які аспекти були найбільш корисними.

Отриманий зворотний зв'язок:

✓ Опишіть, як зворотний зв'язок сприяв покращенню вашого розуміння теми та навичок роботи в лабораторії.

Самоаналіз:

✓ Проаналізуйте власну роботу та підхід до виконання завдань. Визначте, що було зроблено добре, а над чим варто працювати.

✓ Встановіть цілі для подальшого покращення своїх знань та навичок у цій галузі.

Рекомендації для майбутніх робіт:

✓ Поділіться своїми пропозиціями щодо покращення лабораторної роботи. Це можуть бути ідеї щодо обладнання, методів або додаткових ресурсів.

✓ Зазначте, як отриманий досвід може бути застосований у майбутніх дослідженнях або професійній діяльності.

**Оформлення звіту про виконання лабораторної роботи.** Звіт виконується відповідно до форми та завантажується на перевірку у

навчальну платформу університету [Навчальна дисципліна "Процеси та апарати біотехнологічних виробництв"](#).

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3. Вимірювання та аналіз похибок у біотехнологічних дослідженнях.**

**Мета роботи.** Навчитися розрізняти інструменти, що надають показання і вимірювання. Обрати інструмент з відповідною роздільною здатністю для точного вимірювання. Удосконалити експериментальну методологію для зменшення невизначеності результатів.

**Теоретичні відомості.** Експериментатори повинні знати, наскільки можна довіряти результатам своїх експериментів, коли їх варто відхилити чи приймати та як підвищити їхню надійність. Однією з ключових складових цього процесу є вибір правильного інструменту для проведення експерименту та вдосконалення методології для зменшення невизначеності.

Інструменти, що надають вимірювання, повинні бути відкалібровані, тоді як інструменти для показань вважаються вже відкаліброваними. Правильний вибір інструменту є важливим для отримання точних та надійних результатів експерименту.

Важливо враховувати потенційні помилки та невизначеність у вибраному методі. Удосконалення експериментальної методології включає аналіз можливих джерел помилок, оптимізацію процедур та використання контрольних зразків для підвищення точності результатів.

Одним з прикладів такого підходу є наукове припущення кількості цукерок у банці, що вимагає врахування діапазону невизначеності, вибору правильного інструменту для вимірювання та врахування потенційних помилок у методології. Це допомагає зрозуміти, як науковці стикаються з труднощами в реальному світі та як вони долають ці виклики для отримання надійних результатів.

Режим доступу до теоретичної частини : [Теорія "Вимірювання та аналіз похибок у біотехнологічних дослідженнях"](#).

### **Цілі лабораторної роботи:**

✓ Визначати та використовувати інструменти для вимірювання та показань.

✓ Розрізняти експериментальні методології та зменшувати їх невизначеність.

✓ Виконувати розрахунки з урахуванням невизначеності та приймати обґрунтовані наукові рішення..

**Хід виконання.** Перед початком роботи переконайтеся, що Вас додано до списку груп виконавців лабораторної роботи. Відповідно до розкладу переконайтесь в місці та даті проведення роботи. Дотримуйтеся термінів встановлених до виконання цієї роботи. Під час виконання роботи передбачається тестування на платформі.

Дотримуйтеся наступного алгоритму роботи:

#### 1. Вступна частина

- Поясніть важливість оцінки достовірності результатів, вміння відрізнити надійні дані від ненадійних, а також способи підвищення їхньої надійності.

#### 2. Скільки цукерок у банці?

- Почніть з припущення про кількість цукерок у банці, включаючи діапазон невизначеності.

- Це допоможе вам зрозуміти труднощі, з якими стикаються експериментатори, та можливі помилки у їхніх експериментах.

#### 3. Вимірювання та показання

- Визначте різницю між інструментами, які надають вимірювання, та інструментами для показань.

- Запам'ятайте, що інструменти для вимірювання потрібно калібрувати перед використанням, а інструменти для показань вважаються вже відкаліброваними.

- Класифікуйте різні експериментальні інструменти за цими критеріями.

#### 4. Вдосконалення експериментальної методології

- Оберіть між двома підходами для наукового визначення кількості цукерок у банці.

- Врахуйте потенційні помилки та невизначеності, які можуть виникнути у кожному підході.

- Оптимізуйте методологію для зменшення невизначеності результатів.

#### 5. Прийняття правильного рішення

- Виконайте розрахунки для визначення точної кількості цукерок у банці після врахування всіх невизначеностей.

- Порівняйте свої результати з фактичною кількістю цукерок

після розкриття результатів і оцініть точність своїх припущень.

Режим доступу до виконання роботи на платформі : [Хід роботи "ВВимірювання та аналіз похибок у біотехнологічних дослідженнях"](#).

### ***Обговорення та висновки.***

Обговорення:

1. Обговорення визначення невизначеностей
  - Визначте основні джерела невизначеностей у вашому експерименті. Чому важливо враховувати ці невизначеності? Як вони впливають на точність ваших результатів?
2. Розрізнення інструментів для вимірювань і показань
  - Обговоріть відмінності між інструментами, що надають вимірювання, та інструментами для показань. Чому важливо знати ці відмінності під час планування експерименту?
3. Вибір правильного інструменту
  - Поясніть, як ви вибирали інструменти для проведення експерименту. Яким чином роздільна здатність інструменту вплинула на точність ваших вимірювань?
4. Удосконалення методології
  - Які кроки ви зробили для вдосконалення методології експерименту та зменшення внутрішньої невизначеності? Які потенційні помилки були враховані?
5. Результати та оцінка точності
  - Порівняйте свої результати з фактичними даними. Наскільки близькі були ваші оцінки до реальної кількості цукерок у банці? Які фактори, на вашу думку, найбільше вплинули на точність вашого припущення?

Висновки:

1. Оцінка важливості врахування невизначеностей
  - Зробіть висновок про важливість врахування невизначеностей у наукових експериментах. Як це впливає на достовірність результатів і прийняття наукових рішень?
2. Практичне застосування знань
  - Як ви можете застосувати знання, отримані під час цієї лабораторної роботи, у майбутніх дослідженнях та експериментах? Які аспекти експериментального дизайну ви вважаєте найважливішими?
3. Покращення точності вимірювань

○ Зробіть висновок про те, які заходи допомогли б вам покращити точність вимірювань у майбутніх експериментах. Які інструменти чи методи ви б використали для цього?

#### 4. Роздуми над процесом навчання

○ Розкажіть, що нового ви дізналися під час виконання цієї лабораторної роботи. Як це вплинуло на ваше розуміння наукових методів та підходів до проведення експериментів?

#### ***Оцінювання та зворотний зв'язок.***

##### **Методи оцінювання:**

✓ Під час виконання роботи передбачається тестування на платформі або в аудиторії, практичні запитання від викладача.

✓ Зазначте, як ці методи допомогли вам засвоїти матеріал та які аспекти були найбільш корисними.

##### **Отриманий зворотний зв'язок:**

✓ Опишіть, як зворотний зв'язок сприяв покращенню вашого розуміння теми та навичок роботи в лабораторії.

##### **Самоаналіз:**

✓ Проаналізуйте власну роботу та підхід до виконання завдань. Визначте, що було зроблено добре, а над чим варто працювати.

✓ Встановіть цілі для подальшого покращення своїх знань та навичок у цій галузі.

##### **Рекомендації для майбутніх робіт:**

✓ Поділіться своїми пропозиціями щодо покращення лабораторної роботи. Це можуть бути ідеї щодо обладнання, методів або додаткових ресурсів.

✓ Зазначте, як отриманий досвід може бути застосований у майбутніх дослідженнях або професійній діяльності.

***Оформлення звіту про виконання лабораторної роботи.*** Звіт виконується відповідно до форми та завантажується на перевірку у навчальну платформу університету [Навчальна дисципліна "Процеси та апарати біотехнологічних виробництв"](#)

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4. Основи електротехніки в біотехнологічному обладнанні.**

***Мета роботи.*** Вивчити основні поняття, такі як заряд, струм та



напруга, і зрозуміти їхні відмінності. Зібрати електричне коло та дослідити, як різні напруги і струми впливають на його роботу. Спостерігати за поведінкою електрики в колі, додавати різні компоненти і оцінювати їхній вплив на роботу системи.

**Теоретичні відомості.** Електрика – це форма енергії, що виникає внаслідок руху заряджених частинок, таких як електрони. Основні поняття, що описують електрику, включають заряд, струм та напругу.

Заряд ( $Q$ ) – це властивість частинок, яка визначає електричну взаємодію. Заряд може бути позитивним або негативним і вимірюється в кулонах ( $C$ ).

Струм ( $I$ ) – це потік електричних зарядів через провідник. Він визначається як кількість заряду, що проходить через поперечний переріз провідника за одиницю часу. Струм вимірюється в амперах ( $A$ ).

Напруга ( $V$ ) – це різниця електричного потенціалу між двома точками в електричному полі. Напруга вимірюється в вольтах ( $V$ ) і визначає силу, що змушує заряди рухатися.

Електричне коло складається з джерела напруги (батарей), провідників та споживачів електроенергії (наприклад, лампочок). У цій лабораторній роботі ви зможете зібрати коло, досліджуючи, як різні компоненти впливають на його роботу.

Режим доступу до теоретичної частини : [Теорія "Основи електротехніки в біотехнологічному обладнанні"](#).

#### **Цілі лабораторної роботи:**

- ✓ Визначити поняття заряду, напруги, струму та їхні одиниці вимірювання.
- ✓ Описувати рух струму та електронів в колі.
- ✓ Визначити основні компоненти базового електричного кола.
- ✓ Створювати функціональне базове електричне коло.
- ✓ Застосовувати принципи збереження заряду та енергії в базовому колі.

**Хід виконання.** Перед початком роботи переконайтеся, що Вас додано до списку груп виконавців лабораторної роботи. Відповідно до розкладу переконайтесь в місці та даті проведення роботи. Дотримуйтесь термінів встановлених до виконання цієї роботи. Під час виконання роботи передбачається тестування на платформі.

Дотримуйтесь наступного алгоритму роботи:

1. Ознайомлення з основами електрики.

- Прочитайте теоретичні відомості про заряд, струм та напругу. Зрозумійте їхні відмінності та основні характеристики.

- Вивчіть основні поняття: заряд (Q), струм (I), напруга (V) та їхні одиниці вимірювання.

2. Відновлення електропостачання в лабораторії.

- Зрозумійте, як працює електрика, щоб створити електричне коло для відновлення електропостачання в лабораторії.

3. Побудова електричного кола.

- Зберіть електричне коло, використовуючи різні компоненти: батареї, провідники, лампочки.

- Дослідіть вплив різних напруг і струмів на роботу кола. Порівняйте результати використання батареї на 20 вольт і батареї на 6 вольт.

- Перевірте, чи зможе лампочка працювати з обома типами батарей.

4. Візуалізація електрики та її контроль.

- Додавайте різні компоненти та оцінюйте їхній вплив на роботу системи.

Режим доступу до виконання роботи на платформі : [Хід роботи "Основи електротехніки в біотехнологічному обладнанні"](#).

***Обговорення та висновки.***

Обговорення:

1. Основні поняття електрики

- Поясніть різницю між зарядом, струмом і напругою. Як вони взаємодіють у електричному колі?

2. Вибір батареї та лампочки

- Який вплив на роботу лампочки має використання батареї на 20 вольт порівняно з батареєю на 6 вольт? Чи зможе лампочка працювати з обома типами батарей?

3. Побудова електричного кола

- Опишіть процес побудови електричного кола для відновлення електропостачання в лабораторії. Які компоненти були використані і як вони вплинули на роботу кола?

4. Візуалізація та контроль електрики

- Як впливають різні компоненти, такі як резистори або конденсатори, на роботу електричного кола? Які зміни у поведінці електрики ви спостерігали під час додавання цих компонентів?

Висновки:

1. Значення основних понять електрики

○ Підсумуйте значення основних понять електрики, таких як заряд, струм і напруга. Як вони застосовуються у реальних електричних системах?

2. Практичне застосування знань

○ Як знання, отримані під час цієї лабораторної роботи, можуть бути застосовані у реальних умовах? Які аспекти роботи з електричними колами ви вважаєте найважливішими?

3. Покращення експериментальної методології

○ Які кроки можна зробити для покращення точності вимірювань та ефективності роботи електричних кіл у майбутніх експериментах? Які інструменти або методи ви б використали для цього?

4. Взаємозв'язок між теорією та практикою

○ Як виконання цієї лабораторної роботи допомогло вам зрозуміти взаємозв'язок між теоретичними знаннями та їхнім практичним застосуванням? Які нові навички ви здобули під час виконання завдання?

***Оцінювання та зворотний зв'язок.***

Методи оцінювання:

✓ Під час виконання роботи передбачається тестування на платформі або в аудиторії, практичні запитання від викладача.

✓ Зазначте, як ці методи допомогли вам засвоїти матеріал та які аспекти були найбільш корисними.

Отриманий зворотний зв'язок:

✓ Опишіть, як зворотний зв'язок сприяв покращенню вашого розуміння теми та навичок роботи в лабораторії.

Самоаналіз:

✓ Проаналізуйте власну роботу та підхід до виконання завдань. Визначте, що було зроблено добре, а над чим варто працювати.

✓ Встановіть цілі для подальшого покращення своїх знань та навичок у цій галузі.

Рекомендації для майбутніх робіт:

✓ Поділіться своїми пропозиціями щодо покращення лабораторної роботи. Це можуть бути ідеї щодо обладнання, методів або додаткових ресурсів.

✓ Зазначте, як отриманий досвід може бути застосований у майбутніх дослідженнях або професійній діяльності.

**Оформлення звіту про виконання лабораторної роботи.** Звіт виконується відповідно до форми та завантажується на перевірку у навчальну платформу університету [Навчальна дисципліна "Процеси та апарати біотехнологічних виробництв"](#)

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5. Криві нагрівання та фазові переходи в процесах дистиляції біопродуктів.**

**Мета роботи.** Навчитися пояснювати відмінності між твердими, рідкими та газоподібними станами речовини з точки зору руху і взаємодії частинок, а також енергії, що підтримує ці взаємодії. Зрозуміти, що відбувається на молекулярному рівні під час фазових переходів (плавлення, кипіння, сублімації тощо) та зможуть описати їхні основні характеристики. Навчитися інтерпретувати фазову діаграму речовини, розуміти та пояснювати, що відбувається в кожній області (тверда, рідка, газоподібна фаза).

**Теоретичні відомості.** Фазові переходи – це зміна стану речовини залежно від міжмолекулярних сил (IMF) та кінетичної енергії (KE) її частинок. Для переходу з одного стану в інший необхідно додати або відняти достатню кількість енергії для подолання міжмолекулярних сил, що утримують частинки разом.

Плавлення ( $\Delta H_{fus}$ ) – перехід з твердого стану в рідкий потребує енергії для розриву міжмолекулярних сил та збільшення руху частинок.

Випаровування ( $\Delta H_{vap}$ ) – перехід з рідкого стану в газоподібний відбувається зі збільшенням температури і руху частинок, що стає більш швидким, і зменшенням міжмолекулярних сил.

Сублімація ( $\Delta H_{sub}$ ) – деякі тверді речовини можуть переходити безпосередньо в газоподібний стан, минаючи рідкий. Для цього процесу потрібно більше енергії, ніж для плавлення або випаровування, оскільки всі міжмолекулярні сили мають бути розірвані.

Дистиляція – метод розділення компонентів однорідної суміші на основі різниці температур кипіння. Цей процес дозволяє випаровувати найлетучіший компонент суміші, конденсувати його і

збирати у вигляді рідини.

Режим доступу до теоретичної частини : [Теорія "Криві нагрівання та фазові переходи в процесах дистиляції біопродуктів"](#).

***Цілі лабораторної роботи:***

✓ Визначати основні стани речовини та їхні фізичні властивості.

✓ Створювати та аналізувати криві нагрівання для різних речовин.

✓ Розпізнавати фазові переходи та розуміти їхню взаємозв'язок з кривими нагрівання.

✓ Визначати температури, при яких відбуваються фазові переходи.

***Хід виконання.*** Перед початком роботи переконайтеся, що Вас додано до списку груп виконавців лабораторної роботи. Відповідно до розкладу переконайтесь в місці та даті проведення роботи. Дотримуйтесь термінів встановлених до виконання цієї роботи. Під час виконання роботи передбачається тестування на платформі.

Дотримуйтесь наступного алгоритму роботи:

1. Ознайомлення з трьома станами речовини

• Розгляньте три приклади елементів у різних станах: твердий, рідкий і газоподібний.

• Ознайомтеся з фізичними відмінностями між цими станами, спостерігаючи за фізичними прикладами.

2. Генерація кривих нагрівання

• Використовуйте температурний датчик і нагрівальну пластину для створення кривої нагрівання води, етанолу та металу.

• Порівняйте отримані криві нагрівання та розшифруйте значення кожної лінії на кривих.

3. Аналіз кривих нагрівання

• Визначте фізичні властивості речовини на основі отриманих даних.

4. Вивчення фазових переходів

• Навчіться розпізнавати фазові переходи кожної речовини за допомогою спостережень за фізичними властивостями.

• Зрозумійте наукові основи фазового переходу з твердого стану в рідкий та з рідкого в газоподібний.

5. Визначення температур фазових переходів

• З'ясуйте, як криві нагрівання вказують на температури, при

яких відбуваються фазові переходи.

- Порівняйте температури фазових переходів для води, етанолу та металу.

Режим доступу до виконання роботи на платформі : [Хід роботи "Криві нагрівання та фазові переходи в процесах дистиляції біопродуктів"](#).

### ***Обговорення та висновки.***

Обговорення:

1. Ідентифікація фазових переходів
  - Опишіть фазові переходи, які відбуваються при нагріванні етанолу та води. Які ознаки вказують на початок і кінець кожного фазового переходу?
2. Аналіз кривих нагрівання
  - Порівняйте криві нагрівання води, етанолу та металу. Які ключові відмінності можна спостерігати між цими кривими? Як ці відмінності пов'язані з фізичними властивостями кожної речовини?
3. Фазові діаграми
  - Поясніть, як фазові діаграми відображають різні області станів речовини. Які дані можна отримати з фазової діаграми для води або етанолу?
4. Теплоємність та латентна теплота
  - Обговоріть різницю між питомою теплоємністю та латентною теплотою. Як вони впливають на криві нагрівання різних речовин?

Висновки:

1. Розуміння фізичних властивостей речовин
  - Зробіть висновок про основні фізичні властивості води та етанолу, які можна визначити з їхніх кривих нагрівання. Як ці властивості впливають на їхнє використання в промисловості та побуті?
2. Застосування знань про фазові переходи
  - Як знання про фазові переходи та криві нагрівання можна застосувати у реальних умовах, наприклад, у процесах дистиляції або охолодження? Наведіть приклади з практики.
3. Оцінка методів вимірювання
  - Оцініть точність методів вимірювання, які ви використовували для створення кривих нагрівання. Які можливі джерела помилок ви виявили та як їх можна мінімізувати?

### ***Оцінювання та зворотний зв'язок.***

Методи оцінювання:

✓ Під час виконання роботи передбачається тестування на платформі або в аудиторії, практичні запитання від викладача.

✓ Зазначте, як ці методи допомогли вам засвоїти матеріал та які аспекти були найбільш корисними.

Отриманий зворотний зв'язок:

✓ Опишіть, як зворотний зв'язок сприяв покращенню вашого розуміння теми та навичок роботи в лабораторії.

Самоаналіз:

✓ Проаналізуйте власну роботу та підхід до виконання завдань. Визначте, що було зроблено добре, а над чим варто працювати.

✓ Встановіть цілі для подальшого покращення своїх знань та навичок у цій галузі.

Рекомендації для майбутніх робіт:

✓ Поділіться своїми пропозиціями щодо покращення лабораторної роботи. Це можуть бути ідеї щодо обладнання, методів або додаткових ресурсів.

✓ Зазначте, як отриманий досвід може бути застосований у майбутніх дослідженнях або професійній діяльності.

***Оформлення звіту про виконання лабораторної роботи.*** Звіт виконується відповідно до форми та завантажується на перевірку у навчальну платформу університету [Навчальна дисципліна "Процеси та апарати біотехнологічних виробництв"](#).

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6. Ізоляція мікроорганізмів: асептичні методи та селективне культивування.**

***Мета роботи.*** Ознайомитися з роллю та значенням бактеріального росту у виявленні та дослідженні патогенів. Навчитися використовувати асептичні методи для запобігання контамінації під час роботи з мікроорганізмами. Ознайомитися з поняттям одиночної бактеріальної колонії як основного елемента для ідентифікації та ізоляції окремих штамів мікроорганізмів. Дізнатися про селективні середовища та їхнє застосування для ізоляції

специфічних видів мікроорганізмів.

**Теоретичні відомості.** *Salmonella Salmonella* – це рід паличкоподібних грамнегативних бактерій, які зазвичай зустрічаються в травному тракті тварин. *Salmonella* – одна з найпоширеніших причин харчових отруєнь, викликаючи захворювання під назвою сальмонельоз.

*Salmonella* належить до тієї ж родини, що й *Escherichia*. Обидва є ентеричними бактеріями, адаптованими до росту в кишечнику господаря. Оптимальна температура росту – близько 37°C. При 4°C ріст бактерій зупиняється, але вони не гинуть.

Сальмонельоз – інфекція, викликана бактеріями *Salmonella*, що призводить до діареї, блювоти, судом і лихоманки. Зазвичай хвороба триває 4-7 днів, і більшість пацієнтів одужують без лікування. У важких випадках діарея може потребувати госпіталізації та введення рідини.

*Salmonella Shigella* агар (SSA) містить пептон, лактозу та інші мікронутрієнти. Білі солі та зелений барвник дозволяють рости лише грамнегативним штамам. *E. coli*, ферментуючи лактозу, змінює колір середовища на червоний, тоді як *Salmonella* використовує пептон як джерело вуглецю. *Salmonella* на SSA утворює чорні центри завдяки утворенню сірководню.

Режим доступу до теоретичної частини : [Теорія "Ізоляція мікроорганізмів: асептичні методи та селективне культивування"](#).

#### **Цілі лабораторної роботи:**

✓ Оволодіти ключовими навичками та знаннями для роботи з мікроорганізмами, дотримуючись стерильності та використовуючи ефективні методи ізоляції бактерій.

**Хід виконання.** Перед початком роботи переконайтеся, що Вас додано до списку груп виконавців лабораторної роботи. Відповідно до розкладу переконайтесь в місці та даті проведення роботи. Дотримуйтесь термінів встановлених до виконання цієї роботи. Під час виконання роботи передбачається тестування на платформі.

Дотримуйтесь наступного алгоритму роботи:

1. Ідентифікація бактерій, стійких до ампіциліну:
  - Відвідайте матеріал, що містить різні штами бактерій.
  - Ідентифікуйте штами, стійкі до ампіциліну, шляхом ізоляції окремих колоній.

2. Використання асептичної техніки:



- Увімкніть пальник Бунзена та стерилізуйте петлю між висіваними для запобігання контамінації.
  - Забезпечте стерильні умови під час роботи з бактеріями.
3. Техніка висівання на чашках Петрі
- Виконайте ізоляцію бактерій за допомогою техніки висівання на чашках Петрі.
  - Практикуйте техніку висівання на агарові пластини необмежену кількість разів, отримуючи результати негайно.
  - Виконайте висівання на спеціальний агар *Salmonella Shigella* (SSA), який сприяє росту лише грамнегативних штамів.
  - Визначте штам, стійкий до ампіциліну, на основі фенотипу колоній на SSA.
  - Відправте зразок на подальший аналіз для повного підтвердження ідентичності.

Режим доступу до виконання роботи на платформі : [Хід роботи "Ізоляція мікроорганізмів: асептичні методи та селективне культивування"](#).

### **Обговорення та висновки.**

Обговорення:

1. Ідентифікація стійких до ампіциліну бактерій:
  - Опишіть процес ідентифікації бактерій, стійких до ампіциліну. Які методи та техніки використовувались?
2. Асептична техніка:
  - Обговоріть важливість асептичних методик у лабораторній роботі. Які кроки ви зробили для підтримки стерильності під час роботи з бактеріями?
3. Техніка висівання на чашках Петрі:
  - Опишіть техніку висівання на агарових пластинках та її значення для ізоляції окремих колоній бактерій. Які труднощі ви зустріли та як їх подолали?
4. Використання агару *Salmonella Shigella*:
  - Як агар *Salmonella Shigella* допомагає у виявленні конкретних штамів бактерій? Які фенотипічні ознаки дозволили вам ідентифікувати штам, стійкий до ампіциліну?

Висновки:

1. Важливість росту бактерій для досліджень:
  - Зробіть висновок про значення бактеріального росту для вивчення патологічних мікроорганізмів. Як ці знання можуть бути

застосовані у діагностиці та лікуванні інфекційних захворювань?

2. Застосування асептичних технік:

○ Поясніть, чому важливо дотримуватися асептичних технік у лабораторії. Як це впливає на надійність результатів експериментів?

3. Ефективність техніки висівання:

○ Оцініть ефективність техніки висівання на чашках Петрі для ізоляції окремих колоній. Як ця методика сприяє ідентифікації бактеріальних штамів?

4. Роль селективних середовищ у мікробіологічних дослідженнях:

○ Обговоріть роль селективних середовищ, таких як агар *Salmonella Shigella*, у мікробіологічних дослідженнях. Як вони допомагають у виявленні та ідентифікації специфічних видів бактерій?

### ***Оцінювання та зворотний зв'язок.***

Методи оцінювання:

✓ Під час виконання роботи передбачається тестування на платформі або в аудиторії, практичні запитання від викладача.

✓ Зазначте, як ці методи допомогли вам засвоїти матеріал та які аспекти були найбільш корисними.

Отриманий зворотний зв'язок:

✓ Опишіть, як зворотний зв'язок сприяв покращенню вашого розуміння теми та навичок роботи в лабораторії.

Самоаналіз:

✓ Проаналізуйте власну роботу та підхід до виконання завдань. Визначте, що було зроблено добре, а над чим варто працювати.

✓ Встановіть цілі для подальшого покращення своїх знань та навичок у цій галузі.

Рекомендації для майбутніх робіт:

✓ Поділіться своїми пропозиціями щодо покращення лабораторної роботи. Це можуть бути ідеї щодо обладнання, методів або додаткових ресурсів.

✓ Зазначте, як отриманий досвід може бути застосований у майбутніх дослідженнях або професійній діяльності.

***Оформлення звіту про виконання лабораторної роботи.*** Звіт виконується відповідно до форми та завантажується на перевірку у навчальну платформу університету [Навчальна дисципліна "Процеси](#)

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №7. Гомогенізація: принципи та застосування в біотехнології.**

**Мета роботи.** Навчитися ідентифікувати і класифікувати різноманітні суміші, такі як розчини, колоїди та суспензії. Вивчити процес гомогенізації, дізнаються про етапи цього процесу та механізм роботи гомогенізатора для одержання однорідних продуктів з покращеними властивостями.

**Теоретичні відомості.** Типи сумішей Існують три основні типи сумішей:

1. Розчини: Однорідні суміші, такі як солоня вода, де компоненти повністю змішані на молекулярному рівні.
2. Колоїди: Суміші, у яких частинки однорідно розподілені, але не розчинені повністю, наприклад, майонез.
3. Суспензії: Гетерогенні суміші, де частинки твердої речовини зависають у рідині, наприклад, грязь.

Гомогенізація – це механічний процес, що перетворює нестабільну емульсію на стабільну. Він зменшує розмір частинок дисперсної фази до однорідного розподілу в неперервній фазі. Процес гомогенізації зазвичай використовується на початкових етапах переробки молока та здійснюється за допомогою спеціальних пристроїв, званих гомогенізаторами.

Стандартна процедура включає два етапи. Гомогенізація використовує високий тиск для зменшення розміру частинок дисперсної фази. Емульсії проходять через маленькі отвори, визначені клапанами, що призводить до значного зменшення розміру частинок і збільшення їхньої поверхні.

Режим доступу до теоретичної частини : [Теорія "Гомогенізація: принципи та застосування в біотехнології".](#)

### **Цілі лабораторної роботи:**

✓ Отримати практичний досвід з гомогенізації, зрозуміти основи процесу та його вплив на якість продуктів.

**Хід виконання.** Перед початком роботи переконайтеся, що Вас додано до списку груп виконавців лабораторної роботи. Відповідно до розкладу переконайтесь в місці та даті проведення роботи.

Дотримуйтесь термінів встановлених до виконання цієї роботи. Під час виконання роботи передбачається тестування на платформі.

Дотримуйтесь наступного алгоритму роботи:

1. Вступ до сумішей:

- Ознайомтеся з різними типами сумішей, які можна знайти у харчових продуктах: розчини, колоїди та емульсії.
- Візьміть мікроскопічний зразок молока та досліджуйте його структуру. З'ясуйте, чим відрізняється оброблене комерційне молоко від сирого.

2. Процес гомогенізації молока:

- Розберіться в основах сумішей, колоїдів та емульсій.
- Використовуйте портативний гомогенізатор для проведення гомогенізації молока за двоетапним процесом.
- Візьміть зразки та аналізуйте їх під мікроскопом, порівнюючи розмір частинок сирого молока та молока, гомогенізованого на різних етапах процесу.
- Ознайомтеся з механізмом роботи гомогенізатора.

Режим доступу до виконання роботи на платформі : [Хід роботи "Гомогенізація: принципи та застосування в біотехнології"](#).

### ***Обговорення та висновки.***

Обговорення:

1. Ідентифікація типів сумішей
  - Поясніть, які типи сумішей присутні в харчових продуктах. Які приклади цих сумішей можна знайти в повсякденному житті?
2. Роль емульгаторів
  - Обговоріть значення емульгаторів у харчовій промисловості. Як вони допомагають стабілізувати суміші?
3. Молекулярна структура молока
  - Опишіть молекулярну будову молока. Як вода, жирові кульки та білкові міцели взаємодіють між собою?
4. Процес гомогенізації
  - Поясніть, як відбувається процес гомогенізації молока. Які етапи включає двоетапна гомогенізація і як вона впливає на розмір та розподіл жирових кульок?
5. Механіка роботи гомогенізатора
  - Обговоріть принцип роботи гомогенізатора. Як високий тиск та клапани впливають на зменшення розміру частинок?

Висновки:

1. Важливість гомогенізації для харчової промисловості
  - Зробіть висновок про значення гомогенізації для покращення якості харчових продуктів, зокрема молока. Як цей процес впливає на стабільність та смак молочних продуктів?
2. Застосування нових знань у практиці
  - Як отримані знання про гомогенізацію можна застосувати у виробництві молочних продуктів? Які інші процеси обробки молока можуть покращити його якість?
3. Взаємозв'язок між теорією та практикою
  - Як виконання цієї лабораторної роботи допомогло вам зрозуміти взаємозв'язок між теоретичними знаннями та їхнім практичним застосуванням? Які нові навички та знання ви здобули?

***Оцінювання та зворотний зв'язок.***

Методи оцінювання:

- ✓ Під час виконання роботи передбачається тестування на платформі або в аудиторії, практичні запитання від викладача.
- ✓ Зазначте, як ці методи допомогли вам засвоїти матеріал та які аспекти були найбільш корисними.

Отриманий зворотний зв'язок:

- ✓ Опишіть, як зворотний зв'язок сприяв покращенню вашого розуміння теми та навичок роботи в лабораторії.

Самоаналіз:

- ✓ Проаналізуйте власну роботу та підхід до виконання завдань. Визначте, що було зроблено добре, а над чим варто працювати.

- ✓ Встановіть цілі для подальшого покращення своїх знань та навичок у цій галузі.

Рекомендації для майбутніх робіт:

- ✓ Поділіться своїми пропозиціями щодо покращення лабораторної роботи. Це можуть бути ідеї щодо обладнання, методів або додаткових ресурсів.

- ✓ Зазначте, як отриманий досвід може бути застосований у майбутніх дослідженнях або професійній діяльності.

***Оформлення звіту про виконання лабораторної роботи.*** Звіт виконується відповідно до форми та завантажується на перевірку у навчальну платформу університету [Навчальна дисципліна "Процеси та апарати біотехнологічних виробництв"](#).

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №8. Визначення теплотворної здатності біопалива методом калориметрії.

**Мета роботи.** Ознайомитися з базовими кроками калориметрії, включаючи підготовку обладнання, проведення вимірювань та аналіз отриманих даних. Знати, як внутрішня енергія системи пов'язана з ентальпією через роботу та тепло.

**Теоретичні відомості.** Під час хімічної реакції, якщо система (молекули, які беруть участь у реакції) зазнає змін внутрішньої енергії,  $\Delta U$ , то навколишнє середовище (решта Всесвіту) зазнає подібних змін енергії, але з протилежним знаком:  $\Delta U = q + w$ , де  $q$  – кількість переданого тепла, а  $w$  – виконана робота.

існує багато видів енергії, але загалом їх можна розділити на дві форми: потенційну та кінетичну.

Потенційна енергія ( $E_{pot}$ ) – енергія, яку об'єкт має завдяки своїй позиції або факторів, таких як електричний заряд або внутрішнє напруження.

Кінетична енергія ( $E_{kin}$ ) – енергія об'єкта, яка виникає через його рух.

Калориметрія – наука, що використовує калориметр для вимірювання змін тепла, пов'язаних із хімічними реакціями. Вимірювання змін температури дозволяє обчислити зміну ентальпії реакції:  $\Delta H = C \cdot \Delta T$  де  $C$  – загальна теплоємність системи.

Ентальпія ( $H$ ) є властивістю системи і виражається у джоулях ( $J$ ). Вона визначається як:  $H = U + pV$  де  $U$  – внутрішня енергія системи,  $p$  – тиск,  $V$  – об'єм. Ентальпія пов'язана з теплом і температурою та використовується для опису енергетичного стану системи.

Біопаливо – це вид палива, що виробляється з біологічних матеріалів, таких як рослини або органічні відходи. Види біопалива включають:

### 1. Біоетанол:

- Виробляється шляхом ферментації цукрів з сільськогосподарських культур, таких як кукурудза, цукровий очерет або пшениця.

- Використовується як добавка до бензину або як самостійне паливо для транспортних засобів.

### 2. Біодизель:

- Виготовляється з рослинних олій або тваринних жирів шляхом трансестерифікації.

- Використовується як замітник або добавка до дизельного палива.

### 3. Біогаз:

- Утворюється в результаті анаеробного розкладу органічних матеріалів, таких як гній, харчові відходи або стічні води.

- Використовується для виробництва електроенергії, опалення або як паливо для транспортних засобів.

### 4. Біо-авіаційне паливо:

- Отримується з різних біологічних джерел і використовується як замітник авіаційного палива.

Значення біопалива в контексті біоенергетики Біопаливо відіграє важливу роль у розвитку біоенергетики та біотехнологій з наступних причин:

#### 1. Зменшення викидів парникових газів:

- Виробництво і використання біопалива сприяє зменшенню викидів CO<sub>2</sub> та інших парникових газів у порівнянні з викопними видами палива, що допомагає боротися зі зміною клімату.

#### 2. Відновлюваний ресурс:

- Біопаливо виготовляється з відновлюваних джерел, таких як рослинна сировина або органічні відходи, що робить його стійким і надійним джерелом енергії.

#### 3. Зниження залежності від викопних видів палива:

- Використання біопалива зменшує залежність від викопних видів палива, таких як нафта та природний газ, що сприяє енергетичній безпеці.

#### 4. Економічний розвиток:

- Виробництво біопалива створює нові робочі місця в сільському господарстві, переробній промисловості та дослідницьких установах.

Важливість дослідження теплотворної здатності біопалива Дослідження теплотворної здатності біопалива є критично важливим з кількох причин:

#### 1. Оцінка енергетичного потенціалу:

- Вимірювання теплотворної здатності дозволяє оцінити кількість енергії, яку можна отримати з певного виду біопалива, що є важливим для планування енергетичних ресурсів.

## 2. Оптимізація процесів виробництва:

○ Знання теплотворної здатності допомагає оптимізувати процеси виробництва біопалива для досягнення максимального виходу енергії.

## 3. Порівняння з традиційними видами палива:

○ Аналіз теплотворної здатності біопалива дозволяє порівняти його з традиційними видами палива, такими як бензин або дизель, і визначити конкурентоспроможність біопалива.

## 4. Розробка нових видів біопалива:

○ Дослідження теплотворної здатності сприяє розробці та впровадженню нових видів біопалива з покращеними енергетичними характеристиками.

Режим доступу до теоретичної частини : [Теорія "Визначення теплотворної здатності біопалива методом калориметрії."](#)

### ***Цілі лабораторної роботи:***

✓ Отримати практичний досвід проведення калориметричного експерименту для визначення теплотворної здатності біопалива. Зрозуміти основи процесу калориметрії та його значення для оцінки енергетичних характеристик палива..

***Хід виконання.*** Перед початком роботи переконайтеся, що Вас додано до списку груп виконавців лабораторної роботи. Відповідно до розкладу переконайтеся в місці та даті проведення роботи. Дотримуйтеся термінів встановлених до виконання цієї роботи. Під час виконання роботи передбачається тестування на платформі.

Дотримуйтеся наступного алгоритму роботи:

### 1. Вступ до енергії та термодинаміки:

• Досліджуйте основне питання: "Що таке енергія?"  
• Ознайомтеся з термодинамічним поняттям ентальпії та першим законом термодинаміки.

• Обговоріть різні типи енергії та їх перетворення.

### 2. Виклик зберігання енергії:

• Обговоріть найкращі способи зберігання енергії та їхні переваги і недоліки.

• Використовуючи калориметр, визначте теплотворну здатність зразків біопалива та порівняйте їх з традиційними видами палива.

### 3. Основні поняття термодинаміки:

• Вивчіть перший закон термодинаміки та поняття ентальпії за



допомогою сучасного бомбового калориметра.

- Порівняйте енергетичні властивості різних видів палива та визначте найкраще паливо для зберігання енергії.

4. Поєднання теорії та практики:

- Поєднайте фундаментальні знання з термодинаміки з експериментальними результатами калориметра.

- Використовуючи отримані дані, запропонуйте рішення для виклику зберігання енергії.

Режим доступу до виконання роботи на платформі : [Хід роботи "Визначення теплотворної здатності біопалива методом калориметрії."](#)

### ***Обговорення та висновки.***

Обговорення:

1. Перший закон термодинаміки:

- Поясніть перший закон термодинаміки та його значення. Як цей закон пов'язаний із законом збереження енергії?

2. Ентальпія та внутрішня енергія:

- Обговоріть поняття ентальпії та внутрішньої енергії. Як ці величини пов'язані між собою і чому важливо знати їх при аналізі хімічних реакцій?

3. Калориметрія:

- Опишіть процес проведення калориметричного експерименту. Які кроки є критичними для отримання точних результатів?

4. Виклик зберігання енергії:

- Обговоріть різні способи зберігання енергії. Які переваги та недоліки має зберігання енергії у вигляді хімічних сполук, таких як октан?

Висновки:

1. Важливість термодинамічних законів:

- Зробіть висновок про значення першого закону термодинаміки для розуміння енергетичних процесів. Як це знання може бути застосоване у практиці?

2. Ентальпія та внутрішня енергія:

- Підсумуйте, чому важливо знати ентальпію та внутрішню енергію хімічних реакцій. Як ці величини допомагають передбачати енергетичні зміни у системі?

3. Практичне застосування калориметрії:

○ Оцініть роль калориметрії у визначенні енергетичних характеристик речовин. Як ці знання можуть бути використані у промисловості та науці?

4. Зберігання енергії у вигляді хімічних сполук:

○ Обговоріть можливості зберігання енергії у вигляді хімічних сполук. Які властивості роблять певні речовини більш або менш придатними для цього?

5. Взаємозв'язок між теорією та практикою:

○ Як виконання цієї лабораторної роботи допомогло вам зрозуміти взаємозв'язок між теоретичними знаннями та їхнім практичним застосуванням? Які нові навички та знання ви здобули?

### ***Оцінювання та зворотний зв'язок.***

Методи оцінювання:

✓ Під час виконання роботи передбачається тестування на платформі або в аудиторії, практичні запитання від викладача.

✓ Зазначте, як ці методи допомогли вам засвоїти матеріал та які аспекти були найбільш корисними.

Отриманий зворотний зв'язок:

✓ Опишіть, як зворотний зв'язок сприяв покращенню вашого розуміння теми та навичок роботи в лабораторії.

Самоаналіз:

✓ Проаналізуйте власну роботу та підхід до виконання завдань. Визначте, що було зроблено добре, а над чим варто працювати.

✓ Встановіть цілі для подальшого покращення своїх знань та навичок у цій галузі.

Рекомендації для майбутніх робіт:

✓ Поділіться своїми пропозиціями щодо покращення лабораторної роботи. Це можуть бути ідеї щодо обладнання, методів або додаткових ресурсів.

✓ Зазначте, як отриманий досвід може бути застосований у майбутніх дослідженнях або професійній діяльності.

***Оформлення звіту про виконання лабораторної роботи.*** Звіт виконується відповідно до форми та завантажується на перевірку у навчальну платформу університету [Навчальна дисципліна "Процеси та апарати біотехнологічних виробництв"](#).

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №9. Проста дистиляція в переробці біотехнологічних відходів.

**Мета роботи.** Ознайомити студентів з принципами та практичним застосуванням дистиляції для розділення компонентів сумішей. Навчити студентів налаштовувати апарат для простої дистиляції та пояснити функції кожного компонента. Навчити студентів інтерпретувати графіки, що відображають залежність температури кипіння від складу та об'єму суміші.

**Теоретичні відомості.** Проста дистиляція – це метод, при якому рідина кип'ятиться в одному місці, а отримані газы негайно конденсуються та збираються в окремій колбі. Установка для простої дистиляції включає термометр, дистиляційну колбу, нагрівальну мантию, конденсатор, систему охолодження та колбу для збору конденсату. Проста дистиляція ефективна для очищення сумішей рідин з різницею температур кипіння понад 70°C.

Для візуалізації результатів дистиляції записують об'єм дистиляту та температуру його збору, створюючи графік. Горизонтальні ділянки графіка вказують на температуру кипіння компонентів, тоді як вертикальні ділянки – на перехід між температурами кипіння двох речовин.

Крива складу кипіння суміші двох компонентів має температурну шкалу по осі Y та молекулярний відсотковий склад одного з компонентів по осі X. Нижня лінія – це лінія складу рідини, а верхня – лінія складу пари. Склад пари завжди збагачений компонентом з нижчою температурою кипіння.

Температура кипіння рідини – це температура, при якій тиск пари рідини дорівнює зовнішньому тиску. На різних висотах атмосферний тиск змінюється, що впливає на температуру кипіння. Наприклад, на вершині Евересту вода кипить при приблизно 70°C через низький атмосферний тиск.

Переробка біотехнологічних відходів є критично важливою для збереження навколишнього середовища та сталого розвитку. Відходи, що утворюються під час виробництва біодизелю, фармацевтичних препаратів, ферментації та інших біотехнологічних процесів, можуть бути потенційно небезпечними для довкілля. Невикористані або неправильно утилізовані відходи можуть призвести до забруднення водних ресурсів, ґрунту та повітря. Тому

розробка та впровадження ефективних методів переробки є нагальною потребою.

Важливість переробки для сталого розвитку:

1. Зменшення забруднення: Переробка біотехнологічних відходів знижує ризик забруднення екосистем і зберігає природні ресурси.

2. Ефективне використання ресурсів: Рециклінг відходів дозволяє ефективно використовувати сировину, знижуючи потребу у видобутку нових ресурсів.

3. Енергозбереження: Використання відходів як вторинного ресурсу для виробництва енергії зменшує залежність від викопних видів палива.

4. Економічні переваги: Впровадження переробки відходів створює нові робочі місця та сприяє розвитку зеленої економіки.

Приклади біотехнологічних відходів та їх переробка за допомогою дистиляції:

1. Відходи від виробництва біодизелю:

○ При виробництві біодизелю з рослинних олій утворюються відходи, такі як гліцерин, метанол та вода. Ці компоненти можуть бути відокремлені та повторно використані за допомогою простої дистиляції. Гліцерин можна використовувати у виробництві мила та косметичних засобів, метанол – як паливо або сировину для хімічних процесів, а очищену воду – для технічних потреб.

2. Відходи від ферментаційних процесів:

○ В процесі ферментації утворюються відходи, такі як органічні кислоти та етанол. Ці компоненти можуть бути очищені за допомогою дистиляції та використані в інших біотехнологічних процесах або як паливо.

3. Фармацевтичні відходи:

○ Відходи фармацевтичного виробництва можуть містити різні розчинники та активні речовини. Дистиляція дозволяє відокремити та повторно використати цінні компоненти, знижуючи обсяг шкідливих відходів.

Режим доступу до теоретичної частини : [Теорія "Проста дистиляція в переробці біотехнологічних відходів"](#).

***Цілі лабораторної роботи:***

✓ Зрозуміти процес дистиляції, навчитися правильно налаштовувати обладнання та аналізувати результати експерименту.

**Хід виконання.** Перед початком роботи переконайтеся, що Вас додано до списку груп виконавців лабораторної роботи. Відповідно до розкладу переконайтеся в місці та даті проведення роботи. Дотримуйтесь термінів встановлених до виконання цієї роботи. Під час виконання роботи передбачається тестування на платформі.

Дотримуйтесь наступного алгоритму роботи:

1. Налаштування обладнання для дистиляції:

- Почніть з правильного налаштування обладнання для дистиляції. Кожна частина апарату має своє призначення та повинна бути зібрана належним чином для успішного проведення експерименту.

- Переконайтеся, що всі компоненти знаходяться на своїх місцях перед початком експерименту.

2. Проведення експерименту з дистиляції в реальному часі:

- Після початку дистиляції ви зможете спостерігати за графіком "Температура-Об'єм" в реальному часі.

- Під час експерименту вам потрібно буде збирати різні зразки. Лаборант надасть вам криві складу кипіння, щоб ви могли зрозуміти, що відбувається під час процесу дистиляції як у дистиляційному апараті, так і у збірних колбах.

3. Аналіз результатів:

- Перегляньте свої дані та проаналізуйте результати. Чи вдалося вам відокремити три компоненти з вашого зразка?

- Розгляньте можливість проведення інших експериментів для подальшої оптимізації розділення суміші.

Режим доступу до виконання роботи на платформі : [Хід роботи "Проста дистиляція в переробці біотехнологічних відходів"](#).

**Обговорення та висновки.**

Обговорення:

1. Застосування техніки дистиляції:

- Поясніть, як техніка дистиляції використовується для розділення та рециклінгу відходів від виробництва біодизелю.

- Які переваги та недоліки має проста дистиляція у порівнянні з фракційною дистиляцією?

2. Молекулярний склад суміші:

- Розрахуйте моль% складу суміші для кожного компонента (гліцерин, вода, метанол).

- Як змінювався молекулярний склад суміші під час

дистиляції?

3. Функції компонентів дистиляційного апарату:

○ Опишіть функції різних компонентів дистиляційного апарату (термометр, дистиляційна колба, конденсатор тощо).

○ Чому важливо правильно зібрати охолоджувальну систему та розмістити термометр?

4. Інтерпретація графіків:

○ Поясніть, як інтерпретувати графіки "Температура-Об'єм дистиляту" та криві складу кипіння.

○ Як ці графіки допомагають оцінити ефективність дистиляції?

5. Температура кипіння та атмосферний тиск:

○ Обговоріть залежність температури кипіння від атмосферного тиску.

○ Як різні атмосферні тиски можуть вплинути на результати дистиляції?

6. Вибір між простою та фракційною дистиляцією:

○ Коли слід використовувати просту дистиляцію, а коли – фракційну? Поясніть причини вибору однієї з цих технік залежно від ситуації.

Висновки:

1. Оптимізація дистиляції:

○ Які додаткові експерименти ви могли б провести для подальшої оптимізації розділення суміші?

2. Взаємозв'язок між теорією та практикою:

○ Як виконання цієї лабораторної роботи допомогло вам зрозуміти взаємозв'язок між теоретичними знаннями та їхнім практичним застосуванням? Які нові навички та знання ви здобули?

**Оцінювання та зворотний зв'язок.**

Методи оцінювання:

✓ Під час виконання роботи передбачається тестування на платформі або в аудиторії, практичні запитання від викладача.

✓ Зазначте, як ці методи допомогли вам засвоїти матеріал та які аспекти були найбільш корисними.

Отриманий зворотний зв'язок:

✓ Опишіть, як зворотний зв'язок сприяв покращенню вашого розуміння теми та навичок роботи в лабораторії.

Самоаналіз:

✓ Проаналізуйте власну роботу та підхід до виконання

завдань. Визначте, що було зроблено добре, а над чим варто працювати.

✓ Встановіть цілі для подальшого покращення своїх знань та навичок у цій галузі.

Рекомендації для майбутніх робіт:

✓ Поділіться своїми пропозиціями щодо покращення лабораторної роботи. Це можуть бути ідеї щодо обладнання, методів або додаткових ресурсів.

✓ Зазначте, як отриманий досвід може бути застосований у майбутніх дослідженнях або професійній діяльності.

**Оформлення звіту про виконання лабораторної роботи.** Звіт виконується відповідно до форми та завантажується на перевірку у навчальну платформу університету [Навчальна дисципліна "Процеси та апарати біотехнологічних виробництв"](#).

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №10. Тонкошарова хроматографія в аналізі біологічних сумішей.**

**Мета роботи.** Оволодіти практичними навичками проведення експериментів, розвинути розуміння основних принципів хроматографії та застосування її для аналізу хімічних реакцій та складу зразків.

**Теоретичні відомості.** Тонкошарова хроматографія (TLC) – аналітична техніка, що розділяє компоненти в суміші. Вона використовується для визначення кількості та ідентичності різних сполук у реакційній суміші та моніторингу прогресу реакції. Всі форми хроматографії базуються на одному принципі.

Найпоширеніший метод візуалізації для TLC органічних сполук – використання УФ-світла. Поверхня пластини покрита сполукою, що флуоресцює під УФ-світлом. Органічні сполуки гасять флуоресценцію, утворюючи темні плями. Для деяких сполук потрібні хімічні методи фарбування.

Фактор утримання ( $R_f$ )  $R_f$  – це співвідношення відстані, яку пройшла сполука, до відстані, яку пройшов фронт розчинника.

Міжмолекулярні сили є основою для розділення сполук за допомогою TLC. Стаціонарна фаза – це 3D-мережа з силікагелю, з полярною поверхнею, що взаємодіє з зразком. Полярні сполуки

утримуються на пластині сильніше, ніж неполярні, що призводить до їх розділення. Рухома фаза витісняє сполуки, залежно від їх взаємодії зі стаціонарною фазою.

Режим доступу до теоретичної частини : [Теорія "Тонкошарова хроматографія в аналізі біологічних сумішей"](#).

### ***Цілі лабораторної роботи:***

✓ Оволодіти практичними навичками проведення експериментів з TLC, розвинути розуміння основних принципів хроматографії та її застосування для аналізу біологічних сумішей.

**Хід виконання.** Перед початком роботи переконайтеся, що Вас додано до списку груп виконавців лабораторної роботи. Відповідно до розкладу переконайтесь в місці та даті проведення роботи. Дотримуйтесь термінів встановлених до виконання цієї роботи. Під час виконання роботи передбачається тестування на платформі.

Дотримуйтесь наступного алгоритму роботи:

#### 1. Дослідження взаємодій у TLC

- Ознайомтеся з процесом розділення пігментів у листі шпинату за допомогою TLC.
- Вивчіть основні компоненти TLC: розчинник, стаціонарну фазу, зразок і час.
- Спостерігайте за взаємодіями між стаціонарною фазою та зразком, використовуючи найбільшу у світі TLC-пластину (в очікуванні офіційної сертифікації).

#### 2. Визначення рухомої фази методом проб і помилок

- Після дослідження взаємодій, почніть визначення співвідношення розчинника для вашої TLC-пластини.
- Випробуйте різні комбінації полярних і неполярних розчинників, щоб розділити сполуки з різною полярністю.
- Знайдіть ідеальну рухому фазу для розділення цікавих молекул. Віртуальна лабораторія дозволяє отримувати миттєвий зворотній зв'язок.

#### 3. Моніторинг прогресу реакції за допомогою TLC та аналіз результатів

- Після визначення правильного співвідношення розчинника, приступайте до роботи.
- Зберіть та проведіть власний TLC-експеримент для моніторингу прогресу реакції.
- Виберіть відповідне обладнання, експериментуйте з



розміщенням пластини та правильно наносить зразок на стаціонарну фазу.

- Вчасно вийміть пластину з камери для розвитку.
- Після проведення експерименту, переходьте до аналізу пластини під УФ-світлом. Визначте, коли реакція завершилася.
- Виміряйте відстань, яку пройшли плями, щоб обчислити значення  $R_f$ .
- Проаналізуйте результати та визначте час завершення реакції.

Режим доступу до виконання роботи на платформі : [Хід роботи "Тонкошарова хроматографія в аналізі біологічних сумішей"](#).

### ***Обговорення та висновки.***

Обговорення:

1. Взаємодії в тонкошаровій хроматографії (TLC):
  - Поясніть, як полярність сполук впливає на їх розділення за допомогою TLC.
  - Як взаємодії між стаціонарною фазою, рухомою фазою та зразком сприяють процесу розділення?
2. Вибір рухомої фази:
  - Яким чином вибір розчинника впливає на ефективність розділення сполук у TLC?
  - Опишіть ваш метод проб і помилок для визначення ідеального співвідношення розчинника для рухомої фази. Які фактори ви враховували під час вибору?
3. Моніторинг прогресу реакції за допомогою TLC:
  - Як TLC можна використовувати для моніторингу прогресу хімічної реакції?
  - Які ознаки на TLC-пластині свідчать про завершення реакції?
4. Аналіз результатів TLC:
  - Як правильно вимірювати відстані міграції плям на TLC-пластині та обчислювати значення  $R_f$ ?
  - Що означає  $R_f$ -значення для різних сполук? Як вони можуть допомогти ідентифікувати компоненти суміші?
5. Методи візуалізації TLC:
  - Які методи візуалізації використовуються для аналізу TLC-пластин? Які переваги та обмеження кожного методу?
  - Коли слід використовувати УФ-світло, а коли - хімічне фарбування для візуалізації TLC?

Висновки:

1. Розуміння принципів TLC:

○ Підсумуйте основні принципи тонкошарової хроматографії та їх значення для розділення сполук.

○ Як виконання цього експерименту допомогло вам зрозуміти ці принципи на практиці?

2. Ефективність розділення сполук:

○ Оцініть ефективність розділення сполук у вашому експерименті. Чи вдалося вам отримати чіткі та розділені плями на TLC-пластині?

○ Які фактори могли вплинути на результати та як ви могли б покращити розділення?

3. Практичне застосування TLC:

○ Обговоріть можливі області застосування TLC у лабораторній практиці та промисловості.

○ Як навички, здобуті під час виконання цієї лабораторної роботи, можуть бути корисними у вашій майбутній професійній діяльності?

4. Взаємозв'язок між теорією та практикою:

○ Як виконання цієї лабораторної роботи допомогло вам зрозуміти взаємозв'язок між теоретичними знаннями та їхнім практичним застосуванням?

○ Які нові навички та знання ви здобули під час виконання експерименту?

5. Оптимізація процесу:

○ Які додаткові експерименти ви могли б провести для подальшої оптимізації процесу розділення сполук за допомогою TLC?

○ Які рекомендації ви могли б дати для покращення точності та ефективності експерименту?

***Оцінювання та зворотний зв'язок.***

Методи оцінювання:

✓ Під час виконання роботи передбачається тестування на платформі або в аудиторії, практичні запитання від викладача.

✓ Зазначте, як ці методи допомогли вам засвоїти матеріал та які аспекти були найбільш корисними.

Отриманий зворотний зв'язок:

✓ Опишіть, як зворотний зв'язок сприяв покращенню вашого

розуміння теми та навичок роботи в лабораторії.

Самоаналіз:

✓ Проаналізуйте власну роботу та підхід до виконання завдань. Визначте, що було зроблено добре, а над чим варто працювати.

✓ Встановіть цілі для подальшого покращення своїх знань та навичок у цій галузі.

Рекомендації для майбутніх робіт:

✓ Поділіться своїми пропозиціями щодо покращення лабораторної роботи. Це можуть бути ідеї щодо обладнання, методів або додаткових ресурсів.

✓ Зазначте, як отриманий досвід може бути застосований у майбутніх дослідженнях або професійній діяльності.

**Оформлення звіту про виконання лабораторної роботи.** Звіт виконується відповідно до форми та завантажується на перевірку у навчальну платформу університету [Навчальна дисципліна "Процеси та апарати біотехнологічних виробництв"](#).

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №11. Іонообмінна хроматографія в очищенні біомолекул.**

**Мета роботи.** Ознайомитися з принципами розділення сполук за зарядом за допомогою іонообмінної хроматографії, зрозуміти механізми, що забезпечують розділення молекул з різними зарядами, та навчитися інтерпретувати результати хроматографічного аналізу.

**Теоретичні відомості.** Рідинна хроматографія - це метод хроматографії, де рухома фаза - це рідина, а стаціонарна фаза може бути твердою або рідкою. Існує кілька типів рідинної хроматографії, залежно від взаємодії між фазами, що визначає метод розділення зразків:

1. Хроматографія нормальної фази;
2. Обернено-фазова хроматографія;
3. Іонообмінна хроматографія;
4. Гель-фільтраційна хроматографія (виключення за розміром);
5. Афінна хроматографія.

Рідинна хроматографія зазвичай використовує силу тяжіння для проходження рухомої фази через стаціонарну фазу, але при значно

вищому робочому тиску (50-350 бар) використовують метод ВЕРХ (високоєфективна рідинна хроматографія).

Типове обладнання для рідинної хроматографії складається з декількох важливих компонентів:

- Резервуар рухомої фази: зберігає розчинник.
- Насоси: створюють високий тиск для руху рухомої фази.
- Інжектор зразка: вводить зразок у систему.
- Резервуар стаціонарної фази: містить стаціонарну фазу, де відбувається розділення.
- Детектор: ідентифікує та кількісно визначає розділені аналіти.
- Колектор фракцій: збирає зразки в різних фракціях відповідно до встановлених параметрів.

Іонообмінна хроматографія використовує розділення молекул за їх зарядом. Вона часто використовується для розділення заряджених біологічних молекул, таких як білки, пептиди, амінокислоти або нуклеотиди. рН середовища визначає заряд білків. Вибір буферного рН дозволяє ефективно розділяти різні молекули залежно від їхнього заряду.

Режим доступу до теоретичної частини : [Теорія "Іонообмінна хроматографія в очищенні біомолекул"](#).

#### ***Цілі лабораторної роботи:***

✓ Оволодіти навичками підготовки зразків, проведення іонообмінної хроматографії, аналізу результатів та вибору очищених фракцій білків.

***Хід виконання.*** Перед початком роботи переконайтеся, що Вас додано до списку груп виконавців лабораторної роботи. Відповідно до розкладу переконайтесь в місці та даті проведення роботи. Дотримуйтесь термінів встановлених до виконання цієї роботи. Під час виконання роботи передбачається тестування на платформі.

Дотримуйтесь наступного алгоритму роботи:

1. Підготовка зразка білка:

- Перший крок у хроматографії - підготовка зразка.
- Спочатку витягніть мономери альфа-синуклеїну (αSN).
- Використовуйте процес сонікації для вилучення білка, який виробляється бактеріальним штамом E. coli. Сонікація сприяє розриву клітинних мембран та вивільненню вмісту клітин у розчин.

2. Проведення іонообмінної хроматографії:

- Наступним кроком є очищення витягнутих мономерів aSN за допомогою іонообмінної хроматографії.

- Спочатку ознайомтеся з різними компонентами хроматографічного обладнання.

- Потім застосуйте свої знання та проведіть експеримент самостійно.

3. Аналіз результатів та вибір правильної фракції

- Після завершення хроматографії, проаналізуйте отриманий хроматограм.

- Знайдіть фракцію, що містить очищений білок aSN.

Режим доступу до виконання роботи на платформі : [Хід роботи "Іонообмінна хроматографія в очищенні біомолекул"](#).

### ***Обговорення та висновки.***

Обговорення:

1. Підготовка зразка білка

- Поясніть процес сонікації для вилучення білка з бактеріального штаму *E. coli*.

- Які переваги має сонікація для підготовки зразків у біологічних дослідженнях?

2. Іонообмінна хроматографія

- Які основні компоненти обладнання для рідинної хроматографії? Які їх функції?

- Поясніть принцип розділення сполук методом іонообмінної хроматографії. Як вибір буферного рН впливає на розділення білків?

3. Аналіз результатів хроматографії

- Як інтерпретувати хроматограм для визначення фракцій, що містять очищений білок aSN?

- Які параметри використовуються для вибору правильної фракції під час збору зразків?

Висновки:

1. Розуміння принципів іонообмінної хроматографії

- Підсумуйте основні принципи іонообмінної хроматографії та їх значення для розділення сполук.

- Як виконання цього експерименту допомогло вам зрозуміти ці принципи на практиці?

2. Ефективність очищення білків

- Оцініть ефективність очищення білків у вашому експерименті.

Чи вдалося вам отримати високопурифікований білок aSN?

○ Які фактори могли вплинути на результати та як ви могли б покращити процес очищення?

### 3. Практичне застосування хроматографії

○ Обговоріть можливі області застосування іонообмінної хроматографії у лабораторній практиці та промисловості.

○ Як навички, здобуті під час виконання цієї лабораторної роботи, можуть бути корисними у вашій майбутній професійній діяльності?

### 4. Взаємозв'язок між теорією та практикою

○ Як виконання цієї лабораторної роботи допомогло вам зрозуміти взаємозв'язок між теоретичними знаннями та їхнім практичним застосуванням?

○ Які нові навички та знання ви здобули під час виконання експерименту?

### ***Оцінювання та зворотний зв'язок.***

Методи оцінювання:

✓ Під час виконання роботи передбачається тестування на платформі або в аудиторії, практичні запитання від викладача.

✓ Зазначте, як ці методи допомогли вам засвоїти матеріал та які аспекти були найбільш корисними.

Отриманий зворотний зв'язок:

✓ Опишіть, як зворотний зв'язок сприяв покращенню вашого розуміння теми та навичок роботи в лабораторії.

Самоаналіз:

✓ Проаналізуйте власну роботу та підхід до виконання завдань. Визначте, що було зроблено добре, а над чим варто працювати.

✓ Встановіть цілі для подальшого покращення своїх знань та навичок у цій галузі.

Рекомендації для майбутніх робіт:

✓ Поділіться своїми пропозиціями щодо покращення лабораторної роботи. Це можуть бути ідеї щодо обладнання, методів або додаткових ресурсів.

✓ Зазначте, як отриманий досвід може бути застосований у майбутніх дослідженнях або професійній діяльності.

***Оформлення звіту про виконання лабораторної роботи.*** Звіт виконується відповідно до форми та завантажується на перевірку у навчальну платформу університету [Навчальна дисципліна "Процеси](#)

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №12. Електрофорез нуклеїнових кислот у біотехнологічних дослідженнях.**

**Мета роботи.** Навчитися використовувати гель-електрофорез для розділення та візуалізації ДНК та РНК. Ознайомитися з процесом міграції нуклеїнових кислот через гель та чинниками, що впливають на цей процес. Навчитися правильно аналізувати отримані результати гель-електрофорезу, використовуючи ДНК-лінійку для порівняння та контрольні зразки для перевірки точності.

**Теоретичні відомості.** Гель-електрофорез – це метод розділення заряджених макромолекул (ДНК, РНК або білків) різних розмірів з використанням електричного струму. Ця техніка дозволяє візуалізувати та оцінювати довжину молекул нуклеїнових кислот.

Для проведення експерименту з гель-електрофорезу потрібні:

- Напівтверда пориста гель-матриця (агарозний або поліакриламідний гель);
- Зразок ДНК або РНК;
- Буфер для завантаження;
- Барвник;
- Зразки молекулярних вагових стандартів ("лінійки").

Позитивний електрод розташовується на одному кінці гелю, а негативний катод – на іншому. Зразки ДНК завантажуються в лунки на гелі. ДНК, маючи негативний заряд, рухається через пори гелю до позитивного електрода. Менші молекули ДНК рухаються швидше, ніж більші, що призводить до розділення за розміром.

Після електрофорезу різні фрагменти візуалізуються як смуги на певних відстанях від верхнього краю гелю. Довжини фрагментів ДНК оцінюються порівнянням з "лінійкою". Суміш фрагментів різного розміру виглядає як довга розмита смуга. Великі фрагменти формують одну велику смугу на верху гелю.

Режим доступу до теоретичної частини : [Теорія "Електрофорез нуклеїнових кислот у біотехнологічних дослідженнях".](#)

**Цілі лабораторної роботи:**

- ✓ Навчитися використовувати гель-електрофорез для

ідентифікації осіб за допомогою ДНК-фінгерпринтингу, розвинути навички підготовки зразків, проведення гель-електрофорезу та аналізу результатів.

**Хід виконання.** Перед початком роботи переконайтеся, що Вас додано до списку груп виконавців лабораторної роботи. Відповідно до розкладу переконайтеся в місці та даті проведення роботи. Дотримуйтеся термінів встановлених до виконання цієї роботи. Під час виконання роботи передбачається тестування на платформі.

Дотримуйтеся наступного алгоритму роботи:

1. Завантаження гелю:

- Зразки ДНК вже зібрані, екстраговані та ампліфіковані.
- Почніть з підготовки зразків та завантаження їх у агарозний гель за допомогою піпетки.

2. Дослідження всередині гелю:

- Після завантаження всіх зразків у гель, розпочніть процес гель-електрофорезу.
- Поки процес триває, зануртесь у гель-танк і дізнайтесь, як ДНК-фрагменти розділяються за розміром за допомогою цієї техніки через інтерактивну анімацію.

3. Аналіз гелю:

- ДНК-фрагменти вже розділені та візуалізовані, тож ви можете порівняти патерни смуг двох зразків.

Режим доступу до виконання роботи на платформі : [Хід роботи "Електрофорез нуклеїнових кислот у біотехнологічних дослідженнях"](#).

**Обговорення та висновки.**

Обговорення:

1. Завантаження гелю:

- Опишіть процес підготовки зразків та завантаження їх у агарозний гель. Чому важливо правильно завантажувати зразки?
- Які функції виконує буфер для завантаження під час гель-електрофорезу?

2. Процес гель-електрофорезу:

- Поясніть, як негативно заряджені молекули ДНК мігрують через пори агарозного гелю під дією електричного струму.
- Чому менші молекули ДНК рухаються швидше через гель у порівнянні з більшими молекулами?

3. Аналіз гелю:



○ Як ДНК-фрагменти візуалізуються після завершення гель-електрофорезу? Яку роль відіграють флуоресцентні або кольорові барвники?

○ Як використовувати ДНК-лінійку для порівняння довжин фрагментів ДНК у зразках?

Висновки:

1. Розуміння принципів гель-електрофорезу:

○ Підсумуйте основні принципи гель-електрофорезу та його значення для розділення нуклеїнових кислот.

○ Як виконання цього експерименту допомогло вам зрозуміти ці принципи на практиці?

2. Ефективність розділення молекул ДНК:

○ Оцініть ефективність розділення молекул ДНК у вашому експерименті. Чи вдалося вам отримати чіткі та розділені смуги на гелі?

○ Які фактори могли вплинути на результати та як ви могли б покращити процес розділення?

3. Практичне застосування гель-електрофорезу:

○ Обговоріть можливі області застосування гель-електрофорезу у лабораторній практиці та криміналістиці.

○ Як навички, здобуті під час виконання цієї лабораторної роботи, можуть бути корисними у вашій майбутній професійній діяльності?

4. Взаємозв'язок між теорією та практикою:

○ Як виконання цієї лабораторної роботи допомогло вам зрозуміти взаємозв'язок між теоретичними знаннями та їхнім практичним застосуванням?

○ Які нові навички та знання ви здобули під час виконання експерименту?

***Оцінювання та зворотний зв'язок.***

Методи оцінювання:

✓ Під час виконання роботи передбачається тестування на платформі або в аудиторії, практичні запитання від викладача.

✓ Зазначте, як ці методи допомогли вам засвоїти матеріал та які аспекти були найбільш корисними.

Отриманий зворотний зв'язок:

✓ Опишіть, як зворотний зв'язок сприяв покращенню вашого розуміння теми та навичок роботи в лабораторії.

Самоаналіз:

✓ Проаналізуйте власну роботу та підхід до виконання завдань. Визначте, що було зроблено добре, а над чим варто працювати.

✓ Встановіть цілі для подальшого покращення своїх знань та навичок у цій галузі.

Рекомендації для майбутніх робіт:

✓ Поділіться своїми пропозиціями щодо покращення лабораторної роботи. Це можуть бути ідеї щодо обладнання, методів або додаткових ресурсів.

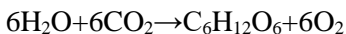
✓ Зазначте, як отриманий досвід може бути застосований у майбутніх дослідженнях або професійній діяльності.

**Оформлення звіту про виконання лабораторної роботи.** Звіт виконується відповідно до форми та завантажується на перевірку у навчальну платформу університету [Навчальна дисципліна "Процеси та апарати біотехнологічних виробництв"](#).

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №13. Екстракція біологічно активних речовин з рослинної сировини.

**Мета роботи.** Провести експериментальні вимірювання спектрів поглинання різних пігментів. Визначити хімічні властивості пігментів і їх роль у фотосинтезі.

**Теоретичні відомості.** Фотосинтез - це процес, за допомогою якого фотоавтотрофи (організми, що "самостійно годуються") використовують енергію сонця для синтезу складних органічних молекул з вуглекислого газу та води. Загальне рівняння цієї реакції виглядає так:



Хоча це рівняння лише поверхнево правильне, під ним лежать складні механізми. Всі реакції фотосинтезу поділяються на дві окремі процеси: світлову реакцію та цикл Кальвіна. У цій симуляції ми зосередимося на світловій реакції — перетворенні сонячного світла в хімічну енергію у формі АТФ та відновлювального агента НАДФН.

У еукаріотичних організмах фотосинтез відбувається в хлоропластах, які складаються з трьох мембран. Найвнутрішня

мембрана формує структури, схожі на стоси, названі тилакоїдами. Фотосинтез відбувається в мембрані тилакоїдів.

Пігменти розташовані у мембранно-оточених структурах, таких як тилакоїдна мембрана. Вони можуть поглинати різні довжини хвиль світла завдяки своїм хімічним властивостям, які визначають їхню розчинність у органічних чи неорганічних розчинниках.

Пігменти відіграють вирішальну роль у фотосинтезі, оскільки вони відповідають за поглинання світла, необхідного для цього процесу. Основні функції пігментів у фотосинтезі включають:

1. Поглинання світла:

○ Пігменти, такі як хлорофіл, каротиноїди та фікоціаніни, поглинають світло різних довжин хвиль. Хлорофіл, наприклад, поглинає червоне та синє світло, але відбиває зелене, що робить рослини зеленими.

2. Перетворення енергії:

○ Після поглинання світла пігменти передають енергію фотонів до реакційного центру, де ця енергія використовується для перетворення ADP на АТФ та NADP<sup>+</sup> на NADPH. Ці молекули зберігають енергію, яка пізніше використовується в циклі Кальвіна для синтезу органічних сполук.

3. Захист від фотоокиснення:

○ Каротиноїди допомагають захищати клітини від пошкодження, викликаного надмірним світлом, шляхом розсіювання надлишкової енергії та запобігання утворення активних форм кисню.

4. Регуляція фотосинтетичної активності:

○ Пігменти також беруть участь у регуляції фотосинтетичних процесів, забезпечуючи адаптацію рослин до змін у спектрі та інтенсивності світла.

Екстракція біологічно активних речовин є важливим етапом у виробництві біопалива, фармацевтичних препаратів та інших біотехнологічних продуктів.

Режим доступу до теоретичної частини : [Теорія "Екстракція біологічно активних речовин з рослинної сировини"](#).

***Цілі лабораторної роботи:***

✓ Ознайомитися з методами видобутку та аналізу пігментів з водоростей, а також визначити їх здатність поглинати зелене світло.

***Хід виконання.*** Перед початком роботи переконайтеся, що Вас додано до списку груп виконавців лабораторної роботи. Відповідно

до розкладу переконайтесь в місці та даті проведення роботи. Дотримуйтесь термінів встановлених до виконання цієї роботи. Під час виконання роботи передбачається тестування на платформі.

Дотримуйтесь наступного алгоритму роботи:

1. Підготовка лабораторних зразків

- Виберіть правильну фракцію для отримання пігментів, наприклад, хлоропласти.

2. Вибір розчинників для екстракції пігментів

- Більшість пігментів, таких як хлорофіл, є гідрофобними.
- Підберіть розчинники, що відповідають різним хімічним властивостям пігментів.

- Ваше завдання – видобути всі пігменти з темних водоростей, тому ретельно оберіть розчинники.

4. Визначення поглинання зеленого світла пігментами

- За допомогою спектрофотометра отримайте та проаналізуйте спектри поглинання пігментних екстрактів.

- Визначте, чи можуть ці водорості використовувати зелений спектр світла для фотосинтезу.

Режим доступу до виконання роботи на платформі : [Хід роботи "Екстракція біологічно активних речовин з рослинної сировини"](#).

### ***Обговорення та висновки.***

Обговорення:

1. Видобуток пігментів з водоростей:

- Опишіть процес видобутку пігментів з темних водоростей. Які розчинники ви використовували і чому саме їх?

- Як розчинники впливають на ефективність видобутку різних пігментів?

2. Вибір правильної фракції:

- Яку фракцію ви вибрали для отримання пігментів (хлоропласти чи ядерна фракція)? Поясніть свій вибір.

- Що робить хлоропласти ідеальними для видобутку фотопігментів?

3. Спектрофотометричний аналіз:

- Опишіть процес проведення спектрофотометричного аналізу для визначення поглинання зеленого світла пігментами.

- Як результати спектрофотометричного аналізу допомагають визначити здатність водоростей використовувати зелений спектр світла?

#### 4. Фотосинтез і властивості світла:

○ Поясніть важливість фотосинтезу для живих організмів і екосистем.

○ Як властивості світла впливають на кольоровість пігментів і їх здатність поглинати різні довжини хвиль?

#### 5. Максимізація використання видимого спектра світла:

○ Як комбінування водоростей, що використовують зелений спектр світла, з водоростями, що використовують інші довжини хвиль, може максимізувати використання сонячного світла?

○ Які переваги та виклики цього підходу?

#### Висновки:

##### 1. Аналіз результатів експерименту:

○ Чи вдалося вам визначити, чи можуть пігменти з темних водоростей поглинати зелене світло? Поясніть свої результати.

○ Як результати експерименту можуть вплинути на подальші дослідження в області виробництва біопалива?

##### 2. Ефективність методів:

○ Оцініть ефективність використаних методів видобутку і аналізу пігментів. Чи є якісь аспекти, які можна було б поліпшити?

○ Які додаткові експерименти ви могли б провести для подальшого вивчення властивостей пігментів?

##### 3. Практичне застосування результатів:

○ Обговоріть можливі практичні застосування ваших результатів для виробництва біопалива та захисту навколишнього середовища.

○ Як ваші знання про фотосинтез та властивості пігментів можуть бути корисними в інших біотехнологічних дослідженнях?

##### 4. Розвиток навичок:

○ Як виконання цієї лабораторної роботи допомогло вам розвинути навички проведення наукових експериментів та аналізу результатів?

○ Які нові знання та навички ви здобули під час виконання експерименту?

##### 5. Екологічні перспективи:

○ Як ваші результати можуть сприяти захисту навколишнього середовища та розвитку стійких технологій?

○ Які наступні кроки можна здійснити для впровадження вашого підходу в реальних умовах?

### ***Оцінювання та зворотний зв'язок.***

Методи оцінювання:

✓ Під час виконання роботи передбачається тестування на платформі або в аудиторії, практичні запитання від викладача.

✓ Зазначте, як ці методи допомогли вам засвоїти матеріал та які аспекти були найбільш корисними.

Отриманий зворотний зв'язок:

✓ Опишіть, як зворотний зв'язок сприяв покращенню вашого розуміння теми та навичок роботи в лабораторії.

Самоаналіз:

✓ Проаналізуйте власну роботу та підхід до виконання завдань. Визначте, що було зроблено добре, а над чим варто працювати.

✓ Встановіть цілі для подальшого покращення своїх знань та навичок у цій галузі.

Рекомендації для майбутніх робіт:

✓ Поділіться своїми пропозиціями щодо покращення лабораторної роботи. Це можуть бути ідеї щодо обладнання, методів або додаткових ресурсів.

✓ Зазначте, як отриманий досвід може бути застосований у майбутніх дослідженнях або професійній діяльності.

***Оформлення звіту про виконання лабораторної роботи.*** Звіт виконується відповідно до форми та завантажується на перевірку у навчальну платформу університету [Навчальна дисципліна "Процеси та апарати біотехнологічних виробництв"](#).

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №14. Рекристалізація як метод очищення біотехнологічних продуктів.**

***Мета роботи.*** Ознайомитися з теоретичними засадами рекристалізації, включаючи принципи очищення твердих речовин за допомогою розчинення та повторної кристалізації. Набути навичок усунення типових проблем, що можуть виникнути під час процесу рекристалізації, таких як нерозчинні домішки або недостатне кристалізування.

***Теоретичні відомості.*** Рекристалізація дозволяє відокремити домішки від твердих речовин. Цей процес включає розчинення

твердої речовини в гарячому розчиннику та її охолодження для утворення кристалів. Основні кроки рекристалізації включають:

1. Вибір розчинника: Розчинник повинен розчиняти тверду речовину в гарячому стані, але не в холодному.

2. Розчинення твердої речовини: Підігріти розчинник до температури кипіння і розчинити тверду речовину.

3. Додавання активованого вугілля та фільтрація: Додати трохи активованого вугілля для адсорбції домішок і профільтрувати розчин.

4. Охолодження розчину: Охолодити розчин спочатку до кімнатної температури, потім у крижаній ванні.

5. Отримання кристалів: Спостерігайте за утворенням кристалів у колбі.

Вакуумна фільтрація – це техніка, що використовується для відділення рідин від твердих речовин. Після фільтрації твердий залишок залишається на фільтрі, тоді як рідина збирається у флорентійський колбі.

Температурний діапазон плавлення – це інтервал температур, при якому тверда речовина починає плавитися і повністю переходить у рідкий стан. Ця техніка використовується для визначення чистоти твердої речовини. Якщо температура плавлення речовини нижча за температуру плавлення чистого зразка, це вказує на наявність домішок.

Рекристалізація є важливим методом в очищенні біотехнологічних продуктів, що забезпечує отримання високочистих речовин для подальшого використання в наукових дослідженнях або виробництві.

Режим доступу до теоретичної частини : [Теорія "Рекристалізація як метод очищення біотехнологічних продуктів"](#).

#### ***Цілі лабораторної роботи:***

✓ Отримати теоретичні знання та практичні навички рекристалізації, виправляти поширені помилки та проводити аналіз отриманих продуктів.

***Хід виконання.*** Перед початком роботи переконайтеся, що Вас додано до списку груп виконавців лабораторної роботи. Відповідно до розкладу переконайтесь в місці та даті проведення роботи. Дотримуйтесь термінів встановлених до виконання цієї роботи. Під час виконання роботи передбачається тестування на платформі.

Дотримуйтесь наступного алгоритму роботи:

1. Рекристалізація твердої речовини:

- Вибір розчинника: Оберіть розчинник, який розчиняє вашу тверду речовину при нагріванні, але не при охолодженні.
- Розчинення твердої речовини: Підігрійте розчинник до температури кипіння та розчиніть у ньому тверду речовину.
- Додавання активованого вугілля: Якщо у вашій речовині є домішки, додайте активоване вугілля для їх адсорбції.
- Фільтрація: Профільтруйте розчин, поки він ще гарячий, щоб уникнути утворення кристалів у фільтрі.
- Охолодження розчину: Охолодіть розчин спочатку до кімнатної температури, потім у крижаній ванні для утворення кристалів.

2. Вакуумна фільтрація:

- Підготовка обладнання: Зберіть вакуумну фільтраційну установку та активуйте насос для створення потоку повітря.
- Фільтрація: Завантажте попередньо зважений фільтр у лійку Бюхнера і профільтруйте розчин.
- Сушіння кристалів: Після фільтрації залиште кристали у фільтрі для сушіння.
- Зважування: Зважте попередньо зважений фільтр з кристалами для визначення маси очищеної твердої речовини.

3. Визначення діапазону температури плавлення:

- Підготовка зразка: Подрібніть кристали до стану дрібного порошку.
- Завантаження капілярної трубки: Заповніть капілярну трубку зразком і вставте її у прилад для визначення температури плавлення.
- Вимірювання температури плавлення: Визначте температуру, при якій зразок починає плавитися, та температуру, при якій він повністю розплавлений.
- Порівняння результатів: Порівняйте отриману температуру плавлення з температурою плавлення чистої речовини для оцінки чистоти вашого зразка.

Режим доступу до виконання роботи на платформі : [Хід роботи "Рекристалізація як метод очищення біотехнологічних продуктів"](#).

**Обговорення та висновки.**

Обговорення:

1. Основи теорії рекристалізації:



○ Поясніть молекулярні та операційні рівні процесу рекристалізації.

○ Які основні принципи очищення твердих речовин за допомогою рекристалізації?

2. Вибір розчинника:

○ Які критерії використовують для вибору відповідного розчинника для рекристалізації?

○ Поясніть, чому розчинник повинен розчиняти тверду речовину в гарячому стані, але не в холодному.

3. Процес рекристалізації:

○ Описати кроки рекристалізації, включаючи розчинення твердої речовини, додавання активованого вугілля та охолодження розчину.

○ Які типові проблеми можуть виникнути під час рекристалізації, і як їх можна вирішити?

4. Вакуумна фільтрація:

○ Поясніть принцип дії вакуумної фільтрації та її переваги порівняно зі звичайною гравітаційною фільтрацією.

○ Як забезпечити ефективну фільтрацію та максимальне висушування кристалів?

5. Визначення температури плавлення:

○ Як визначення діапазону температури плавлення допомагає оцінити чистоту твердої речовини?

○ Які відмінності у температурі плавлення між чистим та сирим зразками ви очікуєте побачити?

Висновки:

1. Розуміння теорії рекристалізації:

○ Підсумуйте основні теоретичні засади рекристалізації та їхнє практичне застосування.

○ Як виконання цього експерименту допомогло вам зрозуміти ці принципи на практиці?

2. Ефективність очищення твердої речовини:

○ Оцініть ефективність очищення твердої речовини у вашому експерименті. Чи вдалося вам отримати чисті кристали?

○ Які фактори могли вплинути на результати рекристалізації, і як можна було б покращити цей процес?

3. Практичне застосування рекристалізації:

○ Обговоріть можливі області застосування техніки

рекристалізації у лабораторній практиці та промисловості.

○ Як навички, здобуті під час виконання цієї лабораторної роботи, можуть бути корисними у вашій майбутній професійній діяльності?

### ***Оцінювання та зворотний зв'язок.***

Методи оцінювання:

✓ Під час виконання роботи передбачається тестування на платформі або в аудиторії, практичні запитання від викладача.

✓ Зазначте, як ці методи допомогли вам засвоїти матеріал та які аспекти були найбільш корисними.

Отриманий зворотний зв'язок:

✓ Опишіть, як зворотний зв'язок сприяв покращенню вашого розуміння теми та навичок роботи в лабораторії.

Самоаналіз:

✓ Проаналізуйте власну роботу та підхід до виконання завдань. Визначте, що було зроблено добре, а над чим варто працювати.

✓ Встановіть цілі для подальшого покращення своїх знань та навичок у цій галузі.

Рекомендації для майбутніх робіт:

✓ Поділіться своїми пропозиціями щодо покращення лабораторної роботи. Це можуть бути ідеї щодо обладнання, методів або додаткових ресурсів.

✓ Зазначте, як отриманий досвід може бути застосований у майбутніх дослідженнях або професійній діяльності.

***Оформлення звіту про виконання лабораторної роботи.*** Звіт виконується відповідно до форми та завантажується на перевірку у навчальну платформу університету [Навчальна дисципліна "Процеси та апарати біотехнологічних виробництв"](#).

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №15. Ферментаційні процеси у виробництві біоетанолу.**

***Мета роботи.*** Ознайомитися з основними принципами ферментації та розглянути різні сфери її застосування в промисловості. Вивчити складові частини ферментера, такі як змішувачі, аератори, датчики температури і рН, та розуміти їх

функції.

**Теоретичні відомості.** Біореактор – це ємність, в якій мікроорганізми можуть діяти на субстрат в контрольованих умовах. Слово "ферментер" також використовується для позначення біореактора.

Для початку ферментації потрібна передкультура з певною кількістю здорових клітин як інокуляту. Інокулят повинен бути здоровим, активним, без контамінації, мати відповідну морфологічну форму, достатній об'єм та зберігати здатність до формування продукту.

Контамінація є одним з найгірших факторів у ферментаційних експериментах. Контамінанти – це небажані мікроорганізми, які конкурують з основним штамом за поживні речовини. Важливо стерилізувати біореактор перед початком ферментації, щоб уникнути контамінації.

Ключ до ефективної ферментації – контроль та підтримка росту мікроорганізмів і виробництва метаболітів. Параметри, які потрібно контролювати:

- Стерилізація середовища і посудини.
- Достатня кількість субстрату і факторів росту.
- Перемішування.
- Контроль температури.
- Контроль рН.
- Контроль піноутворення.
- Постачання кисню для аеробних процесів.

Біоетанол виступає як важливе альтернативне паливо, здатне зменшити залежність від викопних енергоносіїв та знизити екологічний вплив. Дослідження у цій сфері мають значення не лише на локальному, але й на глобальному рівні.

Режим доступу до теоретичної частини : [Теорія "Ферментаційні процеси у виробництві біоетанолу"](#).

***Цілі лабораторної роботи:***

✓ Отримати практичні навички моделювання процесу ферментації дріжджів, експериментування з параметрами ферментації та аналізу результатів для досягнення оптимальних умов росту і виробництва біоетанолу.

***Хід виконання.*** Перед початком роботи переконайтеся, що Вас додано до списку груп виконавців лабораторної роботи. Відповідно

до розкладу переконайтесь в місці та даті проведення роботи. Дотримуйтесь термінів встановлених до виконання цієї роботи. Під час виконання роботи передбачається тестування на платформі.

Дотримуйтесь наступного алгоритму роботи:

1. Налаштування експерименту:

- Ваша місія – оптимізувати виробництво біоетанолу у масштабах пілотного проекту.

- Після налаштування настільного ферментера або біореактора додайте інокулят дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* та проведіть експеримент з ферментації.

2. Ферментація у пілотному масштабі:

- Це дозволить вам експериментувати з різними параметрами росту та бачити вплив різних комбінацій температури, складу газу, рівня перемішування та рН за лічені хвилини.

3. Якісний аналіз даних:

- Після проведення кількох ферментаційних експериментів порівняйте результати.

- Вирішіть, які умови культури слід використовувати для оптимального виробництва біоетанолу в промислових масштабах.

Режим доступу до виконання роботи на платформі : [Хід роботи "Ферментаційні процеси у виробництві біоетанолу"](#).

### ***Обговорення та висновки.***

Обговорення:

1. Налаштування експерименту:

- Опишіть процес підготовки та налаштування біореактора або ферментера для ферментації дріжджів.

- Які фактори важливі для забезпечення стерильності під час проведення ферментації?

2. Вплив умов на ферментацію:

- Як температура впливає на ріст та продуктивність дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*?

- Як зміна рН середовища впливає на процес ферментації та вихід біоетанолу?

- Як склад газу та рівень перемішування впливають на ефективність ферментації?

3. Аналіз кривих росту:

- Як можна використовувати криві росту для визначення оптимальних умов ферментації?

○ Які параметри кривих росту є ключовими для оцінки продуктивності ферментації?

4. Контроль контамінації:

○ Які методи можна застосовувати для виявлення та контролю контамінації під час ферментаційних експериментів?

○ Як контамінанти можуть вплинути на результати ферментації та як уникнути їх негативного впливу?

Висновки:

1. Оцінка результатів експерименту:

○ Чи вдалося вам досягти оптимальних умов для виробництва біоетанолу? Поясніть свої результати.

○ Як різні параметри експерименту вплинули на вихід та продуктивність біоетанолу?

2. Ефективність методів:

○ Оцініть ефективність використаних методів налаштування та контролю умов ферментації. Чи є якісь аспекти, які можна було б поліпшити?

○ Які додаткові експерименти ви могли б провести для подальшого вдосконалення процесу ферментації?

3. Практичне застосування результатів:

○ Обговоріть можливі практичні застосування ваших результатів для промислового виробництва біоетанолу.

○ Як ваші знання про ферментацію та оптимізацію умов можуть бути корисними в інших біотехнологічних дослідженнях?

4. Розвиток навичок:

○ Як виконання цієї лабораторної роботи допомогло вам розвинути навички проведення наукових експериментів та аналізу результатів?

○ Які нові знання та навички ви здобули під час виконання експерименту?

5. Перспективи використання біоетанолу:

○ Як ваші результати можуть сприяти розвитку технологій сталого виробництва біоетанолу?

○ Які екологічні переваги має використання біоетанолу як палива?

***Оцінювання та зворотний зв'язок.***

Методи оцінювання:

✓ Під час виконання роботи передбачається тестування на

платформі або в аудиторії, практичні запитання від викладача.

✓ Зазначте, як ці методи допомогли вам засвоїти матеріал та які аспекти були найбільш корисними.

Отриманий зворотний зв'язок:

✓ Опишіть, як зворотний зв'язок сприяв покращенню вашого розуміння теми та навичок роботи в лабораторії.

Самоаналіз:

✓ Проаналізуйте власну роботу та підхід до виконання завдань. Визначте, що було зроблено добре, а над чим варто працювати.

✓ Встановіть цілі для подальшого покращення своїх знань та навичок у цій галузі.

Рекомендації для майбутніх робіт:

✓ Поділіться своїми пропозиціями щодо покращення лабораторної роботи. Це можуть бути ідеї щодо обладнання, методів або додаткових ресурсів.

✓ Зазначте, як отриманий досвід може бути застосований у майбутніх дослідженнях або професійній діяльності.

**Оформлення звіту про виконання лабораторної роботи.** Звіт виконується відповідно до форми та завантажується на перевірку у навчальну платформу університету [Навчальна дисципліна "Процеси та апарати біотехнологічних виробництв"](#).

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №16. Серійні розведення та підрахунок колоній: оцінка бактеріального росту.**

**Мета роботи.** Планувати та проводити експеримент з послідовними розведеннями, а також аналізувати отримані результати для оцінки бактеріального росту. Розглянути, чому вимірювання та характеристика швидкості росту бактерій є важливими для досліджень в мікробіології та біотехнології.

**Теоретичні відомості** В ідеальних умовах популяція бактерій може зростати експоненційно. З оптимальним часом генерації приблизно 20 хвилин, одна бактерія *E. coli* може утворити популяцію понад 1 мільярд бактерій за 10 годин. Це експоненційне зростання можна виразити простою формулою  $2^n$ , де  $n$  – кількість генерацій. На початку одна бактерія дорівнює  $2^0$ , а після 3 генерацій популяція

зростає до  $2^3$  або  $2 \times 2 \times 2$ , тобто до 8 клітин. Ця проста математика дозволяє обчислити час генерації популяції бактерій.

Однак цей ріст не є ні спонтанним, ні постійним і слідує певним кривим зростання.

Одиниці, що утворюють колонії (CFU)– це міра, яка використовується для оцінки кількості життєздатних бактерій або грибкових клітин у зразку. Клітина вважається життєздатною, якщо вона може розмножуватися шляхом поділу в контрольованих умовах.

CFU можна обчислити шляхом розподілу певного об'єму мікробної культури на агарову пластинку. Після інкубації кількість колоній пропорційна кількості життєздатних колоній у пробірці.

Наприклад: Якщо 0,1 мл бактеріальної культури дає 25 колоній, то кількість колоній, що утворюють одиниці, на мілілітр можна обчислити так:  $CFU/мл = \text{колонії}/\text{об'єм, що розподіляється} = 25 \text{ колоній} / 0,1 \text{ мл} = 250 \text{ CFU/мл}$

Багато бактеріальних культур містять багато життєздатних клітин, тому прямий підрахунок колоній неможливий. У такому випадку потрібно провести серійне розведення для зменшення кількості клітин, що використовуються для розподілу. Для обчислення CFU/мл розведеного зразка необхідно помножити кількість колоній на коефіцієнт розведення.

Стерильна техніка використовується для забезпечення "чистого" лабораторного середовища та надійності експериментальних результатів. Це особливо важливо при роботі з мікроорганізмами, оскільки одна спора або бактерія може зруйнувати весь експеримент.

Режим доступу до теоретичної частини : [Теорія "Серійні розведення та підрахунок колоній: оцінка бактеріального росту"](#).

#### ***Цілі лабораторної роботи:***

✓ Розвинути навички кількісного визначення бактерій, виконання серійного розведення, підрахунку колоній та оцінки впливу антибіотичних з'єднань на ріст бактерій.

**Хід виконання.** Перед початком роботи переконайтеся, що Вас додано до списку груп виконавців лабораторної роботи. Відповідно до розкладу переконайтесь в місці та даті проведення роботи. Дотримуйтесь термінів встановлених до виконання цієї роботи. Під час виконання роботи передбачається тестування на платформі.

Дотримуйтесь наступного алгоритму роботи:

### 1. Підготовка до експерименту:

- Налаштуйте експеримент за допомогою серійного розведення бактеріальної культури.
- Використовуйте стерильні техніки, щоб уникнути контамінації ваших бактеріальних культур.

### 2. Виконання серійного розведення:

- Підготуйте зразок бактеріальної культури та здійсніть серійне розведення для зменшення концентрації бактерій.
- Розподіліть розведені зразки на агар-пластинки.
- Інкубуйте агар-пластинки для утворення колоній.

### 3. Кількісне визначення бактерій:

- Підрахуйте колонії на агар-пластинках, використовуючи CFU -калькулятор для розрахунку колонієутворюючих одиниць на мілілітр (CFU /мл) вашої бактеріальної культури.
- Запишіть результати та виконайте обчислення.

### 4. Кількісне визначення впливу антибіотика

- Інкубуйте бактеріальну культуру з антибіотичним з'єднанням для оцінки впливу з'єднання на ріст бактерій.
- Проаналізуйте результати для визначення ефективності антибіотичного з'єднання.

Режим доступу до виконання роботи на платформі : [Хід роботи "Серійні розведення та підрахунок колоній: оцінка бактеріального росту"](#).

### ***Обговорення та висновки.***

#### Обговорення:

##### 1. Серійне розведення та стерильна техніка:

- Поясніть процес серійного розведення бактеріальної культури. Чому серійне розведення є важливим для підрахунку колоній бактерій?
- Які кроки слід виконувати для забезпечення стерильності під час роботи з бактеріальними культурами? Як контамінація може вплинути на результати експерименту?

##### 2. Ріст бактерій:

- Як експоненційний ріст бактерій впливає на їх концентрацію протягом часу? Використовуйте формулу  $2^n$  для пояснення.
- Опишіть різні фази росту бактерій у закритій культурі: лаг-фазу, експоненційну фазу, стаціонарну фазу та фазу смерті.

##### 3. Кількісне визначення бактерій:



○ Як обчислюються колонії, що утворюють одиниці (CFU)? Наведіть приклад розрахунку CFU/мл, враховуючи коефіцієнт розведення.

○ Які інші методи можна використовувати для кількісного визначення бактерій, окрім підрахунку колоній на агарі?

#### 4. Антибіотична стійкість:

○ Поясніть, як виникає антибіотична стійкість у бактерій і які механізми вони можуть використовувати для запобігання дії антибіотиків.

○ Чому передача антибіотичної стійкості між видами є важливою проблемою для сучасної медицини?

Висновки:

#### 1. Оцінка результатів експерименту:

○ Як різні параметри експерименту вплинули на ріст бактерій та ефективність антибіотика?

#### 2. Ефективність методів:

○ Оцініть ефективність використаних методів серійного розведення та підрахунку колоній. Чи є якісь аспекти, які можна було б поліпшити?

○ Які додаткові експерименти ви могли б провести для подальшого вивчення властивостей антибіотичного з'єднання?

#### 3. Практичне застосування результатів:

○ Обговоріть можливі практичні застосування ваших результатів для розробки нових антибіотиків.

○ Як ваші знання про ріст бактерій та антибіотичну стійкість можуть бути корисними в інших мікробіологічних дослідженнях?

#### 4. Розвиток навичок:

○ Як виконання цієї лабораторної роботи допомогло вам розвинути навички проведення наукових експериментів та аналізу результатів?

○ Які нові знання та навички ви здобули під час виконання експерименту?

#### 5. Перспективи використання нових антибіотиків:

○ Як ваші результати можуть сприяти розвитку технологій створення нових антибіотиків для боротьби з антибіотикостійкими бактеріями?

○ Які кроки можна здійснити для впровадження нових антибіотиків у медичну практику?

### ***Оцінювання та зворотний зв'язок.***

Методи оцінювання:

✓ Під час виконання роботи передбачається тестування на платформі або в аудиторії, практичні запитання від викладача.

✓ Зазначте, як ці методи допомогли вам засвоїти матеріал та які аспекти були найбільш корисними.

Отриманий зворотний зв'язок:

✓ Опишіть, як зворотний зв'язок сприяв покращенню вашого розуміння теми та навичок роботи в лабораторії.

Самоаналіз:

✓ Проаналізуйте власну роботу та підхід до виконання завдань. Визначте, що було зроблено добре, а над чим варто працювати.

✓ Встановіть цілі для подальшого покращення своїх знань та навичок у цій галузі.

Рекомендації для майбутніх робіт:

✓ Поділіться своїми пропозиціями щодо покращення лабораторної роботи. Це можуть бути ідеї щодо обладнання, методів або додаткових ресурсів.

✓ Зазначте, як отриманий досвід може бути застосований у майбутніх дослідженнях або професійній діяльності.

***Оформлення звіту про виконання лабораторної роботи.*** Звіт виконується відповідно до форми та завантажується на перевірку у навчальну платформу університету [Навчальна дисципліна "Процеси та апарати біотехнологічних виробництв"](#).

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №17. Асептичні методи в культивуванні мікроорганізмів.**

***Мета роботи.*** Ознайомитися з основами асептичної техніки, яка дозволяє зберігати стерильність лабораторного середовища та запобігати поширенню мікроорганізмів. Навчитися правильно організовувати робоче місце та підтримувати його в стерильному стані протягом усієї роботи. Оволодіти навичками правильного використання стерильних інструментів та витратних матеріалів для проведення експериментів.

***Теоретичні відомості*** Асептичні методи в культивуванні

мікроорганізмів є фундаментальними для забезпечення чистоти культур та достовірності експериментальних результатів. Асептика полягає в запобіганні проникненню небажаних мікроорганізмів з навколишнього середовища до стерильних поживних середовищ або обладнання. Це досягається через комплекс заходів, які включають стерилізацію, дезінфекцію та дотримання спеціальних технік роботи.

Стерилізація є ключовим етапом, що передбачає повне знищення всіх форм мікроорганізмів на інструментах, посуді та поживних середовищах. Застосовуються методи автоклавування (пар під тиском), сухе жарування, фільтрація та використання хімічних агентів.

Дезінфекція спрямована на зменшення кількості мікроорганізмів на поверхнях та обладнанні. Використовуються спиртові розчини, хлоромісні препарати та інші дезінфектанти.

При роботі в ламінарних боксах або біологічних безпечних кабінетах створюється стерильне середовище, що захищає культури від контамінації. Важливо дотримуватися правил роботи: мінімізувати рухи повітря, користуватися стерильними інструментами, правильно відкривати та закривати посудини.

Особиста гігієна лаборанта також грає важливу роль. Руки повинні бути чистими, бажано працювати в рукавичках та лабораторному халаті.

Дотримання асептичних методів є критичним для успішного культивування мікроорганізмів, оскільки навіть незначна контамінація може спотворити результати дослідження або зруйнувати культуру.

Режим доступу до теоретичної частини : [Теорія "Асептичні методи в культивуванні мікроорганізмів"](#).

#### ***Цілі лабораторної роботи:***

✓ Оволодіти основами асептичної техніки, забезпечити стерильність робочого середовища та правильно використовувати стерильне обладнання для проведення досліджень.

***Хід виконання.*** Перед початком роботи переконайтеся, що Вас додано до списку груп виконавців лабораторної роботи. Відповідно до розкладу переконайтесь в місці та даті проведення роботи. Дотримуйтесь термінів встановлених до виконання цієї роботи. Під час виконання роботи передбачається тестування на платформі.

Дотримуйтесь наступного алгоритму роботи:

### 1. Підготовка стерильної зони:

• Спочатку підготуйте стерильну робочу зону. Використовуйте свої знання мікробіології, підказки та теоретичні сторінки, щоб переконатися, що ви використовуєте правильну асептичну техніку.

• Якщо ви допустите помилку і ваша робоча зона виявиться не зовсім стерильною, не хвилюйтеся.

### 2. Культивування та прибирання:

• Далі ви будете культивувати ваш зразок та відповідний контроль за допомогою стерильного обладнання та реагентів.

• Після того, як ви помістили свої зразки в інкубатор, настав час прибирати робочу зону.

### 3. Аналіз результатів:

• Після інкубації перевірте свої зразки, щоб переконатися, що ви використовували правильну асептичну техніку протягом усього експерименту.

Режим доступу до виконання роботи на платформі : [Хід роботи "Асептичні методи в культивуванні мікроорганізмів"](#).

### ***Обговорення та висновки.***

#### Обговорення:

##### 1. Підготовка стерильного робочого середовища:

○ Опишіть кроки, які ви виконали для підготовки стерильного робочого середовища. Чому важливо дотримуватися цих кроків?

○ Які можливі джерела мікробної контамінації можуть виникнути під час підготовки робочого середовища? Як можна їх уникнути?

##### 2. Культивування зразків:

○ Поясніть процес культивування зразка та відповідного контролю за допомогою стерильного обладнання та реагентів.

○ Як ви забезпечували стерильність при перенесенні зразків на агар-пластинки або в рідке середовище?

##### 3. Аналіз результатів:

○ Як ви оцінювали свої зразки після інкубації? Які ознаки контамінації ви спостерігали або не спостерігали?

○ Чи вдалося вам створити чисту культуру, яку мікробіолог зможе використати для ідентифікації невідомого мікроба? Поясніть ваші результати.

##### 4. Стерильна техніка:

○ Опишіть основні кроки стерильної техніки, які використовуються для підтримки "чистого" лабораторного середовища.

○ Які заходи ви вживали для запобігання контамінації під час роботи з мікроорганізмами?

Висновки:

1. Оцінка результатів експерименту:

○ Чи вдалося вам створити стерильне робоче середовище та забезпечити стерильність обладнання та витратних матеріалів? Поясніть свої результати.

○ Як ваші дії вплинули на результати експерименту та наявність контамінації у зразках?

2. Ефективність методів:

○ Оцініть ефективність використаних методів асептичної техніки. Чи є якісь аспекти, які можна було б поліпшити?

○ Які додаткові експерименти ви могли б провести для подальшого вдосконалення асептичної техніки?

3. Практичне застосування результатів:

○ Обговоріть можливі практичні застосування ваших результатів для забезпечення стерильності в лабораторних умовах та запобігання контамінації зразків.

○ Як ваші знання про асептичну техніку можуть бути корисними в інших мікробіологічних дослідженнях?

4. Розвиток навичок:

○ Як виконання цієї лабораторної роботи допомогло вам розвинути навички роботи в стерильних умовах та аналізу результатів?

○ Які нові знання та навички ви здобули під час виконання експерименту?

5. Перспективи використання стерильних методів:

○ Як ваші результати можуть сприяти розвитку технологій підтримки стерильності в лабораторних умовах?

○ Які кроки можна здійснити для впровадження стерильних методів у рутинну лабораторну практику?

***Оцінювання та зворотний зв'язок.***

Методи оцінювання:

✓ Під час виконання роботи передбачається тестування на платформі або в аудиторії, практичні запитання від викладача.

✓ Зазначте, як ці методи допомогли вам засвоїти матеріал та які аспекти були найбільш корисними.

Отриманий зворотний зв'язок:

✓ Опишіть, як зворотний зв'язок сприяв покращенню вашого розуміння теми та навичок роботи в лабораторії.

Самоаналіз:

✓ Проаналізуйте власну роботу та підхід до виконання завдань. Визначте, що було зроблено добре, а над чим варто працювати.

✓ Встановіть цілі для подальшого покращення своїх знань та навичок у цій галузі.

Рекомендації для майбутніх робіт:

✓ Поділіться своїми пропозиціями щодо покращення лабораторної роботи. Це можуть бути ідеї щодо обладнання, методів або додаткових ресурсів.

✓ Зазначте, як отриманий досвід може бути застосований у майбутніх дослідженнях або професійній діяльності.

**Оформлення звіту про виконання лабораторної роботи.** Звіт виконується відповідно до форми та завантажується на перевірку у навчальну платформу університету [Навчальна дисципліна "Процеси та апарати біотехнологічних виробництв"](#).

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №18. Теплові методи обробки в біотехнології: пастеризація та стерилізація.**

**Мета роботи.** Вивчити основні принципи пастеризації та стерилізації як методів знищення мікроорганізмів і запобігання псуванню продуктів. Розглянути властивості та переваги використання пластику та металу як матеріалів для пакування продуктів харчування, які сприяють збереженню якості та безпеки продуктів..

**Теоретичні відомості.** Теплові методи обробки є ключовими в біотехнології для знищення мікроорганізмів і забезпечення безпеки продуктів. Пастеризація — це процес нагрівання рідин до температури нижче точки кипіння (зазвичай 60–85°C) протягом певного часу. Цей метод знищує патогенні мікроорганізми, зберігаючи якість та поживну цінність продукту. Пастеризація

широко використовується в молочній промисловості, виробництві соків та пива.

Стерилізація - інтенсивніший метод, що передбачає нагрівання матеріалів до температур вище 100°C, зазвичай під тиском в автоклаві. Вона знищує всі форми мікроорганізмів, включаючи спори, забезпечуючи повну стерильність обладнання, середовищ та інструментів. Це критично важливо для запобігання контамінації в лабораторіях та на виробництвах.

Обидва методи базуються на денатурації білків та руйнуванні клітинних структур під дією тепла. Цікаво, що правильно обрані температурні режими можуть мінімізувати негативний вплив на продукт, зберігаючи його корисні властивості. У сучасній біотехнології досліджуються альтернативні методи, такі як ультразвук та високий тиск, які можуть доповнювати або замінювати теплові процеси для більш ефективної обробки.

Режим доступу до теоретичної частини : [Теорія "Теплові методи обробки в біотехнології: пастеризація та стерилізація"](#).

#### ***Цілі лабораторної роботи:***

✓ Оволодіти знаннями про псування їжі, методи пастеризації та стерилізації, консервування продуктів, а також розумінням використання різних матеріалів для пакування, що забезпечують тривале зберігання продуктів.

***Хід виконання.*** Перед початком роботи переконайтеся, що Вас додано до списку груп виконавців лабораторної роботи. Відповідно до розкладу переконайтесь в місці та даті проведення роботи. Дотримуйтесь термінів встановлених до виконання цієї роботи. Під час виконання роботи передбачається тестування на платформі.

Дотримуйтесь наступного алгоритму роботи:

#### 1. Дослідження методів теплової обробки:

- Ознайомтеся з двома типами теплової обробки – пастеризацією та стерилізацією.

- Проведіть експерименти з пастеризації та стерилізації персикового соку, щоб визначити найефективніший метод для усунення псування.

#### 2. Аналіз параметрів пастеризації:

- Проаналізуйте параметри пастеризації при високих температурах та короткому часі обробки (HTST).

- Встановіть оптимальні умови для проведення пастеризації,

включаючи температуру та тривалість обробки.

### 3. Виконання консервування:

- Виконайте консервування персикового соку як метод стерилізації.
- Навчіться правильно проводити консервування для забезпечення тривалого зберігання соку.

### 4. Вибір типу пакування та теплової обробки:

- Використайте отримані знання для визначення найбільш підходящого типу пакування для персикового соку.
- Розгляньте властивості та переваги пластику та металу як матеріалів для пакування продуктів харчування.
- Визначте, який тип теплової обробки – пастеризація чи стерилізація – найкраще підходить для збереження якості та безпеки персикового соку.

Режим доступу до виконання роботи на платформі : [Хід роботи "Теплові методи обробки в біотехнології: пастеризація та стерилізація"](#).

### ***Обговорення та висновки.***

Обговорення:

1. Методи теплової обробки:
  - Порівняйте пастеризацію та стерилізацію як методи теплової обробки. Які переваги та недоліки кожного методу?
  - Як параметри температури та часу впливають на ефективність пастеризації та стерилізації персикового соку?
2. Параметри пастеризації HTST:
  - Поясніть, чому пастеризація HTST є ефективним методом для обробки персикового соку. Які параметри ви аналізували під час експериментів?
  - Як ви визначали оптимальні умови для проведення пастеризації HTST?
3. Консервування як метод стерилізації:
  - Опишіть процес консервування персикового соку. Які кроки ви виконували для забезпечення стерильності продукту?
  - Які матеріали ви використовували для консервування, і як вони впливають на збереження якості та безпеки соку?
4. Використання пакувальних матеріалів:
  - Порівняйте властивості пластику та металу як матеріалів для пакування персикового соку. Які переваги та недоліки кожного



матеріалу?

○ Як вибір пакувального матеріалу може вплинути на термін придатності та якість персикового соку?

Висновки:

1. Оцінка результатів експерименту:

○ Чи вдалося вам усунути псування у персиковому соку?

Поясніть свої результати.

○ Як різні методи теплової обробки та пакування вплинули на збереження якості та безпеки соку?

2. Ефективність методів:

○ Оцініть ефективність використаних методів пастеризації та стерилізації. Чи є якісь аспекти, які можна було б поліпшити?

○ Які додаткові експерименти ви могли б провести для подальшого вдосконалення методів теплової обробки та пакування?

3. Практичне застосування результатів:

○ Обговоріть можливі практичні застосування ваших результатів для збільшення терміну придатності інших продуктів харчування.

○ Як ваші знання про пастеризацію, стерилізацію та пакування можуть бути корисними в інших галузях харчової промисловості?

4. Розвиток навичок:

○ Як виконання цієї лабораторної роботи допомогло вам розвинути навички проведення наукових експериментів та аналізу результатів?

○ Які нові знання та навички ви здобули під час виконання експерименту?

5. Перспективи використання методів теплової обробки:

○ Як ваші результати можуть сприяти розвитку технологій теплової обробки та пакування продуктів харчування?

○ Які кроки можна здійснити для впровадження нових методів теплової обробки та пакування у харчову промисловість?

***Оцінювання та зворотний зв'язок.***

Методи оцінювання:

✓ Під час виконання роботи передбачається тестування на платформі або в аудиторії, практичні запитання від викладача.

✓ Зазначте, як ці методи допомогли вам засвоїти матеріал та які аспекти були найбільш корисними.

Отриманий зворотний зв'язок:

✓ Опишіть, як зворотний зв'язок сприяв покращенню вашого розуміння теми та навичок роботи в лабораторії.

Самоаналіз:

✓ Проаналізуйте власну роботу та підхід до виконання завдань. Визначте, що було зроблено добре, а над чим варто працювати.

✓ Встановіть цілі для подальшого покращення своїх знань та навичок у цій галузі.

Рекомендації для майбутніх робіт:

✓ Поділіться своїми пропозиціями щодо покращення лабораторної роботи. Це можуть бути ідеї щодо обладнання, методів або додаткових ресурсів.

✓ Зазначте, як отриманий досвід може бути застосований у майбутніх дослідженнях або професійній діяльності.

**Оформлення звіту про виконання лабораторної роботи.** Звіт виконується відповідно до форми та завантажується на перевірку у навчальну платформу університету [Навчальна дисципліна "Процеси та апарати біотехнологічних виробництв"](#).

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №19. Автоматизація біотехнологічних процесів з використанням програмованих контролерів.**

**Мета роботи.** Ознайомитися з концепціями та принципами автоматизації в біотехнологічних процесах для підвищення ефективності та точності. Вивчити архітектуру та функціональні можливості програмованих контролерів для автоматизації процесів.

**Теоретичні відомості.** Автоматизація є ключовим аспектом сучасних біотехнологічних виробництв, дозволяючи забезпечити точний контроль і повторюваність процесів. Програмовані логічні контролери (ПЛК) — це спеціалізовані промислові комп'ютери, призначені для автоматизації технологічних процесів. Вони збирають дані від датчиків (температура, рН, розчинений кисень тощо) та керують виконавчими механізмами (насоси, клапани, мішалки) на основі заданих алгоритмів.

Використання ПЛК у біотехнології дозволяє:

- Підтримувати оптимальні умови культивування, точно

регулюючи параметри середовища.

- Забезпечувати безперервний моніторинг процесів з можливістю швидкого реагування на відхилення.
- Підвищувати ефективність та продуктивність за рахунок автоматизації рутинних операцій.
- Мінімізувати людський фактор, зменшуючи ризик помилок та підвищуючи безпеку.

Програмовані контролери програмуються спеціальними мовами (наприклад, Ladder Logic) та можуть бути інтегровані в системи вищого рівня управління (SCADA). Це забезпечує централізований контроль над виробництвом, збір даних для аналізу та можливість віддаленого управління. Автоматизація з використанням ПЛК є невід'ємною частиною інноваційних біотехнологічних процесів, сприяючи розвитку галузі та впровадженню нових технологій.

#### ***Цілі лабораторної роботи:***

- ✓ Вивчити принципи роботи програмованих логічних контролерів (ПЛК) та їхнє застосування в біотехнологічних процесах.
- ✓ Розглянути роль автоматизації в покращенні ефективності та безпеки виробничих процесів..

***Хід виконання.*** Перед початком роботи переконайтеся, що Вас додано до списку груп виконавців лабораторної роботи. Відповідно до розкладу переконайтесь в місці та даті проведення роботи. Дотримуйтесь термінів встановлених до виконання цієї роботи. Під час виконання роботи передбачається тестування на платформі.

Дотримуйтесь наступного алгоритму роботи:

#### 1. Планування роботи:

- Вибір біотехнологічного процесу для автоматизації:
  - Оберіть процес (наприклад, культивування дріжджів, ферментація, біосинтез речовин), який буде моделюватися та автоматизуватися.
  - Визначення параметрів контролю:
    - Визначте, які параметри потрібно вимірювати та контролювати (температура, рН, рівень рідини тощо).
    - Оберіть відповідні датчики та виконавчі механізми для кожного параметра.

#### 2. Складання електричної схеми:

- Підключення датчиків та виконавчих механізмів:

- Розробіть схему підключення датчиків до входів ПЛК, а виконавчих механізмів — до виходів.

- Дотримуйтеся правил безпеки та технічних вимог при підключенні.

- Перевірка схеми:

- Переконайтеся у правильності зібраної схеми, перевірте працездатність підключення.

3. Розробка програми для ПЛК:

- Написання алгоритму керування:

- Створіть блок-схему або псевдокод для програми, що відображає логіку керування процесом.

- Врахуйте умови ввімкнення/вимкнення обладнання, регулювання параметрів, аварійні ситуації.

- Програмування ПЛК:

- За допомогою вибраної мови програмування напишіть програму для ПЛК.

- Використовуйте коментарі для полегшення розуміння коду.

- Налаштування програми:

- Перевірте програму на наявність синтаксичних та логічних помилок.

- Виконайте симуляцію роботи програми, якщо це можливо.

4. Тестування системи:

- Пусконаладжувальні роботи:

- Завантажте програму в ПЛК.

- Запустіть систему та спостерігайте за її роботою в реальному часі або на симуляторі.

- Перевірка роботи датчиків та виконавчих механізмів:

- Переконайтеся, що всі датчики правильно зчитують параметри, а виконавчі механізми реагують відповідно до програми.

- Виявлення та усунення несправностей:

- Якщо виявлено помилки або некоректну роботу, внесіть необхідні корективи в програму або апаратну частину.

5. Збір та аналіз даних:

- Моніторинг процесу:

- Запишіть показники процесу в реальному часі, збираючи дані з датчиків.

- Використовуйте можливості ПЛК або додаткового програмного забезпечення для реєстрації даних.

- Аналіз зібраних даних:
  - Побудуйте графіки залежності параметрів від часу.
  - Оцініть стабільність і ефективність процесу під керуванням автоматизованої системи.

### ***Обговорення та висновки.***

Обговорення:

1. Аналіз роботи автоматизованої системи:
  - Оцініть роботу системи автоматизації. Які параметри процесу було успішно автоматизовано?
    - Чи виникали проблеми під час тестування системи? Як ви їх вирішували?
2. Порівняння результатів з очікуваннями:
  - Порівняйте фактичні результати роботи системи з очікуваними. Чи були досягнуті заплановані цілі?
    - Визначте можливі причини розбіжностей між фактичними та очікуваними результатами.
3. Вплив автоматизації на процеси:
  - Як автоматизація вплинула на ефективність та продуктивність процесу? Які переваги та недоліки ви відзначили?
    - Які параметри вдалося оптимізувати за допомогою програмованих контролерів?
4. Діагностика та усунення несправностей:
  - Опишіть процес діагностики несправностей у системі автоматизації. Які інструменти та методи використовували для цього?
    - Які заходи ви вжили для усунення виявлених несправностей?
5. Безпека та надійність:
  - Як забезпечується безпека автоматизованої системи? Які ризики було враховано під час проектування та реалізації?
    - Як впровадження автоматизації вплинуло на загальну надійність процесу?

Висновки:

1. Оцінка досягнення мети роботи:
  - Оцініть, наскільки мета лабораторної роботи була досягнута. Чи вдалося вам ознайомитися з основами автоматизації та оволодіти навичками програмування ПЛК?
    - Які завдання було виконано успішно, а які потребують подальшого доопрацювання?

## 2. Ефективність автоматизації:

○ Оцініть ефективність використання програмованих контролерів у біотехнологічних процесах. Чи вдалося підвищити ефективність та продуктивність?

○ Які показники (температура, рН, розчинений кисень тощо) вдалося стабілізувати та оптимізувати?

## 3. Навчальні результати:

○ Які нові знання та навички ви здобули під час виконання лабораторної роботи?

○ Як отримані знання можуть бути застосовані в інших біотехнологічних дослідженнях та виробничих процесах?

## 4. Можливості для вдосконалення:

○ Які аспекти автоматизованої системи можна покращити? Запропонуйте конкретні зміни та вдосконалення.

○ Які додаткові функції або параметри можна автоматизувати для підвищення ефективності процесу?

## 5. Практичне застосування:

○ Обговоріть можливості застосування автоматизації в реальних біотехнологічних виробництвах. Які приклади успішного впровадження автоматизації ви знаєте?

### ***Оцінювання та зворотний зв'язок.***

Методи оцінювання:

✓ Під час виконання роботи передбачається тестування на платформі або в аудиторії, практичні запитання від викладача.

✓ Зазначте, як ці методи допомогли вам засвоїти матеріал та які аспекти були найбільш корисними.

Отриманий зворотний зв'язок:

✓ Опишіть, як зворотний зв'язок сприяв покращенню вашого розуміння теми та навичок роботи в лабораторії.

Самоаналіз:

✓ Проаналізуйте власну роботу та підхід до виконання завдань. Визначте, що було зроблено добре, а над чим варто працювати.

✓ Встановіть цілі для подальшого покращення своїх знань та навичок у цій галузі.

Рекомендації для майбутніх робіт:

✓ Поділіться своїми пропозиціями щодо покращення лабораторної роботи. Це можуть бути ідеї щодо обладнання, методів

або додаткових ресурсів.

✓ Зазначте, як отриманий досвід може бути застосований у майбутніх дослідженнях або професійній діяльності.

**Оформлення звіту про виконання лабораторної роботи.** Звіт виконується відповідно до форми та завантажується на перевірку у навчальну платформу університету [Навчальна дисципліна "Процеси та апарати біотехнологічних виробництв"](#).

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №20. Застосування біосенсорів для моніторингу біотехнологічних виробництв.**

**Мета роботи.** Вивчити теоретичні основи біосенсорів, їх типи та функції. Розуміти механізми взаємодії біологічних елементів з аналітичними приладами..

**Теоретичні відомості.** Біосенсори - це синергетичні пристрої, що поєднують біологічні компоненти з фізико-хімічними датчиками для детектування та кількісного аналізу різноманітних речовин. У біотехнологічних виробництвах вони виконують ключову роль у реальному часі, забезпечуючи моніторинг критичних параметрів, таких як концентрація субстратів, продуктів, метаболітів та мікроорганізмів. Це дозволяє оптимізувати процеси, підвищити ефективність та якість продукції.

Основними складовими біосенсора є біорецептор (ензими, антитіла, нуклеїнові кислоти), перетворювач та система сигналізації. Біорецептор специфічно взаємодіє з аналітом, викликаючи фізико-хімічну зміну, яку перетворювач переводить у вимірюваний сигнал. Завдяки цьому можливо здійснювати точний та селективний аналіз складних біологічних систем.

У сучасній біотехнології біосенсори застосовуються для контролю ферментацій, виявлення контамінантів, моніторингу забруднення та багато іншого. Їх інтеграція з комп'ютерними системами керування дозволяє автоматизувати виробництво, зменшити витрати та підвищити безпеку продуктів харчування, фармацевтики та біопалива.

### **Цілі лабораторної роботи:**

✓ Ознайомитися з різними областями застосування біосенсорів

у біотехнологічних процесах.

✓ Розглянути приклади використання біосенсорів для контролю параметрів, таких як концентрація субстратів, продуктів та біомаси.

**Хід виконання.** Перед початком роботи переконайтеся, що Вас додано до списку груп виконавців лабораторної роботи. Відповідно до розкладу переконайтесь в місці та даті проведення роботи. Дотримуйтесь термінів встановлених до виконання цієї роботи. Під час виконання роботи передбачається тестування на платформі.

Дотримуйтесь наступного алгоритму роботи:

1. Підготовка до лабораторної роботи:

- Ознайомлення з теоретичними відомостями:
  - Вивчіть принципи роботи біосенсорів, їх види та основні компоненти (біорецептор, перетворювач, система сигналізації).
  - Розгляньте застосування біосенсорів у біотехнології для моніторингу параметрів процесів.
- Підготовка необхідних матеріалів та обладнання:
  - Біосенсор(и) для вимірювання конкретного параметра (наприклад, глюкози, розчиненого кисню).
  - Калібрувальні розчини з відомими концентраціями аналіту.
  - Зразки біотехнологічного процесу (культуральна рідина, ферментаційний бульйон).
  - Лабораторний посуд, піпетки, стерильні умови роботи.

2. Калібрування біосенсора:

- Підготовка калібрувальних розчинів:
  - Приготуйте серію розчинів з відомими концентраціями аналіту (наприклад, глюкози).
  - Забезпечте точність концентрацій для побудови калібрувальної кривої.
- Проведення калібрування:
  - Виконайте вимірювання сигналу біосенсора для кожного калібрувального розчину.
  - Запишіть отримані значення сигналу та відповідні концентрації.
- Побудова калібрувальної кривої:
  - Нанесіть дані на графік (сигнал біосенсора залежно від концентрації аналіту).
  - Виконайте регресійний аналіз для отримання рівняння



калібрувальної кривої.

3. Підготовка зразків для аналізу:

- Відбір зразків біотехнологічного процесу:
  - Відіберіть зразки культуральної рідини в різні часові інтервали процесу.
  - Дотримуйтеся стерильності та безпеки при відборі зразків.
- Підготовка зразків:
  - За необхідності проведіть фільтрацію або центрифугування для видалення твердих частинок.
  - Розбавте зразки до концентрацій, що потрапляють у діапазон калібрувальної кривої, якщо потрібно.

4. Вимірювання параметрів з використанням біосенсора:

- Проведення вимірювань:
  - Виконайте вимірювання сигналу біосенсора для кожного підготовленого зразка.
  - Повторіть вимірювання декілька разів для підвищення точності (наприклад, тричі).
- Запис результатів:
  - Занотуйте всі отримані значення сигналу та умови вимірювання (температура, час тощо).

5. Аналіз та інтерпретація даних:

- Обчислення концентрацій аналіту:
  - Використовуючи рівняння калібрувальної кривої, розрахуйте концентрацію аналіту в кожному зразку.
- Побудова кінетичних кривих:
  - Нанесіть отримані концентрації на графік залежності від часу процесу.
  - Проаналізуйте динаміку зміни параметра в процесі.
- Інтерпретація результатів:
  - Визначте, чи відповідають отримані дані очікуваному ходу процесу.

- Виявіть можливі відхилення та їх причини.

6. Порівняння з альтернативними методами:

- Виконання контрольних вимірювань:
  - Проведіть аналіз тих самих зразків альтернативним методом (наприклад, хроматографією, спектрофотометрією).
- Порівняння результатів:
  - Порівняйте результати, отримані за допомогою біосенсора та

альтернативного методу.

- Оцініть точність та повторюваність вимірювань.

### **Обговорення та висновки.**

Обговорення:

1. Аналіз використання біосенсорів:

- Обговоріть переваги та недоліки застосування біосенсорів у моніторингу біотехнологічних процесів.
- Порівняйте ефективність біосенсорів з традиційними методами аналізу (наприклад, хроматографія, спектрофотометрія).

2. Точність та повторюваність вимірювань:

- Проаналізуйте отримані дані та обговоріть фактори, що впливають на точність та повторюваність вимірювань за допомогою біосенсорів.

- Визначте можливі джерела похибок у ваших експериментальних результатах та запропонуйте способи їх мінімізації.

3. Вибір біорецептора та його вплив:

- Обговоріть, як вибір біологічного рецептора (ензим, антитіло, нуклеїнова кислота) впливає на селективність та чутливість біосенсора.

- Розгляньте можливості використання різних біорецепторів для детектування конкретних аналітів.

4. Калібрування та лінійність біосенсора:

- Поясніть важливість процесу калібрування біосенсора перед проведенням вимірювань.

- Обговоріть лінійність калібрувальної кривої та її вплив на точність визначення концентрацій аналіту.

5. Стабільність та час відгуку біосенсора:

- Оцініть стабільність біосенсора протягом часу експерименту.
- Обговоріть, як час відгуку біосенсора впливає на можливість реального часу моніторингу процесу.

6. Інтерференція та селективність:

- Визначте, чи мали місце інтерференції з боку інших компонентів зразка.

- Обговоріть способи підвищення селективності біосенсора до цільового аналіту.

7. Практичне застосування отриманих результатів:

- Проаналізуйте, як отримані дані можуть бути використані

для оптимізації біотехнологічного процесу.

- Обговоріть можливості впровадження біосенсора в промислові умови.

8. Економічні та технічні аспекти:

- Обговоріть економічну доцільність використання біосенсорів у порівнянні з іншими методами.

- Розгляньте технічні вимоги та обмеження для впровадження біосенсорів у виробництво.

Висновки:

1. Оцінка досягнення цілей роботи:

- Підсумуйте, як поставлені цілі лабораторної роботи були досягнуті.

- Оцініть успішність виконання завдань та отримання запланованих результатів.

2. Ефективність та перспективи біосенсорів:

- Зробіть висновки щодо ефективності використання біосенсорів для моніторингу біотехнологічних процесів.

- Обговоріть перспективи розвитку та вдосконалення біосенсорних технологій у біотехнології.

3. Особистий внесок та набуті навички:

- Відзначте, які нові знання та практичні навички ви здобули під час виконання лабораторної роботи.

- Розгляньте, як цей досвід може бути застосований у вашій майбутній професійній діяльності.

4. Рекомендації для подальших досліджень:

- Запропонуйте можливі шляхи покращення методики експерименту та обладнання.

- Вкажіть напрямки подальших досліджень, які можуть поглибити розуміння застосування біосенсорів.

5. Критичне мислення та аналіз:

- Рефлексуйте над проведеним експериментом, оцінюючи його сильні та слабкі сторони.

- Розгляньте, як можна покращити планування та виконання подібних експериментів у майбутньому.

**Оцінювання та зворотний зв'язок.**

Методи оцінювання:

- ✓ Під час виконання роботи передбачається тестування на платформі або в аудиторії, практичні запитання від викладача.

✓ Зазначте, як ці методи допомогли вам засвоїти матеріал та які аспекти були найбільш корисними.

Отриманий зворотний зв'язок:

✓ Опишіть, як зворотний зв'язок сприяв покращенню вашого розуміння теми та навичок роботи в лабораторії.

Самоаналіз:

✓ Проаналізуйте власну роботу та підхід до виконання завдань. Визначте, що було зроблено добре, а над чим варто працювати.

✓ Встановіть цілі для подальшого покращення своїх знань та навичок у цій галузі.

Рекомендації для майбутніх робіт:

✓ Поділіться своїми пропозиціями щодо покращення лабораторної роботи. Це можуть бути ідеї щодо обладнання, методів або додаткових ресурсів.

✓ Зазначте, як отриманий досвід може бути застосований у майбутніх дослідженнях або професійній діяльності.

**Оформлення звіту про виконання лабораторної роботи.** Звіт виконується відповідно до форми та завантажується на перевірку у навчальну платформу університету [Навчальна дисципліна "Процеси та апарати біотехнологічних виробництв"](#).

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Сидоров Ю. І., Влязло Р. Й., Новіков В. П. Процеси і апарати мікробіологічної та фармацевтичної промисловості : монографія. Львів : Інтелект-Захід, 2008. 736 с.
2. Сидоров Ю. І., Влязло Р. Й., Новіков В. П. Процеси і апарати мікробіологічної промисловості. Технологічні розрахунки. Приклади і задачі. Основи проектування виробництв : навч. посіб. у 3 ч. Львів : Вид-во Нац. ун-ту "Львівська політехніка", 2004. 240 с.
3. Василенко С. М., Українець А. І., Олішевський В. В. Основи тепломасообміну : підручник / за ред. І. С. Гулого ; Нац. ун-т харч. технол. Київ : НУХТ, 2014. 250 с.
4. Технологічне обладнання біотехнологічної і фармацевтичної промисловості : підручник / М. В. Стасевич, А. О. Милянчик, Л. С. Стрельников та ін. Львів : Новий Світ-2000, 2016. 410 с.
5. Новіков В. П. Обладнання технологічних процесів фармацевтичних та біотехнологічних виробництв : навч. посіб. Вінниця : Нова книга, 2012. 408 с.
6. Процеси і апарати хіміко-фармацевтичної промисловості / Ю. І. Сидоров, В. І. Чуєшов та ін. Вінниця : Нова книга, 2009. 816 с.
7. Луценко В. В. Технічна механіка рідини і газу : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2008. 128 с.
8. Doran P. M. Bioprocess Engineering Principles. 2nd ed. London : Academic Press, 2013. 929 p.
9. Shuler M. L., Kargi F. Bioprocess Engineering: Basic Concepts. 3rd ed. Upper Saddle River : Prentice Hall, 2017. 656 p.
10. Nielsen J., Villadsen J., Lidén G. Bioreaction Engineering Principles. 3rd ed. New York : Springer, 2017. 600 p.
11. Stanbury P. F., Whitaker A., Hall S. J. Principles of Fermentation Technology. 3rd ed. Oxford : Butterworth-Heinemann, 2016. 824 p.
12. Harrison R. G., Todd P., Rudge S. R., Petrides D. P. Bioseparations Science and Engineering. 2nd ed. New York : Oxford University Press, 2015. 624 p.