

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

Факультет хімічних та біофармацевтичних технологій

Кафедра біотехнології, шкіри та хутра

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему:
«Інтенсифікація біосинтезу молочної кислоти за допомогою
нанометалів»

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Спеціальність 162 Біотехнології та біоінженерія
Освітня програма Біотехнологія

Виконала: студентка групи ББТ-21

Анастасія ПЕТРУХ

Науковий керівник:

к.т.н., доц. Ірина ВОЛОШИНА

Рецензент: к.б.н., доц. Ольга ЮНГІН

Київ 2025

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

Факультет	<u>хімічних та біофармацевтичних технологій</u>
Кафедра	<u>біотехнології, шкіри та хутра</u>
Рівень вищої освіти	<u>перший (бакалаврський)</u>
Спеціальність	<u>162 Біотехнології та біоінженерія</u>
Освітня програма	<u>Біотехнологія</u>

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри БШХ

_____ Олена

МОКРОУСОВА

« ____ » _____ 20 ____ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
Петрух Анастасії Олегівни**

1. Тема кваліфікаційної роботи: Інтенсифікація біосинтезу молочної кислоти за допомогою нанометалів

Науковий керівник роботи Волошина Ірина Миколаївна, к.т.н., доц.
затверджені наказом КНУТД від «05» березня 2025 року № 50-уч

2. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: завдання на кваліфікаційну роботу; наукова література щодо методів синтезу, властивостей та застосування наночасток міді; дослідні дані щодо біогенного синтезу наноміді на різних біологічних субстратах та її фізико-хімічні й протигрибкові властивості.

3. Зміст кваліфікаційної роботи: вступ, огляд літератури, об'єкт, мета та методи дослідження, експериментальна частина, висновки, список використаних джерел, додатки.

4. Дата видачі завдання 05.03.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапу кваліфікаційної роботи	Орієнтовний терміни виконання	Примітка про виконання
1	Вступ	10.03.2025	
2	Розділ 1 Огляд літератури	28.03.2025	
3	Розділ 2 Об'єкт, мета та методи дослідження	04.04.2025	
4	Розділ 3 Експериментальна частина	23.05.2025	
5	Висновки	27.05.2025	
6	Оформлення кваліфікаційної роботи (чистовий варіант)	05.06.2025	
7	Подача кваліфікаційної роботи науковому керівнику для відгуку (за 14 днів до захисту)	10.06.2025	
8	Подача кваліфікаційної роботи для рецензування (за 12 днів до захисту)		
9	Перевірка кваліфікаційної роботи на наявність ознак плагіату (за 10 днів до захисту)		Коефіцієнт подібності ____% Коефіцієнт цитування ____% _____
10	Подання кваліфікаційної роботи на підпис завідувачу кафедри (за 7 днів до захисту)		

З завданням ознайомлений:

Студент _____ Анастасія ПЕТРУХ

Науковий керівник _____ Ірина ВОЛОШИНА

АНОТАЦІЯ

Петрух А.О Інтенсифікація біосинтезу молочної кислоти за допомогою нанометалів. – Рукопис.

Кваліфікаційна робота за спеціальністю 162 «Біотехнологія та біоінженерія». – Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, 2025 рік.

У кваліфікаційній роботі було розглянуто сучасні літературні джерела щодо отримання молочної кислоти мікробним синтезом, за допомогою молочнокислих бактерій, грибів та дріжджів. Описано основні фізико-хімічні та біологічні властивості молочної кислоти. Також наведено інформацію стосовно застосування молочної кислоти у харчових, медичних та косметичних галузях.

У кваліфікаційній роботі представлено вплив нанометалів AgNPs, CuNPs, ZnNPs на ріст молочнокислих бактерій *L. acidophilus* УКМ В-2691 та біосинтез ними молочної кислоти. Молочну кислоту перевіряли за допомогою метода Бюхнета, а кількість синтезованої біомаси спектрофотометричним методом.

Ключові слова: молочна кислота, біосинтез, нанометали, наночастки, *Lactobacillus acidophilus*.

ANNOTATION

Petrukh A.O. Intensification of lactic acid biosynthesis using nanometals.

– Manuscript.

Qualification work in specialty 162 “Biotechnology and Bioengineering.” – Kyiv National University of Technologies and Design, Kyiv, 2025.

The qualification work reviewed modern literature sources on the production of lactic acid by microbial synthesis using lactic acid bacteria, fungi and yeast. The main physicochemical and biological properties of lactic acid are described. Information on the use of lactic acid in the food, medical and cosmetic industries is also provided.

The qualification work presents the effect of nanometals AgNPs, CuNPs, ZnNPs on the growth of lactic acid bacteria *L. acidophilus* UKM B-2691 and their biosynthesis of lactic acid. Lactic acid was checked using the Buchnet method, and the amount of synthesized biomass was measured by the spectrophotometric method.

Keywords: lactic acid, biosynthesis, nanometals, nanoparticles, *Lactobacillus acidophilus*.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1.....	11
ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	11
1.1 Отримання молочної кислоти мікробним синтезом.....	11
1.1.1 Молочна кислота та її продуценти	11
1.1.2 Отримання молочної кислоти за допомогою молочнокислих бактерій.....	13
1.1.3 Отримання молочної кислоти за допомогою грибів та дріжджів	14
1.2 Фактори, що впливають на накопичення молочної кислоти <i>L.acidophilus</i>	15
1.2.1 Вплив фізичних факторів	16
1.2.2 Вплив різних субстратів	17
1.3. Використання молочної кислоти в промисловості.....	19
1.3.1 Використання в медичній та косметичній галузях	20
1.3.2 Використання в харчовій галузі.....	20
Висновки до розділу 1.....	22
РОЗДІД 2.....	24
МЕТОДИ ТА МАТЕРІАЛИ	24
2.1 Мета, об'єкт та предмет дослідження	24
2.2 Характеристика <i>Lactobacillus acidophilus</i> УКМ В-2691.....	24
2.3 Приготування поживних середовищ.....	25
2.4 Отримання наночасток металів.....	26
2.5 Підготовка посівного матеріалу	26
2.6 Проведення біосинтезу	27
2.7 Методика кількісного визначення молочної кислоти за методом Бюхнера	27
2.8 Визначення кількості біомаси спектрофотометричним методом	28
2.9 Статистичний аналіз масиву експериментальних даних	28

Висновки до розділу 2.....	28
РОЗДІЛ 3	30
РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ	30
3.1 Вплив наносрібла на ріст <i>L.acidophilus</i> та накопичення молочної кислоти	30
3.2 Вплив наноміді на ріст <i>L.acidophilus</i> та накопичення молочної кислоти	30
3.3 Вплив наноцинку на ріст <i>L.acidophilus</i> та накопичення молочної кислоти	30
Висновки до розділу 3.....	31
ВИСНОВКИ.....	32
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	34
ДОДАТКИ.....	38

ВСТУП

Молочна кислота вважається однією з цікавих та різносторонніх кислот, яку застосовують в багатьох сферах та продовжують її дослідження для подальшого використання у майбутньому. Найбільше молочна кислота використовується у сільськогосподарських, фармацевтичних, харчових, косметологічних та біотехнологічних сферах діяльності. Через свою екологічно чисту здатність в біотехнології вона цінується найбільше.

Актуальність теми

Молочна кислота є важливою речовиною, яка знаходить широке застосування в різних галузях промисловості, а саме у медичній галузі, харчовій, косметичній, фармацевтичній, тощо. Зараз актуально збільшувати вихід молочної кислоти із відновлювальних джерел, оскільки ці технології є безпечними для навколишнього середовища.

У кваліфікаційній роботі дослідження спрямоване на збільшення виходу біосинтезу молочної кислоти шляхом культивування молочнокислих бактерій на модифікованому глюкозо-пептонному поживному середовищі з додаванням різних нанометалів. Для дослідження використано штам *Lactobacillus acidophilus* УКМ В-2691 колекції Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України.

Мета роботи полягає у збільшенні виходу молочної кислоти на модифікованому середовищі ГПС з внесенням різних нанометалів AgNPs, CuNPs, ZnNPs для стимуляції росту лактобацил та накопичення ними молочної кислоти.

Завданням для досягнення поставленої мети є:

1. Перевірити вплив нанометалу AgNPs 0,01 мМ – 5 мМ на ріст *Lactobacillus acidophilus* та утворення ним молочної кислоти.
2. Перевірити вплив нанометалу CuNPs 0,01 мМ – 5 мМ на ріст *Lactobacillus acidophilus* та утворення ним молочної кислоти.
3. Перевірити вплив нанометалу ZnNPs 0,01 мМ – 5 мМ на ріст *Lactobacillus acidophilus* та утворення ним молочної кислоти.

Об'єкт дослідження – наночастки срібра, цинку, міді, та бактерії *Lactobacillus acidophilus*.

Предмет дослідження – накопичення молочної кислоти *Lactobacillus acidophilus* УКМ В-2691

Методи дослідження – спостереження, аналіз, біологічні, біотехнологічні, спектрофотометричні, опис результатів.

Наукова новизна роботи полягає у дослідженні впливу нанометалів (AgNPs, CuNPs, ZnNPs) на біосинтез *Lactobacillus acidophilus* при рості на середовищі ГПС

Практичне значення – інтенсифікації синтезу молочної кислоти за допомогою *Lactobacillus acidophilus* при рості на простому середовищі ГПС з нанометалами (AgNPs, CuNPs, ZnNPs) з подальшим можливим використанням для отримання полімолочної кислоти.

Апробація результатів роботи відбулася в рамках чотирьох науково-практичних міжнародних конференцій та однієї конференції молодих учених.

1. Петрух А. О., Гусейнова К. Е., Давидюк Д. А., Волошина І. М. Нанобіотехнології у рослинництві // *Наукові основи адаптивного землеробства* : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції з нагоди 100-річчя від дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора, академіка Федора Трохимовича Моргуна, 90-річчя Агрономічного факультету Дніпровського державного аграрно-економічного університету та Міжнародного дня здоров'я рослин, м. Дніпро, 16–17 травня 2024 р. С. 63–65.

2. Гусейнова К. Е., Петрух А. О., Давидюк Д. А., Волошина І. М. Вплив CuNPs на ріст та розвиток зернових культур // *Біологія рослин та біотехнологія* : збірка тез IV конференції молодих учених, м. Київ, 16–18 травня 2024 р. С. 29.

3. Потупа В. Ю., Петрух А. О., Волошина І. М. Перспективи використання наноцинку для зберігання харчових продуктів. *Хімія, біо- і фармтехнології, екологія та економіка в харчовій, косметичній та фармацевтичній промисловості*: зб. матеріалів XII Міжнар. наук.-практ.

конф., 18-19 лист. 2024 р. Харків: НТУ «ХПІ», 2024. С. 49–51.

4. Потупа В. Ю., Петрух А. О., Шкотова Л. В., Волошина І. М. Отримання наночасток цинку зеленим синтезом. *Проблеми та досягнення сучасної біотехнології*: матеріали IV міжнар. наук.–практ. конф., 22 бер. 2024р. Харків: НФаУ, 2024. С. 321–322.

5. Петрух А. О., Потупа В. Ю., Морін В. В., Волошина І. М. Використання наночасток металів у косметичці. *Стан і перспективи розвитку хімічної, харчової та парфумернокосметичної галузей промисловості*: матеріали VI Всеукр. наук.–практ. конф., 31 трав. 2024 р. Хмельницький: ХНТУ, 2024. С. 87–89.

6. Петрух А. О., Потупа В. Ю., Шкотова Л. В., Волошина І. М. Біогенний синтез FeNPs за допомогою *Lactobacillus*. *Мікробіологічні та імунологічні дослідження в сучасній медицині*: матеріали III наук.-практ. міжнар. дистанційної конф., 22 бер. 2024 р. Харків: НФаУ, 2024. С. 142–143.

Структура і обсяг кваліфікаційної роботи. Науково-дослідну кваліфікаційну роботу представлено на 42 сторінках, які включають вступ, літературний огляд, методи і матеріали, результати та обговорення, висновки. Також робота містить 31 наукове літературне джерело та вісім додатків.

РОЗДІЛ 1.

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Отримання молочної кислоти мікробним синтезом

Молочна кислота (МК) є важливою органічною сполукою, яку можна застосовувати в косметичній, харчовій та фармацевтичній промисловості. Крім того, МК є мономером для синтезу біоогранічного пластику на основі полімолочної кислоти (ПЛА), що здатен біорозкладатися та компостуватися. Пластик виготовлений на основі ПЛА може бути вирішенням проблеми забруднення довкілля, спричинений частим застосуванням продукції з пластику. Це може стати хорошою альтернативою стандартним продуктам з пластику, наприклад, хірургічні шви, пакування харчових продуктів, тощо. Обширне застосування МК довело цінність цього продукту та подальше зацікавлення в ньому. [12, 19].

1.1.1 Молочна кислота та її продуценти

Молочнокислі бактерії (МКБ) представляють дуже велике мікробне угруповання з численним переліком застосувань в фармацевтичній і харчовій промисловості. МКБ мають однотипні метаболічні та фізіологічні характеристики з потенціалом, специфічним для штаму. Їх об'єднує той факт, що вони здатні утворювати молочну кислоту у процесі ферментації різних вуглеводнів. Даний вид мікроорганізмів належить до сімейства *Lactobacillacea*. Вони мають велику різноманітність грампозитивних, каталазонегативних і анаеробних бактерій, які не утворюють спор. Вони здатні синтезувати різні біологічно активні речовини, наприклад органічні кислоти, бактеріоцини, поліоли, екзополісахариди (ЕПС), вітаміни, тощо. Деякі види молочнокислих бактерій використовують в якості пробіотиків, оскільки вони здатні проявляти пробіотичні властивості та бути корисними для нормалізації шлунково-кишкової мікрофлори людей і тварин [1, 16].

Молочнокислі бактерії є мешканцями організму людини вони є безпечними промисловими продуцентами молочної кислоти. Для отримання

метаболітів молочнокислих бактерій слід звертати увагу на температуру вирощування (5-45 °C) та рН середовища (3,5-9,6). Також необхідно мати в надлишку компонентів поживних речовин таких як пептиди, нуклеотиди, вітаміни та амінокислоти). За літературними даними в якості продуцентів молочної кислоти використовують штами-продуценти, що належать до родів *Leuconostoc*, *Lactococcus*, *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Enterococcus*, *Streptococcus* тощо) [2, 16].

Таки види бактерій, як *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Streptococcus* і *Pediococcus*, також використовуються у харчовій промисловості для отримання функціональних харчових продуктів, заквашувальних культур для виробництва кисломолочних продуктів, тощо. Бактерії *Lactobacillus* мають широке застосування в промисловості через свою продуктивність, кислотостійкість та високий вихід. Також їх можуть використовувати для селективного виробництва L/D-молочної кислоти. Також в літературі відмічають недоліки використання молочнокислих бактерій у якості промислових продуцентів молочної кислоти, оскільки вони потребують складних та вартісних компонентів поживного середовища та діапазону температур (30-37°C), який притаманний багатьом мікроорганізмам навколишнього середовища [2].

Представники родини *Bacillus* також можуть продукувати молочну кислоту. Є декілька переваг у застосуванні *Bacillus* spp. Основною перевагою є те, що *Bacillus* spp. з можуть рости і синтезувати молочну кислоту на простих мінеральних сольових середовищах з недорогими джерелами нітрогену, такими як кукурудзяний екстракт, сульфат амонію, тощо. Температура культивування становить 50-55 °C, завдяки якій можна уникнути небажаного контамінування у процесі культивування. Також вони здатні використовувати вуглеводи з лігноцелюлози, оскільки здатні метаболізувати пентозні цукри і гексозні цукри. Також важливо, що всі *Bacillus* утворюють тільки L-молочну кислоту [2].

Також в літературі є інформація, що дикий вид *E. coli* здатний

синтезувати суміш етанолу та органічних кислот разом з молочною використовуючи гексози та пентози у процесі ферментації. Також їх перевагою у порівнянні з молочнокислими бактеріями є те, що вони здатні рости і продукувати метаболіти на простих поживних середовищах [2].

1.1.2 Отримання молочної кислоти за допомогою молочнокислих бактерій

Молочну кислоту можна отримати за допомогою ферментації різними мікроорганізмами, за рахунок сбрадження вуглеводів. Для виробництва молочної кислоти часто використовують молочнокислі бактерії, серед них виділяють *Lactobacillus* spp., оскільки вони мають гомоферментативний тип бродіння. *Bacillus* spp. також здатен до синтезу молочної кислоти, особливою його перевагою є значно менші витрати на ферментацію. Також, в літературі є інформація, що використовують для біосинтезу молочної кислоти *Corynebacterium glutamicum* і *E. coli*, але після застосування їх генної модифікації. Деякі мікроміцети, такі як *Rhizopus* spp., здатні використовувати в своєму метаболізмі різноманітні відновлюваний вуглецеві джерела, які мають сприятливу амілолітичну активність для синтезу молочної кислоти. Також використовують дріжджі, які не здатні до утворення великої кількості молочної кислоти, але можуть витримувати екстремальних природні умови, можуть бути удосконалені за допомогою генної інженерії. Альтернативним виробником молочної кислоти можуть бути ціанобактерії та мікроводорості, вони не потребують вуглеводного живлення та виступають як мікроорганізми що здатні до фотосинтезу. Також вони можуть використовувати як джерела вуглеводів рослинні відходи, наприклад, крохмалисті матеріали, патока, лігноцелюлозні матеріали на основі лісових та сільськогосподарських відходів. Якщо додати компоненти в яких міститься азот в молочні відходи то їх також можна застосовувати як джерело вуглеводів [2, 19].

Багато досліджень, що МКБ мають здатність до ферментації для того щоб отримати молочну кислоту. Молочнокислі бактерії виділяють з різних

тварин та рослин і вони також мають амілазну активність. Особливістю молочнокислих бактерій є те, що для їх поживне середовище повинно містити багато різних складних компонентів та ферментація відбувається за нижчої температури (37-45°C) в порівнянні з іншими мікроорганізмами (50-55°C). На початковому етапі мікроорганізми продукує амілазу, що в свою чергу впливає на адаптацію клітин до середовища. Такі фактори призводять до підвищення витрат. Таким чином, щоб уникнути таких проблем середовище має містити субстрати які були частково гідролізовані [2].

Lactobacillus acidophilus – коротколанцюгові грампозитивні мікроорганізми, які мають гомоферментативний тип бродіння, за рахунок чого синтезують переважно молочну кислоту. Також вони здатні до синтезу бактеріоцинів, які структурно схожі, але їх молекулярна маса різниться, як і спектр їхньої антимікробної активності. Також *L. acidophilus* здатні синтезувати екзополісахариди за різних стресових факторів. Тому за рахунок своїх метаболітів лактобактерії проявляють термостабільність і здатні до збереження активності в широкому діапазоні рН, а також сильну інгібуючу дію проти псування харчових продуктів і патогенних бактерій, що робить їх важливим класом біоконсервантів [3, 25].

1.1.3 Отримання молочної кислоти за допомогою грибів та дріжджів

Мікроміцети. На сьогоднішній день лігноцелюлозну біомасу використовують для масштабної ферментації, в ній економічно зацікавлені бо вона є вуглеводною сировиною для виготовлення сипучих хімікатів таких як молочна кислота. Нитчастий гриб *Rhizopus* має здатність рости на мінеральному середовищі де єдиним джерелом вуглицю вступає глюкоза і за допомогою цього гриб має здатність виробляти L(+)-молочну кислоту [4].

Дуже часто *R. oryzae* можна зустріти у природі особливо на органічному матеріалі який розкладається. Цей гриб має здатність рости на великій кількості джерел вуглецю, а саме: етанол, гліцерин, молочна кислота, фруктоза, маноза, сахароза, жирні кислоти, кислота та олія. Цікаво, що всі

перелічені цукри є допоміжними речовинами для виробництва L-(+)-молочної. Крім того, *R. oryzae* проявляє амілолітичні, ксиланолітичні, пектолітичні та целюлолітичні здібності, що дає змогу перетворювати полімерні сільськогосподарські залишки. Також цей гриб показав що він здатний виживати та рости на широкому спектрі температур (до 40 °C) та pH (від 4 до 9) [5, 23, 24].

Дріжджі. Дуже серйозною проблемою на сьогоднішній день вважається використання пластику, він виробляється з ресурсів які не підлягають повторному використанню. Полімолочна кислота, тобто полілактидні полімери можуть стати заміною полімерів отриманих з нафти. Для того щоб отримати якісне виробництво ПЛА, потрібно мати оптично чисту молочну кислоту, яку добувають без участі хімічного синтезу. Мікробна ферментація є альтернативним варіантом отримання молочної кислоти як мономера для виробництва ПЛА. Виробництво, виділення та очищення молочної кислоти як основи для ПЛА досить вартісне для комерційного використання, але це необхідна процедура отримання молочної кислоти за допомогою мікробного синтезу. Дріжджі *Saccharomyces cerevisiae*, використовують у якості продуцентів, бо вони добре ростуть на мінеральному середовищі та виживають при низьких pH, тому це полегшує процес очищення молочної кислоти. Однак в природі дріжджі не синтезують молочну кислоту, однак використовувачи метаболічну інженерію етанол вдалося замінити молочною кислотою як кінцевим продуктом ферментації [6].

1.2 Фактори, що впливають на накопичення молочної кислоти *L.acidophilus*

На накопичення молочної кислоти впливає безліч факторів, основним вважається температура, pH, поживні речовини та різні субстрати. Самим важливим фактором можна вважати температуру, вона безпосередньо впливає на активність клітин та метаболічні процеси при біосинтезі молочної кислоти. Також важливо слідкувати за pH середовищем, бо за допомогою нього можна

впливати на ріст бактерій, що в подальшому впливає на виробництво молочної кислоти. Поживні речовини та субстрати також впливають на кількість та якість виробництва молочної кислоти.

1.2.1 Вплив фізичних факторів

Температура. Температура є важливим фактором при виробництві молочної кислоти, його потрібно обов'язково враховувати, бо це впливає на метаболічні процеси клітин та їх активність. Ферменти проявляють максимальну активність лише за своєї оптимальної температури, що забезпечує найвищу швидкість ферментативних реакцій. Якщо температура не буде відповідати оптимальним характеристикам то це може призвести до змін у метаболізмі клітин. Ферментація може проводитися за різних температур. Це пов'язано з оптимальною температурою росту та накопичення молочної кислоти мезофільними, термофільними мікроорганізмами. Відхилення від норм може призвести до того що клітини не будуть рости при заданих умов. Обов'язково потрібно слідкувати за оптимальною температурою розвитку культури та накопичення молочної кислоти, щоб у подальшому не стикатися з проблемами при ферментації. Для процесу ферментації краще підібрати штами які здатні синтезувати молочну кислоту при високих температурах [8, 22].

pH середовища. pH є важливим фактором в процесі ферментації, його можна контролювати на початку та під час процесу утворення молочної кислоти. Стандартний діапазон становить від 4 до 6. Регулювання pH здійснюється шляхом додавання нейтралізуючих агентів або вилучення утвореної молочної кислоти (LA) з ферментаційного бульйону за допомогою відповідних методів розділення, таких як електродіаліз, екстракція чи адсорбція. Правильно підібране pH важливе, бо воно впливає на продуктивність бактерій та виробництво молочної кислоти. У процесі ферментації, щоб збільшити вихід молочної кислоти після закінчення біосинтезу часто використовують різні нейтралізуючі агенти, такі як KOH,

NaOH, NH_4OH , CaCO_3 , $(\text{CH}_3)_2\text{NH}$, $\text{N}(\text{CH}_3)_3$. У такому разі у ферментаційному середовищі утворюються комплекс молочної кислоти з нейтралізуючими агентами. Однак після ферментації буде ще додаткова стадія перевести ці речовини в молочну кислоту [8, 21].

Поживні речовини. Враховуючи фенотипові характеристики і геномний аналіз, встановлено, що мікроорганізми не можуть рости тільки у присутності джерела вуглецю без додаткових поживних та мінеральних речовин, особливо для молочнокислих бактерій. Отже, середовище повинно бути багате на поживні речовини, особливо коли мова йде про біосинтез молочнокислих бактерій. Тому дуже часто у середовище вносять такі речовини, як сироваткові білки, амінокислоти, олігосахариди, ліпіди, мінерали та різні буферні агенти. Поживні елементи допомагають бактеріям рости і підвищують їх активність, тому вони важливі у виробництві молочної кислоти. Дуже важливо підібрати співвідношення поживних речовин у субстраті, щоб не виникало проблем у процесі ферментації та молочна вислота вироблялася без перешкод. Для *L.acidophilus* зазвичай використовують різні складні поживні речовини, такі як знежирене молоко, сироватку, м'ясний бульйон, пептон, гідролізований казеїн, тощо. Однак ці речовини є дорогі, тому, щоб знизити вартість виробництва молочної кислоти потрібно підібрати не дорогі середовища з більш доступних компонентів [8].

1.2.2 Вплив різних субстратів

Лігноцелюозна біомаса. Лігноцелюозна біомаса – це природний матеріал, його отримують з сільськогосподарських та промислових відходів, наприклад, солома, жом, кукурудзяні качани, патока, кокосова м'якоть цукрового буряка, які в подальшому можна використовувати у виробництві молочної кислоти. У виробництві молочної кислоти можна використовувати лігноцелюозу, проте для цього необхідно попередньо її обробити, щоб зруйнувати складну структуру на зброджуванні цукри, зокрема глюкозу та сахарозу. До методів такої обробки належать фізичні, біохімічні, термохімічні

та каталітичні процеси. Водночас, навіть без попередньої обробки ферментація лігноцелюлози може призводити до утворення молочної кислоти, однак із нижчим виходом [8, 17].

Цукристі речовини. Патока є побічним продуктом виробництва цукру із цукрової тростини і містить високий вміст, близько 40-60%, простих цукрів – сахарози, фруктози та глюкози, білків, неорганічних сполук та вітамінів. Однак в ній також є інгібітори, такі як іони металів та фенольні сполуки, які впливають на біосинтез молочної кислоти і можуть заважати процесу ферментації. Метод попередньої обробки необхідний для покращення ефективності ферментації та щоб виключити інгібітори. Як субстрат для ферментації замість патоки можна використовувати лактозу та високоенергетичні білки. Також окрім патоки та сироватки, використовують відходи сільськогосподарських фруктів, плоди груш, у тому числі незрілі, пошкоджені та перезрілі, які містять велику кількість полісахаридів [8].

Сироватка. Основним побічним продуктом молочної промисловості є сироватка, в якій містяться білки, жири, вуглеводи, особливо лактоза, мінерали та водорозчинні вітаміни. Утворений гідролізат лактози, у вигляді глюкози та галактози, надходить до клітини через промеазу та бета-галактозидазу, таким чином синтезуючи молочну кислоту. Оскільки, молочнокислі бактерії не мають високої протеолітичної ферментативної активності для засвоєння білків сироватки, вони потребують внесення макро- та мікроелементів. Для повного використання сироваткової лактози і білків необхідне додавання додаткових компонентів із джерелом азоту, таких як дріжджовий екстракт, пептон і соєве борошно або кукурудзяний екстракт. Збагачена сироватка показала значне збільшення виходу молочної кислоти. Наприклад, сироватка, доповнена гідролізатом сироваткового білка або дріжджовим екстрактом, збільшила вихід молочної кислоти і знизила невикористані втрати поживних речовин під час біопереробки [8].

1.3. Використання молочної кислоти в промисловості

Молочна кислота грає важливу роль у харчових та нехарчових галузях, її як органічну кислоту дозволено оскільки вона вважається безпечною (GRAS). Молочну кислоту часто застосовують у харчовій промисловості, тільки з виробництвом напоїв, наприклад як харчовий консервант, підкислювач дезактиватор, ферментувальний агент, підсилювач смаку, пребіотичну активність, загущувач, кріопротектор, пребіотичну активність, антиоксидант [15, 18].

У хімічній промисловості частіше її використовують для виробництва засобів від комарів, для видалення накипу, мийні засоби, комплексоутворювачі металів, нейтралізатори, мийні засоби, зелений розчинник, регулятор рН, заміна синтетичних пластиків, отриманих із нафтохімічних сполук. Крім того, завдяки можливості виробництва полімолочної кислоти, яка біологічно розкладається, вона виступає екологічно чистою альтернативою для комерційного використання, зокрема у вигляді волокон і плівок. Також, її застосовують у виробництві пропіленгліколю, ефірів лактату, акрилової кислоти, пропіленоксиду, пропанової кислоти, ацетальдегіду, 2,3-пентандіону та дилактиду.

У косметичній промисловості вона використовується для засобів що освітлюють шкіру, як засоби для зволоження, для омолодження шкіри, проти вугрових висипів та зубного каменю.

В медицині та фармацевтичних підприємствах її використовують для виробництва таблеток, хірургічних швів розчину для діалізу, протезів мінеральних препаратів, контрольованої системи доставки ліків, естетичні та гігієнічних продуктів [13].

1.3.1 Використання в медичній та косметичній галузях

Молочнокислі бактерії визнані корисними для людей та їх широко застосовують у різних промисловостях, особливо в харчовій, медичній та косметичній промисловості. Науковці визнали її безпечною та з безліччю терапевтичних та функціональних можливостей. В інших літературних джерелах дослідили, що молочнокислі бактерії мають хороший вплив своїми ферментами або екстрактами на здоров'я шкіри, з покращенням стану шкіри та профілактикою захворювань. В літературі є інформація, що ліпотейхоєва кислота, яка була отримана з *Lactobacillus plantarum*, здатна пригнічувати меланогенез клітин меланоми B16F10. Також вона має антифотостаріючу властивість, регулюючи експресію матриксної металопротеїнази-1 в клітинах людської шкіри. Також є інформація, що преоральний прийом молочнокислих бактерій, таких як *Lactobacillus delbrueckii* здатен усувати розвиток atopічних захворювань. До того ж, згідно з клінічних та гістологічних досліджень, місцеве застосування молочної кислоти ефективно впливає на пігментацію та покращує поверхню шорсткості шкіри з легкою зморшкуватістю, в результаті дії екологічного фітопошкодження [9,13,18].

1.3.2 Використання в харчовій галузі

Попит на кращі функціонально удосконалені продукти харчування виріс, тому молочнокислі бактерії стали важливими для промисловості. Молочнокислі бактерії займають важливе місце в нутрицевтичній індустрії, завдяки своїм пробіотичним властивостям та здатності до продукування різних метаболітів, такі як γ -аміномасляна кислота, екзополісахариди (ЕПС), кон'югована лінолева кислота, бактеріоцини, реутерін та реутеріциклін, які удосконалюють харчові продукти. Також вони здатні синтезувати специфічні ферменти, які потрібні для отримання субстральних біоактивних речовин, як от поліфеноли, біоактивні пептиди, фруктани інуліноподібного типу та β -глюкани, жирні кислоти та поліоли. Вони мають багато переваг в особливості пов'язані зі здоров'ям, наприклад вони мають захист від окисного стресу,

мають профілактичні властивості проти інфекцій шлунково-кишкового тракту, знижують рівень глюкози та холестерину в крові, та поліпшують серцево-судинні функції. Також метаболічно змінені молочнокислі бактерії часто застосовують для удосконалення властивостей звичайних продуктів харчування, а використання CRISPR-Cas9 показує хороший потенціал для подальших розробок харчових культур [10, 14].

Молочнокислі бактерії, через свою здатність ферментувати вуглеводи для отримання молочної кислоти та мікробні метаболічні характеристики. На сьогоднішній день, часто використовуються в харчовій галузі та привертає все більше уваги до себе. Молочнокислі бактерії здатні до розкладу макромолекул в їжі, в тому числі з розпадом неперетравлюваних полісахаридів та зміною небажаних смакових речовин. Тому вони здатні продукувати речовини з коротколанцюговими жирними кислотами, амінами, бактеріоцинами, вітамінами та екзополісахаридами в процесі метаболізму. Ці бактерії показали великий перелік застосувань у харчовій промисловості, зважаючи на їх метаболічні характеристики. Їх можна використати для поліпшення смаку продуктів, зниження шкідливих речовин, для підвищення енергетичної цінності продуктів та для збільшення терміну зберігання, але ще як пробіотик для поліпшення та зміцнення здоров'я [11,14].

Органічні кислоти. Метаболічні процеси молочнокислих бактерій, наприклад ферментація молочної кислоти, має можливість синтезувати інші органічні кислоти. Молочна кислота є вагомою речовиною на біологічному рівні, яку відповідно до оптичного обертання можна розділити на L-молочну кислоту та D-молочну кислоту. Молочна кислота вважається важливою промисловою сировиною, її часто використовують у медичній, харчовій, сільськогосподарській, хімічній промисловості та охорони навколишнього середовища, подальші дослідження з нею залишаються найбільш популярними серед інших вже дуже багато років [11].

Існує дуже багато статей про те як покращити вихід та отримати оптично чисту молочну кислоту, у харчовій промисловості, під час обробки продуктів,

наприклад ферментація. Для процесу ферментації потрібно додавати поживні середовища такі як, сполуки вітаміну В або субстратна глюкоза. Обов'язково потрібно слідкувати за рівнем рН, також для зниження вартості виробництва можна використовувати відходи молочної кислоти як субстрат [11].

Бактеріоцини. Бактеріоцини – це поліпептиди, білки або білкові комплекси, які утворюються як первинні метаболіти бактеріями використовуючи рибосоми та мають антибактеріальну активність. Вони здатні інібувати ріст та розвиток різних бактерій. Завдяки детальному багаторічному дослідженню є уявлення про молекулярний склад та антибактеріальний механізм дії бактеріоцинів. Білок взаємодіє з поверхнею клітини, в результаті чого збільшується проникність клітини, пригнічується утворення клітинної стінки, синтез нуклеїнових кислот та білків. Бактеріоцини є безпечними для людини тому їх використовують як бактеріостатичні засоби та консерванти у харчовій промисловості. [11,14].

Вітаміни. Велика кількість досліджень показують, що молочнокислі бактерії здатні синтезувати вітаміни, наприклад, фолієва кислота, рибофлавін, вітамін С, піридоксаль, кобаламін та інші. У харчовій промисловості, синтезовані під час ферментації вітаміни, можна використовувати як додаткове збагачення їжі. Їх застосування у якості поживного збагачення розширює створення ферментованих продукту, які будуть багаті на вітаміни для певних груп населення [11].

Висновки до розділу 1

Були опрацьовано наукові статті, в яких описано важливість молочної кислоти у різних сферах промисловості таких як харчова, медична та косметологічна. Описали за допомогою яких продуцентів можна отримати молочну кислоту *Lactobacillus*, *Bacillus*, *Corynebacterium glutamicum*, *E. coli*, *Rhizopus*, *Saccharomyces cerevisiae*. Д

Описали фактори (температура, рН, компоненти поживного середовища), які можуть впливати на ріст молочнокислих бактерій та

накопичення молочної кислоти. Також описано галузі в яких використовується молочна кислота (харчова, медична, фармацевтична).

РОЗДІД 2.

МЕТОДИ ТА МАТЕРІАЛИ

2.1 Мета, об'єкт та предмет дослідження

Мета полягає у визначенні оптимальної концентрації нанометалів для стимуляції росту лактобацил та накопичення ними молочної кислоти.

Об'єктом наукового дослідження є наночастки срібра, цинку, міді, та бактерії *Lactobacillus acidophilus*.

Предмет наукового дослідження – накопичення молочної кислоти *Lactobacillus acidophilus* УКМ В-2691

2.2 Характеристика *Lactobacillus acidophilus* УКМ В-2691

У науковому дослідженні були використаний колекційний штам *Lactobacillus acidophilus* УКМ В-2691 який депоновано в Інституті мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України [29].

Для вирощування штамів бактерій роду *Lactobacillus* використовуємо поживне середовище MRS (de Man, Rogosa and Sharpe). Завдяки своєму складу середовище MRS забезпечує спиятливі умови для росту *Lactobacillus* [29].

Таксономічний статус *Lactobacillus acidophilus* УКМ В-2691

Тип	–	<i>Firmicutes</i>
Клас	–	<i>Bacilli</i>
Порядок	–	<i>Lactobacillales</i>
Родина	–	<i>Lactobacillaceae</i>
Рід	–	<i>Lactobacillus</i>
Вид	–	<i>acidophilus</i>
штам	–	УКМ В-2691

Морфолого-культурні властивості *Lactobacillus acidophilus*

L. acidophilus має вигляд паличкоподібної клітини які з'єднані в

ланцюжки довжиною 2–10 мкм вони грам позитивні та не утворюють ендоспор. Також це нерухомі клітини які не мають джгутиків. Вони не містять плазмід. Було визначено, що існують білки, які дають змогу *L. acidophilus* здійснювати унікальні метаболічні функції. Вони включають ген кластерів, які дозволяють перенесення різних груп вуглеводів, таких як фруктоолігосахариди і рафінозу. В основному ці гени дають змогу *L. acidophilus* вижити в важких умовах та допомагають взаємодіяти зі слизовою оболонкою кишечника і мікрофлори. *L. acidophilus* вирощують на поживних середовищах, в складі яких основою є гідролізат молока, солодовий екстракт або капустяний відвар з додаванням желатини глибинним способом, при цьому утворюються білі колонії [30].

Фізіолого-біохімічні властивості *Lactobacillus acidophilus*

Lactobacillus acidophilus є факультативним анаеробом, який росте при низьких значеннях рН і оптимальній температурі 37°C. Його тип живлення є хемерогетеротрофний. Ця бактерія має гомоферментативний тип бродіння, від якого він отримує енергію. В основному росте на складних поживних середовищах, які містять велику кількість цукрі, а також дріжджового автолізу, томатного соку, молочної сироватки і навіть крові. *Lactobacillus acidophilus* виробляє бактеріоцини, ацелакт, лактобактерин та інші мікробні препарати які зупиняють зростання інфекційних агентів [30].

2.3 Приготування поживних середовищ

Приготування MRS. Отримання молочної кислоти проводили глибинним культивуванням молочнокислих бактерій на рідкому середовищі MRS.

Склад середовища MRS, г/л: дріжджовий екстракт – 5,0; м'ясний екстракт – 10,0; пептон – 10,0; декстроза – 20,0; Твін 80 – 1,0; K_2HPO_4 – 2,0; ацетат натрію – 5,0; діамоній цитрат – 2,0; $MgSO_4 \times 7H_2O$ – 0,2; $MnSO_4 \times H_2O$ – 0,05; вода дистильована – до 1000,0 мл.

Для того щоб приготувати MRS-бульйону нам потрібно було зважити

55,15 г поживного середовища і заповнити дистильованою водою до об'єму 1л. Потім середовище у колбах поставили на стерилізацію так як вказано в інструкції виробника автоклавуванням за параметрами: тиск – 1,1 атм, температура – 121°C, тривалість – 15 хв. Готове поживне середовище зберігається за температури 8 – 15°C.

Приготування ГПС. Для приготування ГПС ми зважували г поживного середовища і доводили до 1 л дистильованою водою. Після цього колби з середовищем ставили на стерилізацію за відповідним параметрами які вказані в інструкції виробника.

Склад модифікованого середовища ГПС, г/л: дріжджовий екстракт – 20,0; пептон – 20,0; глюкоза – 30,0; MnSO₄ – 0,05; NaCl – 2,0; вода дистильована – до 1000,0 мл.

2.4 Отримання наночасток металів

Наночастки металів срібла, міді та цинку (NPs), взяті для дослідження, були отримані шляхом «зеленого» синтезу в умовах лабораторії кафедри біотехнології шкіри та хутра КНУТД за допомогою культуральної рідини *Lactobacillus acidophilus* УКМ В-2691. Розміри використовуваних наночасток були: AgNPs – 18,75 нм; CuNPs – 0,78 нм та 60,52 нм; ZnNPs – 41,92 нм.

2.5 Підготовка посівного матеріалу

Культури зберігалися на середовищі MRS-агар. *Lactobacillus acidophilus* УКМ В-2691 знаходилися у ліофільно висушеному стані. Перед тим як розпочати роботи, проводили 2 пересіви для відновлення культури. Одразу після чого культури пересівали на щільне середовище MRS і зберігали за температури 5 °C упродовж 30 діб. Після чого пересівали *Lactobacillus* на свіже поживне середовище.

Музейні культури *Lactobacillus acidophilus* УКМ В-2691 пересівали на рідке поживне середовище MRS і отримували посівний матеріал I та II генерації, культивування проводилося протягом 24 год., при температурі 37

°C, та обертання 160 об/хв. Одночасно з культивуванням культури висівали на щільне середовище MRS, з метою контролю чистоти взятої для дослідження культури. Після того як культура оживлялася її використовували для накопичення біомаси та метаболітів.

2.6 Проведення біосинтезу

До поживного середовища вносили посівний матеріал *Lactobacillus acidophilus* УКМ В-2691 у кількості 5 % від загального об'єму середовища. На початку вирощування молочнокислих бактерій вносили наночастки у модифіковане середовище ГПС у концентраціях 0,01 мМ, 0,05мМ, 0,1мМ, 0,5мМ, 1мМ, 5мМ. У контрольні зразки нанометали не добавляли.

Культивування здійснювали на качалочній установці Orbitec упродовж 48 год. за температури 37 °C, з частотою перемішування 160 об/хв. Після культивування перевіряли оптичну густину дослідного зразка. Після чого відділяли біомасу на центрифугі при швидкості обертання 4000 об/хв. упродовж 30 хв. У надосадовій рідині визначали утворення молочної кислоти.

2.7 Методика кількісного визначення молочної кислоти за методом Бюхнера

Для визначення концентрації молочної кислоти у дослідних зразках використовували метод Бюхнера. Цей метод базується на хімічному перетворенні молочної кислоти в оцтовий альдегід при нагріванні з концентрованою сульфатною кислотою. В результаті хімічної реакції утворюється червоно-коричневий колір інтенсивність якого пропорційна до концентрації молочної кислоти в зразках. Для проведення кольорової реакції необхідно приготувати свіжий розчин гідрохінону та концентрованої сульфатної кислоти.

У пробірки вносять по 1 мл кожного робочого розчину, додають однакову кількість реактиву для кольорової реакції, ретельно перемішують і витримують 1,5 хв на водяній бані (100 °C). Потім охолоджують пробірки і

додають по 0,1 мл розчину гідрохінону (свіжо приготованого). Перемішують, витримують у водяній бані (100 °C) 15 хв. Охолоджують та вимірюють спектрофотометричним методом оптичну густину при довжині хвилі у 540 нм. Після вимірювання оптичної густини всіх контрольних робочих розчинів, будували калібрувальну криву – графік залежності оптичної густини від концентрації молочної кислоти.

Для визначення кінцевої концентрації молочної кислоти отримані оптичні густини всіх дослідних зразків потрібно визначити за допомогою калібрувальної кривої. Для створення калібрувального графіка нам потрібно розвести стандартний розчин молочної кислоти з дистильованою водою для отримання робочих розчинів, потім за допомогою спектрофотометра визначили оптичну густину цих контрольних зразків, побудували калібрувальну криву таким чином визначили кінцеву концентрацію молочної кислоти.

2.8 Визначення кількості біомаси спектрофотометричним методом

Біомасу за оптичною густиною досліджуваних зразків визначали на УФ-спектрофотометр ULAB102UV за довжини хвилі 600 нм. Поживне середовище, без внесення культури було контрольним зразком для вимірювання. Міряли оптичну густину тільки засіяних біомасою зразків (нульова точка), потім міряли на 48 год та 96 год культивування. [31].

2.9 Статистичний аналіз масиву експериментальних даних

Статистичну обробку результатів проводили за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel 2016. Результати, що обраховувались при дослідженні отримання молочної кислоти за допомогою молочнокислих бактерій представлені у вигляді медіани та інтерквартильного розкиду.

Висновки до розділу 2

Для дослідження використовували штам молочнокислих бактерій

Lactobacillus acidophilus УКМ В-2691. Описали його морфолого-культурні та фізіолого-біохімічні властивості. Для біосинтезу молочнокислих бактерій обрали модифіковане поживне середовище ГПС. В експерименті використовували методику кількісного визначення молочної кислоти за методом Бюхнера. Накопичення біомаси визначали спектрофотометрично.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

3.1 Вплив наносрібла на ріст *L.acidophillus* та накопичення молочної кислоти

Для дослідження впливу наночасток срібла на синтез молочної кислоти за допомогою *L.acidophillus* вносили у середовище культивування ГПС наносрібло у різних концентраціях, а саме 0,01мМ – 5мМ. Після культивування перевіряли рівень оптичної густини (ОГ) та кількість утвореної молочної кислоти на 48 та 96 год культивування.

Тож проаналізувавши вплив наночасток AgNPs на утворення біомаси та молочної кислоти можна зробити висновок, що у малих концентраціях (0,01 мМ та 0,05 мМ) наносрібло проявляє стимулювальний ефект на накопичення біомаси на 48 год культивування (1,65 та 1,57 у.о) та 96 год (1,6 та 1,45 у.о). Концентрація 0,1 мМ та 5мМ знижує рівень біомаси та проявляє токсичний ефект, а саме на 48 та 96 год і становлять 0,93 і 0,79 у.о. (при 0,1 мМ) та 0,14 і 0,13 у.о. (при 5 мМ). Концентрація 0,5 мМ на 48 год не впливає на рівень біомаси (1,46 у.о.), однак на 96 годину відбувається зменшення ОГ до 0,298 у.о. При внесенні 1мМ спостерігали протилежну залежність менше ОГ на 48 год 0,34 у.о та збільшення до 1,844 у.о на 96 год культивування.

3.2 Вплив наноміді на ріст *L.acidophillus* та накопичення молочної кислоти

Отже, можемо припустити, що концентрація наноміді у кількості 0,1мМ проявляє стимулювання накопичення молочної кислоти, у той час, як інші концентрації не впливають на її накопичення.

3.3 Вплив нанозинку на ріст *L.acidophillus* та накопичення молочної кислоти

Таким чином, дія ZnNPs також не має лінійної залежності. Однак видно,

що концентрація 0,05мМ проявляє стимулювальний ефект на накопичення рівня біомаси та утворення МК на 48год і зниження на 96 год культивування, як у контролі. Тоді як при вищих концентраціях (0,1-5мМ) рівень біомаси за ОГ фіксується 1-1,2 у.о з подальшим зменшенням до 0,7 на 96 год культивування. Результати утворення молочної кислоти майже протилежні, тобто МК на 48 год фіксується близько 13 г/л, а на 96 год – 20 г/л. Можемо припустити, що при збільшенні концентрації (0,1-5мМ) ZnNPs створюються стресові умови для лактобацил, що призводить до зниження рівня накопичення біомаси та стимулювання кислотоутворення у відповідь на стрес.

Висновки до розділу 3

Дослідили вплив нанометала AgNPs на накопичення біомаси та біосинтез молочної кислоти. Отримали результати, що концентрації AgNPs (18,75 нм) 0,01 – 0,05 та 1 мМ стимулюють приріст біомаси, 0,1 та 5 мМ пригнічує ріст, а 0,5 мМ не впливає. У випадку молочної кислоти внесене у модифіковане середовище ГПС наносрібло у концентраціях 0,01 – 1мМ стимулює накопичення МК, а 5 мМ виявляє токсичний ефект.

Також отримали результати, що CuNPs (розмірами 0,78 та 60,52нм) при концентрації 0,1 мМ виявляє стимулюючий ефект на накопичення біомаси та ріст молочної кислоти, всі інші концентрації не мають значного впливу.

Вплив ZnNPs розміром 41,92 нм на накопичення біомаси при додаванні концентрації 0,01 та 0,05 мМ стимулює ріст біомаси за оптичною густиною, а 0,1 – 5 мМ не впливає на ріст біомаси. У той час, як внесення наноцинку у концентраціях 0,01 – 1 мМ стимулює накопичення МК, а 5 мМ виявляє токсичний ефект.

ВИСНОВКИ

1. Дослідили вплив нанометала AgNPs на накопичення біомаси та біосинтез молочної кислоти за допомогою бактерій *L.acidophillus*. При додаванні 0,01 – 0,05 мМ можна побачити стимулювальний ефект на 48 год 1,65 у.о. та на 96 год 1,57 у.о. Додаючи концентрації 0,1 та 5 мМ спостерігаємо зниження рівня біомаси та токсичний вплив на 48 та 96 год при концентрації 0,1 мМ (0,93 і 0,79 у.о.) та 5 мМ (0,14 і 0,13 у.о.). Концентрація 0,5 не має вплив на накопичення біосами, на 48 год 1,46 у.о та 96 год 0,298 у.о., але при 1 мМ спостерігається низький рівень оптичної густини на 48 год 0,34 у.о. та великий приріс на 96 год – 1,844 у.о. Інша ситуація з накопиченням молочної кислоти при концентраціях від 0,01 до 1 мМ на 48 год спостерігаємо малий рівень МК від 5 до 16 г/л, але на 96 год вона виростає (19,4 – 21,3 г/л). Концентрація 5 мМ пригнічує ріст молочної кислоти на 48 год – 5,3 г/л та 5,4 г/л на 96 год.

2. Дослідили вплив нанометала CuNPs на накопичення біомаси та біосинтез молочної кислоти за допомогою бактерій *L.acidophillus*. Концентрація 0,01 мМ проявляє стимулюючий ефект на накопичення оптичної густини на 48 то 96 год (1,46 та 1,53 у.о.) , при концентрації 0,05 мМ стимулюючий ефект відбувається на 48 год – 1,87 у.о., але ріст знижується на 96 год – 1,47 у.о. Концентрація 0,1 мМ на початку культивування (48 год) має дуже низький рівень, тобто 0,36 у.о. але біомаса стрімко підвищується на 96 год до 1,94 у.о. Концентрації 0,5 та 0,1 мМ тримаються на рівні з контролем на 48 год (1,28 та 1,31 у.о.), але на 96 год різко знижується до 0,59 та 0,47 у.о. Концентрація 5 мМ виявилася токсичною для накопичення біомаси 0,67 та 1,11 у.о. У випадку молочної кислоти концентрації 0,01 та 0,5 стимулює ріст МК на 48 год (16,4 та 12,8 г/л) та з подальшим приростом на 96 год (22,9 та 21,8 г/л). Позитивний результат спостерігається при додаванні 0,1 мМ на 96 год становить 32,8 г/л. Вищі концентрації 0,5 мМ , 1 мМ та 5 мМ сприяють росту МК на 48 год – 12,8 г/л, 12,3 г/л та 8,6 г/л, ці показники збільшуються з часом (96 год) 19 – 22 г/л .

3. Дослідили вплив нанометала ZnNPs на накопичення біомаси та

біосинтез молочної кислоти за допомогою бактерій *L.acidophilus*. Концентрація 0,01 та 0,05 мМ має незначне стимулювання на накопичення біомаси на 48 год (1,49 і 1,46 у.о.) та 96 год (1,51 і 1,42 у.о.) . Концентрації 0,1 - 5 мМ стимулює на 48 год знаходяться майже на одному рівні порівняно з контролем 1.03 у.о. – 1,23 у.о. та пригнічує з подальшим культивуванням на 96 год 0,53 у.о – 0,75 у.о. Молочна кислота при концентрації 0,01 та 0,05 мМ показує збільшення росту на 48 год (15,43 г/л і 21,2 г/л), а на 96 год ріст МК зменшується (14,34 г/л і 15,79 г/л) , тоді як концентрації 0,1 - 5 мМ знаходиться на одному рівні з контролем на 48 год – 11,40 г/л – 12,96 г/л, але з подальшим приростом на 96 год – 20 г/л у всіх зразках.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Microbial production of lactic acid: the latest development. / Juturu V, Wu JC. et al. *Crit Rev Biotechnol*. 2016. Vol. 36, no. 6. P. 967-977. URL: <https://doi.org/10.3109/07388551.2015.1066305>.
2. Recent advances in lactic acid production by microbial fermentation processes. / Abdel-Rahman MA, Tashiro Y, Sonomoto K. et al *Biotechnol* 2013. Vol. 31, no. 6 P. 877-902. URL: <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2013.04.002>.
3. Lactic Acid Production by *Lactiplantibacillus plantarum* AC 11S-Kinetics and Modeling. / Popova-Krumova P, Danova S, Atanasova N, Yankov D. et al. *Microorganisms*. 2024. Vol. 4, no. 12, P. 739. . URL: <https://doi.org/10.3390/microorganisms12040739>.
4. Health and Techno-Functional Potential of Lactic Acid Bacteria: A Comprehensive Review. / Ayed L, M'hir S, Nuzzolese D, Di Cagno R, Filannino P. et al. *Foods*. 2024. Vol. 10, no. 13, P. 1538. URL: <https://doi.org/10.3390/foods13101538>.
5. Lactic acid production - producing microorganisms and substrates sources-state of art. / Abedi E, Hashemi SMB. et al. *Heliyon*. 2020. Vol. 10, no. 6, P. e04974. URL: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04974>.
6. New application of *Bacillus* strains for optically pure L-lactic acid production: general overview and future prospects. / Poudel P, Tashiro Y, Sakai K. et al. *Biosci Biotechnol Biochem*. 2016. Vol. 4, no. 80, P. 642-54. URL: <https://doi.org/10.1080/09168451.2015.1095069>.
7. Recent advances in lactic acid production by microbial fermentation processes. / Abdel-Rahman MA, Tashiro Y, Sonomoto K. et al. *Biotechnol Adv*. 2013. Vol. 6, no. 31, P. 877-902. URL: <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2013.04.002>.
8. *Lactobacillus acidophilus*: characterization of the species and application in food production / Anjum N, Maqsood S, Masud T, Ahmad A, Sohail A, Momin A. et al. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2014. Vol. 9, no. 54, P. 1241-51. URL: <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.621169>.

9. Context-dependent differences in the functional responses of Lactobacillaceae strains to fermentable sugars. / Suissa R, Oved R, Maan H, Hadad U, Gilhar O, Meijler MM, Koren O, Kolodkin-Gal I. et al. *Front Microbiol.* 2022. Vol. 13, no. 949932. URL: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.949932>.
10. Lactic acid production from xylose by the fungus *Rhizopus oryzae*. / Maas RH, Bakker RR, Eggink G, Weusthuis RA. et al. *Appl Microbiol Biotechnol.* 2006 Vol. 5, no. 72, P. 861-8. URL: <https://doi.org/10.1007/s00253-006-0379-5>.
11. Metabolic engineering of *Rhizopus oryzae* for the production of platform chemicals / B. J. Meussen et al. *Applied Microbiology and Biotechnology.* 2012. Vol. 94, no. 4. P. 875–886. URL: <https://doi.org/10.1007/s00253-012-4033-0>
12. Development of a Strategy for L-Lactic Acid Production by *Rhizopus oryzae* Using *Zizania latifolia* Waste and Cane Molasses as Carbon Sources. / Yin FW, Sun XL, Zheng WL, Yin LF, Luo X, Zhang YY, Wang YF, Fu YQ. et al. *Molecules.* 2023. Vol. 17, no. 28, P. 6234. URL: <https://doi.org/10.3390/molecules28176234>.
13. 16 years research on lactic acid production with yeast - ready for the market? / Sauer M, Porro D, Mattanovich D, Branduardi P. et al. *Biotechnol Genet Eng Rev.* 2010. Vol. 27, P. 229-56. URL: <https://doi.org/10.1080/02648725.2010.10648152>.
14. . Sake yeast symbiosis with lactic acid bacteria and alcoholic fermentation. / Watanabe D. et al. *Biosci Biotechnol Biochem.* 2024. Vol. 3, no. 88, P. 237-241. URL: <https://doi.org/10.1093/bbb/zbad167>.
15. Biotechnological lactic acid production from low-cost renewable sources via anaerobic microbial processes. / Kacaribu AA, Darwin. et al. *BioTechnologia (Pozn).* 2024. Vol. 2, no. 105, P. 179-194. URL: <https://doi.org/10.5114/bta.2024.139757>.
16. Effects of temperature and lactic acid Bacteria additives on the quality and microbial community of wilted alfalfa silage / J. Liu et al. *BMC Plant Biology.* 2024. Vol. 24, no. 1.
17. Effect of pH on lactic acid production from acidogenic fermentation of

food waste with different types of inocula. / Tang J, Wang XC, Hu Y, Zhang Y, Li Y. et al. *Bioresour Technol.* 2017. Vol. 224, P. 544-552. URL: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.11.111>.

18. Isolation and Identification of Lactic Acid Bacteria from Natural Whey Cultures of Buffalo and Cow Milk. Foods. / Marasco R, Gazzillo M, Campolattano N, Sacco M, Muscariello L. et al. *Foods.* 2022. Vol. 2, no. 11, P. 233. URL: <https://doi.org/10.3390/foods11020233>.

19. Multifunctional Applications of Lactic Acid Bacteria: Enhancing Safety, Quality, and Nutritional Value in Foods and Fermented Beverages. / Anumudu CK, Miri T, Onyeaka H. et al. *Foods.* 2024. Vol. 23, no. 13, P. 3714. URL: <https://doi.org/10.3390/foods13233714>.

20. Characteristics of the Proteolytic Enzymes Produced by Lactic Acid Bacteria. / Kieliszek M, Pobiega K, Piwowarek K, Kot AM. et al. *Molecules.* 2021. Vol. 7, no. 26, P. 1858. URL: <https://doi.org/10.3390/molecules26071858>.

21. Lactic acid: recent advances in products, processes and technologies — a review. / Datta, R. and Henry, M. et al. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 2006. Vol.81, P.1119-1129. URL: <https://doi.org/10.1002/jctb.1486>

22. Lactic Acid Bacteria and Lactic Acid for Skin Health and Melanogenesis Inhibition. / Huang HC, Lee IJ, Huang C, Chang TM. et al. *Curr Pharm Biotechnol.* 2020. Vol. 7, no. 21, P. 566-577. URL: <https://doi.org/10.2174/1389201021666200109104701>.

23. Poly(Lactic Acid)-Based Microparticles for Drug Delivery Applications: An Overview of Recent Advances. / Vlachopoulos A, Karlioti G, Balla E, Daniilidis V, Kalamas T, Stefanidou M, Bikiaris ND, Christodoulou E, Koumentakou I, Karavas E, Bikiaris DN. et al. *Pharmaceutics.* 2022. Vol. 2, no. 14, P. 359. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics14020359>.

24. Lactic acid bacteria in the functional food industry: biotechnological properties and potential applications. / Abedin MM, Chourasia R, Phukon LC, Sarkar P, Ray RC, Singh SP, Rai AK. et al. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2024. Vol. 29, no. 64, P. 10730-10748. <https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2227896>.

25. A Comprehensive Review of Bioactive Compounds from Lactic Acid Bacteria: Potential Functions as Functional Food in Dietetics and the Food Industry. / Abdul Hakim BN, Xuan NJ, Oslan SNH. et al. *Foods*. 2023. Vol. 15, no. 12, P. 2850. <https://doi.org/10.3390/foods12152850>.
26. Metabolism Characteristics of Lactic Acid Bacteria and the Expanding Applications in Food Industry. / Wang Y, Wu J, Lv M, Shao Z, Hungwe M, Wang J, Bai X, Xie J, Wang Y, Geng W. et al. *Front Bioeng Biotechnol*. 2021. Vol. 9, P. 612285. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.612285>.
27. Harnessing the Power of Bacteriocins: A Comprehensive Review on Sources, Mechanisms, and Applications in Food Preservation and Safety / B. Singh et al. *Current Microbiology*. 2025. Vol. 82, no. 4. URL: <https://doi.org/10.1007/s00284-025-04155-8>
28. B-group vitamin production by lactic acid bacteria--current knowledge and potential applications. / LeBlanc JG, Laiño JE, del Valle MJ, Vannini V, van Sinderen D, Taranto MP, de Valdez GF, de Giori GS, Sesma F. et al. *J Appl Microbiol*. 2011. Vol. 6, no. 111, P. 1297-309. . <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2011.05157.x>.
29. The Functional Roles of *Lactobacillus acidophilus* in Different Physiological and Pathological Processes. / Gao H, Li X, Chen X, Hai D, Wei C, Zhang L, Li P. et al. *J Appl Microbiol*. 2022. Vol. 10, no. 32, P. 1226-1233. <https://doi.org/10.4014/jmb.2205.05041>.
30. Citron, *Lactobacillus* Species: Taxonomic Complexity and Controversial Susceptibilities / Ellie J. C. Goldstein, Kerin L. Tyrrell, Diane M. et al. *Clinical Infectious Diseases*. 2015. Vol. 60, no. 2, P. S98–S107. <https://doi.org/10.1093/cid/civ072>
31. Spectrophotometric Methods for Measurement of Antioxidant Activity in Food and Pharmaceuticals. / Christodoulou MC, Orellana Palacios JC, Hesami G, Jafarzadeh S, Lorenzo JM, Domínguez R, Moreno A, Hadidi M. et al. *Antioxidants (Basel)*. 2022. Vol. 11, no. 11, P. 2213. <https://doi.org/10.3390/antiox11112213>.

НАНОБІОТЕХНОЛОГІЇ У РОСЛИННИЦТВІ

А.О. Петрух, студентка 3 курсу спеціальності 162 «Біотехнологія»

К.Е. Гусейнова, студентка 3 курсу спеціальності 162 «Біотехнологія»

Д.А. Давидюк, студент 4 курсу спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія»

І.М. Волошина, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри біотехнології, шкіри та хутра

Київський національний університет технологій та дизайну

E-mail: i_woloschyna@yahoo.com

Сільськогосподарська галузь переживає величезну кризу через швидку зміну клімату, зниження родючості ґрунтів, недостатність макро- та мікроелементів, неправильне використання хімічних добрив та пестицидів, а також присутність важких металів у ґрунті (кадмій, свинець, миш'як, нікель, хром, кобальт, тощо). Агронанотехнології спрямовані на підвищення врожайності сільськогосподарських культур за допомогою ефективно керованих ресурсів, наприклад, добрив, пестицидів та агрохімікатів за допомогою систем моніторингу в реальному часі. Застосування нанотехнологій позитивно вплине

63

на продуктивність і якість сільськогосподарських культур від проростання насіння до збирання врожаю. Зменшення орних земель через урбанізації, індустріалізації та бойові дії ще більше посилює проблему. Для задоволення глобального попиту на продовольство вирішальне значення має продуктивніша і стресостійка система. Наночастки (NPs) на основі металів є найбільш вивченими і визнаними дуже корисними в рослинництві для прискорення зростання сільськогосподарських культур та захисту їх здоров'я від різних біотичних стресів, а також для захисту від абіотичних стресів, таких як посуха, температура, вологість, і більше високі концентрації солі.

Наночастки металів можуть застосовуватися, як нанодобрива, так і конструкції на їх основі для поліпшення агрономічних властивостей рослин. Вони можуть контролювати вивільнення поживних речовин, зменшувати стрес, викликаний металами, та підвищувати стресостійкість рослин до важких металів. Рослини поглинають наночастки через пагони та коріння, однак буде позитивний чи негативний результат залежить від кількості внесених наночастинок. Це пов'язано з їх фізико-хімічними характеристиками, а саме розміром і концентрацією наночастинок, при цьому більш висока концентрація може мати токсичний вплив на рослини. Наприклад, наночастинки оксиду цинку (ZnONPs) підвищують ріст рослин, спричиняючи зменшення окислювального стресу, який викликають токсичні мікроелементи, такі як кадмій і свинець. Наночастки ZnONPs сприяють підвищенню кількості фотосинтетичного пігменту та загального вмісту розчинних білків у рослинах. Наночастинки кремнію (SiNPs) підвищують фотосинтез та біомасу. Наночастки оксиду церію (CeNPs) накопичуються в коренях соєвих бобів, а потім переміщуються в їстівні тканини. Наночастки оксиду титану (TiONPs) в сільському господарстві, у тому числі для захисту від хвороб, ґрунтуються на фотокаталітичних поверхневих властивостях. Наночастки також беруть участь у виявленні та боротьбі з патогенами рослин та відіграють важливу роль у боротьбі з хворобами рослин. Наночастки, такі як наносрібло (AgNPs) та наномідь (CuNPs) продемонстрували антимікробні властивості, вони пошкоджують клітинну стінку мікроорганізмів і таким чином зменшують кількість збудників бактеріального та грибового захворювання рослин. Наночастки заліза (FeNPs) поліпшують розвиток рослин і зменшують поглинання металів. Також у літературі є інформація, що комбіноване застосування різних типів наночастинок може бути ефективним і екологічно чистим рішенням для рекультивації забруднених важкими металами ґрунтів та підвищення продуктивності сільськогосподарських культур. Застосування NPs як нанодобрив показало ефективні результати в поліпшенні стійкості рослин до абіотичного стресу за рахунок збільшення росту рослин,

ВПЛИВ CuNPs НА РІСТ ТА РОЗВИТОК ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

Гусейнова К.Е., Петрух А.О., Давидюк Д.А., Волошина І.М.
Київський національний університет технологій та дизайну, м. Київ, Україна
e-mail: i_woloschyna@yahoo.com

Зміна клімату має великий вплив на ріст і продуктивність рослин, спричиняючи різні біотичні та абіотичні стреси для них. До найбільш розповсюджених абіотичних стресів включають солоність, посуху, екстремально низькі та високі температури тощо. Їхній вплив на сільське господарство є причиною великомасштабних неурожаїв у різних частинах світу, що призводить до проблем з продовольчою безпекою. У зв'язку з цим надзвичайно важливим є пошук нових підходів для подолання цих проблем і досягнення стійкості рослин. Не випадково, останнім часом неабияка увага у наукових дослідженнях приділяється речовинам, які містять поживні елементи у нанорозмірному стані, а саме, наночастинкам металів (Khalid et al., 2022).

Зернові культури є досить чутливими до абіотичних стресів. На різних стадіях розвитку рослини реагують по-різному. Так, наприклад, нестача вологи та сухої у літній період спричиняють пожовтіння листя та засихання стебел, а у ранньовесняний час пригнічується проростання насіння та кущіння, сходя формуються слабкими, сильно зріженими. Тому для боротьби з негативними наслідками абіотичного стресу доцільно застосовувати CuNPs, адже мідь є важливим мікроелементом для продовольчих культур. Найбільш інтенсивно вона застосовується рослинами під час кущіння та колосіння, активуючи вуглеводний і білковий обмін та беручи участь у формуванні репродуктивних органів (Матусевич, 2024). Наномідь використовується як нанофунгіцид та нанобактерицид, а також підвищує посухостійкість та солоностійкість зернових рослин. Крім того, було встановлено, що CuNPs мають здатність контактувати з оболонкою насіння, покращуючи його схожість, і як результат ріст розсади рослин. Стимуляція росту зернових культур наночастками міді відбувається за рахунок утворення ними пор на рослинній клітинній стінці, що покращує поглинання води, запускаючи сприятливе проростання насіння. Однак слід бути обережним, використовуючи CuNPs, оскільки для нормального росту рослинам необхідна незначна кількість міді, так як при високих концентраціях вона може спричинити негативний вплив на рослинність (Kausar et al., 2022).

Таким чином, завдяки легкому розчиненню, невеликим розмірам і ефективному поглинанню рослинами, наномідь використовується для покращення росту та стресостійкості зернових культур, тим самим збільшуючи їх урожайність.

Література:

1. Khalid MF, Iqbal Khan R, Jawaid MZ, Shafqat W, Hussain S, Ahmed T, Rizwan M, Ercisli S, Pop OL, Alina Marc R. Nanoparticles: the plant saviour under abiotic stresses. *Nanomaterials* 2022;12(21):3915.
2. Матусевич Г.Д. Вплив наночастинок цинку та міді на посухостійкість пшениці озимої. У: *Аграрна освіта і наука: досягнення та перспективи розвитку*; 28 берез. 2024; Біла Церква. Біла Церква: Білоцерківський національний аграрний університет; 2024. с. 180-182.
3. Kausar H, Mehmood A, Khan RT, Ahmad KS, Hussain S, Nawaz F, Iqbal MS, Nasir M, Ullah TS. Green synthesis and characterization of copper nanoparticles for investigating their effect on germination and growth of wheat. *Plos One*. 2022;17(6):e0269987.

Таким чином, можна зробити основний висновок, що *Eva Green* забарвлює лише мертві клітини, що свідчить про його непроникність через цілісну клітинну мембрану та дає змогу застосовувати його для визначення стану клітин. Додаткові висновки: мінімальна кількість клітин для даного дослідження складає 100000 в мл; необхідно проводити процедуру відмивання клітин, що забезпечує елімінацію барвника з розчину.

Робота виконана за підтримки гранту Національного фонду досліджень України (проект № 2021.01/0414).

Отримання наночасток цинку зеленим синтезом

¹Потупа В.Ю., ¹Петрух А.О., ²Шкотова Л.В., ¹Волошина І.М.

¹Київський національний університет технологій та дизайну,

м. Київ, Україна

²Інститут молекулярної біології і генетики НАН України, Київ, Україна

i_woloschina@yahoo.com

Нанотехнології представляють собою перспективний напрямок наукових досліджень, здатний перевернути уявлення про науку, техніку та бізнес. Однією з ключових галузей нанотехнологій є використання наночасток, які можуть бути тривимірними структурами розміром від одного до ста нанометрів. Ці технології відкривають нові горизонти у біомедицині та агропромисловості, дозволяючи створювати нові, вдосконалені продукти з покращеними характеристиками. Зелений синтез, що використовує природні ресурси, такі як рослини та мікроорганізми, стає найбільш безпечним і екологічно чистим методом для виробництва наночасток. Наночастки оксиду цинку, які виробляються шляхом зеленого синтезу, виявляються корисними в біомедицині та біотехнології завдяки їхній високій антимікробній активності, здатності до фотодеградації та адсорбції іонів металів. Синтез наночастинок оксиду цинку з використанням таких мікроорганізмів, як *Nocardia farcinica*, *Streptomyces viridogens*, *Rhodococcus spp*, *Streptomyces hygroscopicus* і *Thermoactinomyces spp.*, мав значні результати. Ми досліджуємо отримання наночасток цинку за

допомогою *L. acidophilus* та солі ZnSO_4 . У процесі дослідження використовували культуральну рідину та її супернатант. Необхідно зазначити, що на утворення наночасток цинку впливає рН середовища та температура біогенного синтезу, тому що залежно від цих параметрів фіксували значення наночасток у дуже широкому діапазоні від 3 нм до 250 нм і вище. Однак ZnNPs *L. acidophilus* УКМ В-2691 розміром 37-51 нм фіксували у лужному середовищі і температурному діапазоні 30-60°C. Отже, дослідження показали, що екологічно чистий метод виробництва наночасток цинку можливий також і за допомогою молочнокислих бактерій *L. acidophilus* УКМ В-2691.

**Перспективи використання біорозкладних матеріалів
як альтернативи пластику**

Приходько П.С., Калюжная О.С., Хохленкова Н.В.

Кафедра біотехнології Національного фармацевтичного університету,
м. Харків, Україна
polinaprihodko30@gmail.com

Важливою причиною виникнення екологічної кризи є накопичення твердих відходів, серед яких значну частку складають використані полімерні вироби, такі як тара, пакувальні матеріали та предмети побуту. Синтетичні полімери розкладаються у природних умовах дуже повільно, що значно перевищує терміни їх споживання. Через можливість запобігти накопиченню нерозкладаних сполук у природі актуальною стає використання біорозкладних матеріалів.

Біорозкладні матеріали розкладаються завдяки дії живих організмів, зокрема грибів та інших мікроорганізмів. Ці матеріали не накопичуються у ґрунті або в будь-якому середовищі, та не забруднюють навколишнє середовище.

Метою дослідження було обґрунтування переваг використання біорозкладних матеріалів як альтернативи пластику, пошуку інноваційних рішень, які є безпечними для довкілля і суспільства.



Bio

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ
ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ
ФАРМАЦЕВТИЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА БІОТЕХНОЛОГІЇ

СЕРТИФІКАТ
учасника
№374

Цим засвідчується, що

Петрух А. О.

брав(ла) участь у роботі IV Міжнародної
науково-практичної інтернет-конференції

**«ПРОБЛЕМИ ТА ДОСЯГНЕННЯ
СУЧАСНОЇ БІОТЕХНОЛОГІЇ»**

(тривалість - 8 год)

22 березня 2024 р., м. Харків, Україна

В.о. ректора НФаУ,
д. фарм. н., проф.

Проректор з НПр,
д. фарм. н., проф.

Завідувачка кафедри
біотехнології НФаУ,
д. фарм. н., проф.

Алла КОТВИЦЬКА

Інна ВЛАДИМИРОВА

Наталя ХОХЛЕНКОВА

прогнозовано збільшить прибутки з виробництва пробіотичних препаратів.

Література:

1. Codex Alimentarius Commission (CAC). URL: https://food.ec.europa.eu/horizontal-topics/international-affairs/international-standards/codex-alimentarius_en (дата звернення: 24.02.2024).
2. Gupta V., & Garg R. Probiotics. *Indian Journal of Medical Microbiology*. 2009. № 27(3). P. 202–209. DOI: 10.4103/0255-0857.53201
3. Yan F., Polk D. B. Probiotics and immune health. *Curr Opin Gastroenterol*. 2011. Vol. 27, № 6. P. 496–501.
4. Puebla-Barragan S.; Reid G. Probiotics in Cosmetic and Personal Care Products: Trends and Challenges. *Molecules*. 2021. № 26. 1249. <https://doi.org/10.3390/molecules26051249>
5. Ankita Singh, Sharon Grace Alexander, Sunil Martin. Gut microbiome homeostasis and the future of probiotics in cancer immunotherapy. *Front. Immunol. Sec. Cancer Immunity and Immunotherapy*. 2023. Vol. 14. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1114499>
6. Tilg H., Moschen A. R. Microbiota and diabetes: an evolving relationship. *Gut*. 2014. Vol. 63, №9. P. 1513–1521.
7. Bifidobacteria Probiotic Market. URL: <https://www.maximizemarketresearch.com/market-report/global-bifidobacteria-probiotic-market/110939/> (дата звернення: 28.05.2024).

УДК: 606:61+ 579.6

ПЕТРУХ А.О., ПОТУПА В.Ю., МОРИН В.В., ВОЛОШИНА І.М.
Київський національний університет технологій та дизайну

ВИКОРИСТАННЯ НАНОЧАСТОК МЕТАЛІВ У КОСМЕТИЦІ

За останні два десятиліття сфера нанотехнологій зазнала значного розвитку, перейшовши від теоретичних до практичних застосувань. Наночастки, завдяки своїм унікальним властивостям, знайшли широке застосування в доставці ліків, діагностиці, косметичці та інших галузях. Однак ці досягнення також викликають питання щодо безпеки наночастинок. Незважаючи на значні зусилля для розуміння їхньої токсичності, багато аспектів досі залишаються не до кінця вивченими. Водночас дослідження дозволили визначити кілька стратегій для мінімізації та запобігання токсичним ефектам наночастинок, сприяючи розвитку безпечніших нанотехнологій [1]. Глобалізація розширила асортимент косметичних продуктів, починаючи від основних продуктів, таких як зубна паста, до продуктів, що використовують технологію модифікованого вивільнення та

87

нанотехнології, ставши невід'ємною частиною особистого благополуччя. Як і всі дермофармацевтичні продукти, косметика також стикається з механічними бар'єрами шкіри. Роговий шар, щільні з'єднання міжфолікулярного епідермісу та волосяних фолікулів є важливими цьому контексті, і їх слід враховувати при розробці композицій для місцевого застосування. Роговий шар є найбільш зовнішнім механічним бар'єром і вважається першою перешкодою для зовнішньої агресії. Він відіграє важливу роль у поглинанні речовин шляхом пасивної дифузії. Крім того, волосяні фолікули також продемонстрували хорошу абсорбцію і вважаються хорошими потенційними мішенями для доставки ліків [3]. Це пояснюється тим, що наноматеріали мають численні переваги, такі як збільшена площа поверхні, хороша стабільність, висока ефективність інкапсуляції та здатність до завантаження, тривалий час утримання та доставка до конкретного місця [3]. Незважаючи на потенціал для клінічного застосування, деякі дослідження показали, що НЧ можуть бути токсичними. Ці дослідження продемонстрували здатність НЧ накопичуватися в клітинах і викликати органоспецифічну токсичність. Ці дослідження в поєднанні з постійно зростаючим впливом на людину демонструють нагальну потребу в розробці безпечних НЧ і розробці суворих інструкцій для їх розробки щодо тестування на токсичність [1]. Діоксид титану (TiO_2) широко використовується в різних продуктах, включаючи косметику. TiO_2 у формі наночасток (нано- TiO_2) зараз є єдиною формою, яка використовується як ультрафіолетовий (УФ) фільтр у сонцезахисних кремах, а також у деяких денних кремах, основах і бальзамах для губ. Незважаючи на те, що його ефективність як УФ-фільтра доведена в профілактиці раку шкіри та сонячних опіків, висловлюються певні сумніви щодо його безпеки. Дійсно, враховуючи його невеликий розмір, підозрюють, що нано- TiO_2 проникає через дермальний, респіраторний або шлунково-кишковий бар'єри, поширюється в організмі і, отже, становить потенційний ризик для споживача [2]. Неорганічні фільтри ZnO і TiO_2 здатні захищати від UVA і UVB. Як мікронізовані частинки в сонцезахисному кремні, вони мають кілька несприятливих характеристик, у тому числі складність у нанесенні, залишають білі сліди на шкірі, можливо залишають плями на одязі та є комедогенними. Це призвело до розробки менших наночасток, використання яких значно покращує косметику та полегшує нанесення сонцезахисних засобів, зберігаючи при цьому фотозахисні властивості. Наночастки діоксиду кремнію набули значної популярності в косметичній промисловості завдяки своїм гідрофільним властивостям. Вони можуть збільшити термін зберігання, ефективність і текстуру продуктів (косметики). Його чудові властивості поглинання та запобігання злипанню використовуються в косметичних пудрах, а його унікальний розподіл пігменту добре

використовується в помадах. Використання та вплив НЧ діоксиду кремнію все ще обмежені, тому необхідно продовжувати їх дослідження [3]. Однак ці досягнення також викликають питання щодо безпеки наночастинок. Незважаючи на значні зусилля для розуміння їхньої токсичності, багато аспектів залишаються не до кінця вивченими. У косметичній промисловості наночастки використовуються для покращення властивостей продуктів, таких як сонцезахисні креми, помади та пудри. Проте, існує занепокоєння щодо їхнього потенційного проникнення через шкірний бар'єр і можливих токсичних ефектів. Для забезпечення безпеки нанотехнологій необхідні подальші дослідження, спрямовані на розробку методів мінімізації та запобігання токсичності наночастинок.

Література:

1. Raszewska-Famielec M, Flieger J. Nanoparticles for Topical Application in the Treatment of Skin Dysfunctions-An Overview of Dermo-Cosmetic and Dermatological Products. *Int J Mol Sci.* 2022; 23(24):15980. doi: 10.3390/ijms232415980.
2. Mascarenhas-Melo F, Mathur A, Murugappan S, Sharma A, Tanwar K, Dua K, Singh SK, Mazzola PG, Yadav DN, Rengan AK, Veiga F, Paiva-Santos AC. Inorganic nanoparticles in dermopharmaceutical and cosmetic products: Properties, formulation development, toxicity, and regulatory issues. *Eur J Pharm Biopharm.* 2023;192:25-40. doi: 10.1016/j.ejpb.2023.09.011.
3. Dréno B, Alexis A, Chuberre B, Marinovich M. Safety of titanium dioxide nanoparticles in cosmetics. *J Eur Acad Dermatol Venereol.* 2019; 33 Suppl 7:34-46. doi: 10.1111/jdv.15943.

УДК 637.146

РОМАНЧУК І.О., МОІСЕСВА Л.О.,
МІНОРОВА А.В., КРУШЕЛЬНИЦЬКА Н.Л.
Інститут продовольчих ресурсів НААН

ЗМІНА ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ПРОДУКТІВ БЕЗЛАКТОЗНИХ КИСЛОМОЛОЧНИХ ПРОТЯГОМ ТЕРМІНУ ЗБЕРІГАННЯ

В умовах лабораторії молока та продуктів дитячого харчування Інституту продовольчих ресурсів НААН розроблена технологія безлактозних кисломолочних продуктів на основі вторинної молочної сировини з метою забезпечення повноцінними кисломолочними продуктами широкого кола споживачів, які страждають на лактазну недостатність.

Науково-практична міжнародна дистанційна конференція,
Мікробіологічні та імунологічні дослідження в сучасній медицині,
22 березня 2024 року, Харків

індуктора та супернатанту порівняно з інактивованими клітинами можуть свідчити про те, що індукція потребує не лише хімічної, а і біологічної взаємодії між продуцентом ПАР та індуктором.

Комплекс усіх досліджуваних поверхнево-активних речовин з ефірною олією у концентрації 0,001-0,13 мкг/мл спричиняв підвищення ступеня деструкції двовидових бактеріальних біоплівки порівняно з дією відповідних монопрепаратів ПАР, а також комплексу олії з ПАР, одержаних без індукторів.

За дії комплексу ефірної олії і ПАР, синтезованих за наявності живих клітин індуктора та супернатанту, ступінь деструкції біоплівки *S. aureus* БМС-1 з *B. subtilis* БТ-2 досягав 89-95%, а під впливом суміші олії з поверхнево-активними речовинами, синтезованими без індукторів, ступінь руйнування цієї двовидової біоплівки не перевищував 65%.

Максимальний ступінь деструкції комбінованої бактеріальної біоплівки після обробки комплексом ефірної олії з ПАР, одержаними за наявності інактивованих клітин *S. cerevisiae* БТМ-1, становив 85%, що на 10-20% вище порівняно з дією відповідного монопрепарату поверхнево-активних речовин та суміші олії з ПАР, синтезованими без індукторів.

Висновки. Отже, у результаті проведеної роботи встановлено можливість суттєвого підвищення ступеня руйнування одновидових бактеріальних біоплівки за дії поверхнево-активних речовин *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017, синтезованих за наявності живих клітин та *S. cerevisiae* БТМ-1 та відповідного супернатанту, порівняно з ПАР, одержаних без індуктора, а також підвищення ступеня деструкції двовидових біоплівки під впливом усіх досліджуваних поверхнево-активних речовин у комплексі з ефірною олією чайного дерева порівняно з впливом на них тільки ПАР або суміші олії з поверхнево-активними речовинами, одержаними без індукторів.

БІОГЕННИЙ СИНТЕЗ FeNPs ЗА ДОПОМОГОЮ *LACTOBACILLUS*

Петрух А.О., Потупа В.Ю., Шкотова Л.В., Волошина І.М.

Київський національний університет технологій та дизайну,

м. Київ, Україна

i_woloschina@yahoo.com

Залізо є одним із найважливіших мікроелементів для рослин, оскільки воно відіграє ключову роль у багатьох фізіологічних процесах, включаючи фотосинтез, дихання та біосинтез клітинних компонентів. Хелатування заліза органічними кислотами, такими як цитрати, малати та ауксини, є одним із механізмів, що забезпечують поглинання заліза рослинами. Отримання наночасток заліза за допомогою біогенного синтезу відкриває широкі перспективи для їх застосування у різних галузях. Наприклад, наночастки заліза можуть бути використані в медицині для доставки лікарських препаратів у

нанотехнології, ставши невід'ємною частиною особистого благополуччя. Як і всі дермофармацевтичні продукти, косметика також стикається з механічними бар'єрами шкіри. Роговий шар, щільні з'єднання міжфолікулярного епідермісу та волосяних фолікулів є важливими цьому контексті, і їх слід враховувати при розробці композицій для місцевого застосування. Роговий шар є найбільш зовнішнім механічним бар'єром і вважається першою перешкодою для зовнішньої агресії. Він відіграє важливу роль у поглинанні речовин шляхом пасивної дифузії. Крім того, волосяні фолікули також продемонстрували хорошу абсорбцію і вважаються хорошими потенційними мішенями для доставки ліків [3]. Це пояснюється тим, що наноматеріали мають численні переваги, такі як збільшена площа поверхні, хороша стабільність, висока ефективність інкапсуляції та здатність до завантаження, тривалий час утримання та доставка до конкретного місця [3]. Незважаючи на потенціал для клінічного застосування, деякі дослідження показали, що НЧ можуть бути токсичними. Ці дослідження продемонстрували здатність НЧ накопичуватися в клітинах і викликати органоспецифічну токсичність. Ці дослідження в поєднанні з постійно зростаючим впливом на людину демонструють нагальну потребу в розробці безпечних НЧ і розробці суворих інструкцій для їх розробки щодо тестування на токсичність [1]. Діоксид титану (TiO_2) широко використовується в різних продуктах, включаючи косметику. TiO_2 у формі наночасток (нано- TiO_2) зараз є єдиною формою, яка використовується як ультрафіолетовий (УФ) фільтр у сонцезахисних кремах, а також у деяких денних кремах, основах і бальзамах для губ. Незважаючи на те, що його ефективність як УФ-фільтра доведена в профілактиці раку шкіри та сонячних опіків, висловлюються певні сумніви щодо його безпеки. Дійсно, враховуючи його невеликий розмір, підозрюють, що нано- TiO_2 проникає через дермальний, респіраторний або шлунково-кишковий бар'єри, поширюється в організмі і, отже, становить потенційний ризик для споживача [2]. Неорганічні фільтри ZnO і TiO_2 здатні захищати від UVA і UVB. Як мікронізовані частинки в сонцезахисному кремні, вони мають кілька несприятливих характеристик, у тому числі складність у нанесенні, залишають білі сліди на шкірі, можливо залишають плями на одязі та є комедогенними. Це призвело до розробки менших наночасток, використання яких значно покращує косметику та полегшує нанесення сонцезахисних засобів, зберігаючи при цьому фотозахисні властивості. Наночастки діоксиду кремнію набули значної популярності в косметичній промисловості завдяки своїм гідрофільним властивостям. Вони можуть збільшити термін зберігання, ефективність і текстуру продуктів (косметики). Його чудові властивості поглинання та запобігання злипанню використовуються в косметичних пудрах, а його унікальний розподіл пігменту добре

використовується в помадах. Використання та вплив НЧ діоксиду кремнію все ще обмежені, тому необхідно продовжувати їх дослідження [3]. Однак ці досягнення також викликають питання щодо безпеки наночастинок. Незважаючи на значні зусилля для розуміння їхньої токсичності, багато аспектів залишаються не до кінця вивченими. У косметичній промисловості наночастки використовуються для покращення властивостей продуктів, таких як сонцезахисні креми, помади та пудри. Проте, існує занепокоєння щодо їхнього потенційного проникнення через шкірний бар'єр і можливих токсичних ефектів. Для забезпечення безпеки нанотехнологій необхідні подальші дослідження, спрямовані на розробку методів мінімізації та запобігання токсичності наночастинок.

Література:

1. Raszewska-Famielec M, Flieger J. Nanoparticles for Topical Application in the Treatment of Skin Dysfunctions-An Overview of Dermo-Cosmetic and Dermatological Products. *Int J Mol Sci.* 2022; 23(24):15980. doi: 10.3390/ijms232415980.
2. Mascarenhas-Melo F, Mathur A, Murugappan S, Sharma A, Tanwar K, Dua K, Singh SK, Mazzola PG, Yadav DN, Rengan AK, Veiga F, Paiva-Santos AC. Inorganic nanoparticles in dermopharmaceutical and cosmetic products: Properties, formulation development, toxicity, and regulatory issues. *Eur J Pharm Biopharm.* 2023;192:25-40. doi: 10.1016/j.ejpb.2023.09.011.
3. Dréno B, Alexis A, Chuberre B, Marinovich M. Safety of titanium dioxide nanoparticles in cosmetics. *J Eur Acad Dermatol Venereol.* 2019; 33 Suppl 7:34-46. doi: 10.1111/jdv.15943.

УДК 637.146

РОМАНЧУК І.О., МОІСЕСВА Л.О.,
МІНОРОВА А.В., КРУШЕЛЬНИЦЬКА Н.Л.
Інститут продовольчих ресурсів НААН

ЗМІНА ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ПРОДУКТІВ БЕЗЛАКТОЗНИХ КИСЛОМОЛОЧНИХ ПРОТЯГОМ ТЕРМІНУ ЗБЕРІГАННЯ

В умовах лабораторії молока та продуктів дитячого харчування Інституту продовольчих ресурсів НААН розроблена технологія безлактозних кисломолочних продуктів на основі вторинної молочної сировини з метою забезпечення повноцінними кисломолочними продуктами широкого кола споживачів, які страждають на лактазну недостатність.

№ 00337



Конференція зареєстрована у ДУ
«Український інститут науково-
технічної експертизи та інформації»,
посвідчення № 544 від 19 грудня 2023 року

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ФАРМАЦЕВТИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЇ ФАРМАЦІЇ
КАФЕДРА МІКРОБІОЛОГІЇ, ВІРУСОЛОГІЇ ТА ІМУНОЛОГІЇ

Сертифікат

Цим засвідчується, що

Петрух А.О.

брав(ла) участь у роботі Науково-практичної
міжнародної дистанційної конференції
«Мікробіологічні та імунологічні дослідження
в сучасній медицині»

22 березня 2024 р. м. Харків

Тривалість – 5 годин / 0,15 кредитів ЕКТС

Проректор з науково-педагогічної роботи
(інноваційної та науково-дослідної)
Національного фармацевтичного університету,
доктор фармацевтичних наук, професор

Завідувачка кафедри мікробіології, вірусології та імунології
доктор медичних наук, професор



І.М. Владимирова

Н.І. Філімонова

- 146 -

"Молодь і поступ біології", Львів, 18–20 квітня 2024 р.

T2 проростків складав 80 та 84%, відповідно, тоді як нетрансгенних в середньому лише 45,6%. При цьому рівень Pro у генетично модифікованих проростках з дволанцюговим супресором гена *pdh* пшениці за нормальних умов вирощування перевищував показники вихідних форм в 1,6 раз. Тоді як у T2 рослин, з геном *oat* за відповідних умов вирощування не спостерігалось суттєвої різниці в його накопиченні. В умовах осмотичного стресу життєздатність усіх досліджуваних варіантів поєднувалась із збільшенням Pro. Так, у проростків вихідних генотипів в умовах водного дефіциту і засолення його рівень підвищувався у середньому в 2,4 та 3,6 рази, в порівнянні з нормальними умовами вирощування. Тенденція більшої акумуляції проліну в генетично-модифікованих рослин зберігалась не зважаючи на те, що його вміст збільшувався за стресових умов тільки в два рази. Незначна відмінність в акумуляції проліну також спостерігалась між T2, що містять ген *oat* та їх вихідними формами в умовах засолення.

Таким чином, у трансгенних рослин пшениці з дволанцюговим РНК супресором гена *pdh*, підвищений рівень стійкості до осмотичних стресів корелює з накопиченням вільного L-проліну. Підсилення експресії гена *oat* не відображається на вмісті цієї амінокислоти, але сприяє кращому виживанню проростків за умов водного дефіциту та засолення.

Косинська Т., Петрух А., Волошина І.

ВПЛИВ ДЖЕРЕЛА ВУГЛЕЦЮ НА БІОСИНТЕЗ БАКТЕРІАЛЬНОЇ ЦЕЛЮЛОЗИ

Київський національний університет технологій та дизайну
вул. Мала Шияновська, 2, м.Київ, 01011, Україна
e-mail: tomakosynska2000k@gmail.com

Kosynska T., Petruh A., Voloshyna I. INFLUENCE OF CARBON SOURCE ON THE BIOSYNTHESIS OF BACTERIAL CELLULOSE, In modern biotechnology, the study of the influence of the carbon source on the biosynthesis of bacterial cellulose is an urgent problem. Research results indicate that the variety of carbon sources can significantly affect the quantity and quality of synthesized cellulose. Some carbon sources, such as glucose or glycerol, can stimulate more intensive cellulose biosynthesis compared to other substrates. Understanding this effect is important for optimizing the bacterial cellulose production process and developing new strategies. Research in this direction opens up prospects for improving biotechnological processes and expanding the use of bacterial cellulose in various fields.

Вивчення впливу джерела вуглецю на біосинтез бактеріальної целюлози (БЦ) є важливим аспектом для отримання бактеріальної целюлози. Мікробна целюлоза має широкий спектр застосувань у медицині, харчовій промисловості та інших галузях, що підсилює інтерес до

оптимізації її виробництва. Дослідження показують, що джерело вуглецю впливає на ріст, морфологію та властивості бактерій які синтезують целюлозу. Різноманітність вуглеводів у середовищі культивування може визначати ефективність біосинтезу целюлози. Наприклад, вуглеводи з простими структурами, такі як глюкоза чи фруктоза, можуть бути кращими джерелами вуглецю для цього процесу порівняно зі складними вуглеводами, такими як полісахариди. Також, для удосконалення процесу виробництва бактеріальної целюлози можна використовувати альтернативні джерела вуглецю, наприклад залишкові продукти молочної промисловості, ананасового агробізнесу, біодизельного виробництва та кондитерської промисловості, пшенична солома, фруктові соки, гнилі фрукти, патока та інші.

Мета даного дослідження полягає у вивченні впливу різних джерел вуглецю на процес біосинтезу бактеріальної целюлози. Першочерговим завданням є встановлення оптимального джерела вуглецю та умов культивування асоціації мікроорганізмів з метою збільшення виходу БЦ. Наприклад, якщо використовувати прості вуглеводи, такі як глюкоза чи фруктоза, як джерела вуглецю для культивування мікроорганізмів-продуцентів целюлози, можна очікувати підвищення продукції цієї речовини. Це може бути зумовлено тим, що прості вуглеводи легше метаболізуються бактеріями, що відповідають за біосинтез целюлози, та забезпечують більше вуглецю та енергії для процесу синтезу.

Крім того, метою є розуміння метаболічних механізмів, які регулюють процес біосинтезу целюлози в залежності від джерела вуглецю. На основі цих даних можна буде розробити стратегії для підвищення виробництва бактеріальної целюлози з мінімальними витратами ресурсів. Для отримання бактеріальної целюлози нами були використані різноманітні джерела вуглецю, а саме: сахароза, лактоза, глюкоза, фруктоза, крохмаль, етанол та меляса. Також використовували їх змішані субстрати. Було доведено, що вищий рівень БЦ спостерігали при вирощуванні мікробної асоціації на сахарозі (67-70 г/л), глюкозі (127-153 г/л) та на змішаному субстраті сахароза-глюкоза (107-110 г/л). Найгірші результати були отримані на етанолі, фруктозі та крохмалі (10-40 г/л). На лактозі, мелясі та змішаних субстратах лактоза-глюкоза, лактоза-сахароза вихід БЦ склав 53-60 г/л.

Отже, знання про вплив різних джерел вуглецю на біосинтез целюлози може бути корисним для розробки стратегій підвищення виробництва цієї важливої біополімерної речовини. Але на наступному етапі необхідно оптимізувати співвідношення C/N та встановити інші параметри культивування. Тому проведення подальших досліджень у цьому напрямку є необхідним для оптимізації процесу отримання бактеріальної целюлози.

імунологічного планшету. Як тест-культури для дослідження біологічної активності комплексів ПАР з ефірною олією використовували штами бактерій *B. subtilis* БТ-2, *Pseudomonas* sp. (Migula, 1894) МІ-2, *Staphylococcus aureus* (Rosenbach, 1884) БМС-1 і *Candida utilis* (Henneberg, 1926) БВС-65 з колекції живих культур кафедри біотехнології і мікробіології Національного університету харчових технологій.

Встановлено, що незалежно від фізіологічного стану індуктора (живі, інактивовані клітини, супернатант), внесеного у середовище культивування *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017, комплекс утворених за таких умов культивування поверхнево-активних речовин з ефірною олією чайного дерева у широкому діапазоні досліджуваних концентрацій (0,13-0,001 мкг/мл) спричиняв ефективніше руйнування комбінованих біоплівки, ніж відповідні монопрепарати ПАР.

Так, ступінь деструкції комбінованої біоплівки *B. subtilis* БТ-2 з *Pseudomonas* sp. МІ-2 після обробки сумішшю ефірної олії і ПАР, синтезованих за наявності у середовищі всіх досліджуваних індукторів, досягав 72-98%, що на 3-23% вище, ніж за дії тільки відповідних поверхнево-активних речовин.

Максимальний ступінь руйнування двовидової біоплівки *S. aureus* БМС-1 і *C. utilis* БВС-65, обробленої комплексом ефірної олії з ПАР *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017, синтезованими за наявності живих клітин та відповідного супернатанту *S. cerevisiae* БТМ-1, досягав 88-89%, інактивованих клітин – 66%, що на порядок вище порівняно з дією монопрепаратів відповідних поверхнево-активних речовин.

Отже, у результаті проведених досліджень встановлено можливість суттєвого підвищення ступеня деструкції двовидових як бактеріальних, так і бактеріально-дріжджових біоплівок за дії суміші ефірної олії чайного дерева з поверхнево-активними речовинами *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017, синтезованих за наявності у середовищі культивування всіх досліджуваних індукторів *S. cerevisiae* БТМ-1, порівняно з дією відповідних монобіоцидів.

УМОВИ БІОСИНТЕЗУ БАКТЕРІАЛЬНОЇ ЦЕЛЮЛОЗИ CONDITIONS OF BACTERIAL CELLULOSE BIOSYNTHESIS

Петрух А.О.¹, Косинська Т.В.², Федько М.М.^{1,2}, Волошина І.М.¹

Petrukh A.¹, Kosynska T.², Fedko M.^{1,2}, Voloshyna I.¹

¹Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, Україна

²ТОВ «Фармхім», м. Шостка, Україна

i_woloschina@yahoo.com

Бактерії утворюють біоплівки на межі розділу фаз тверда речовина-рідина, рідина-рідина та рідина-повітря. Здебільшого біоплівки шкідливі, наприклад, утворення біоплівки в трубопроводах питної води, на промислових поверхнях, таких як теплообмінники, і обробних поверхнях у харчовій промисловості. Проте біоплівки можуть бути корисними в сферах біоремедіації і очищення стічних вод. Під час біоремедіації бактеріальні біоплівки утворюються на поверхні розділу рідина-рідина. Наприклад, бактерії, що утворюють біоплівки на поверхні розділу нафта-вода, мають різноманітний метаболізм, що дозволяє їм використовувати вуглеводні, як джерела вуглецю та енергії. Отже, розуміння того, як

бактерії адсорбуються та утворюють біоплівки на межі нафта-вода, є важливим і може мати величезний суспільний та економічний вплив. Продукт біоремедіації також може бути корисним, наприклад, коли бактерії виробляють органічні сполуки або полімери комерційної цінності. Одним із прикладів біополімерів, вироблених бактеріями, які користуються великим попитом, є мікробна целюлоза. Однак бактеріальна адсорбція та утворення біоплівки на рідких поверхнях суттєво відрізняються від добре вивченого процесу утворення біоплівки на твердих поверхнях. Мікробна целюлоза має широкий спектр застосувань у медицині, харчовій промисловості та інших галузях, що підсилює інтерес до оптимізації її виробництва. На виробництво мікробних біоплівок впливають різні фактори, такі як вид культури, склад і кількість C/N, мікро- та макроелементів, pH, розчинений кисень, температура.

Мета даного дослідження полягає у отриманні мікробної целюлози змінюючи джерела карбону та нітрогену. Першочерговим завданням є встановлення оптимального джерела вуглецю та умов культивування асоціації мікроорганізмів з метою збільшення виходу бактеріальної целюлози (БЦ). Середовище, яке використовується для культивування асоціації мікроорганізмів БЦ є середовище Hestrin-Schramm. Воно характеризується присутністю глюкози як єдиного джерела карбону. Однак наші дослідження показали, що вищий рівень БЦ спостерігали при вирощуванні мікробної асоціації на сахарозі (67-70 г/л), глюкозі (127-153 г/л) та на змішаному субстраті сахароза/глюкоза (107-110 г/л). Найгірші результати були отримані на етанолі, фруктозі та крохмалі (10-40 г/л). На лактозі, меласі та змішаних субстратах лактоза/глюкоза, лактоза/сахароза вихід БЦ становив 53-60 г/л. Однак велике значення має вміст джерела нітрогену в складі поживного середовища. Багато науковців описують, що як джерело нітрогену та різних мікро- та макроелементів використовують чорний або зелений чай у досить високих концентраціях до 5 г/л. Ми встановили, що достатня концентрація чаю 0,5 г/л за умови внесення у середовище додаткового вмісту нітрогену. Результати показали, що при внесенні у середовище з джерелом сахароза/глюкоза додатково 5 г/л джерела нітрогену (кукурудзяна мука та/або дріжджовий екстракт, пептон) вихід БЦ збільшився майже у двічі. Отже при внесенні кукурудзяної муки вихід БЦ становив 247-253 г/л, дріжджового екстракту – 260-267 г/л, а пептону 267-327 г/л. Вагу бактеріальної целюлози випарювали після видалення зайвої води. Отже, знання про вплив різних джерел вуглецю та нітрогену на біосинтез целюлози може бути корисним для отримання більшого виходу мікробної целюлози. Але на наступному етапі необхідно оптимізувати співвідношення C/N та встановити інші параметри культивування. Тому проведення подальших досліджень у цьому напрямку є необхідним для оптимізації процесу отримання бактеріальної целюлози.

