

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ЗАКЛАД
«ЛУГАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА»
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

КАФЕДРА ПРОФЕСІЙНОЇ ОСВІТИ
РЕСТОРАННОГО І ТУРИСТИЧНОГО БІЗНЕСУ

КИРИЧЕНКО АНАСТАСІЯ ОЛЕКСАНДРІВНА

**ХАРАКТЕРИСТИКА МОЛОЧНО-КИСЛОТНИХ БАКТЕРІЙ У
ФЕРМЕНТОВАНИХ ОГІРКАХ**

**Кваліфікаційна робота
за спеціальністю 015.37 «Професійна освіта»
освітньо-професійна програма «Аграрне виробництво, переробка
сільськогосподарської продукції та харчові технології»**

Особистий підпис – _____ А. О. Кириченко

Науковий керівник –  _____ к.т.н., доцент, М. В. Луценко
(підпис) (посада, науковий ступінь,
наукове звання, ініціали, прізвище)

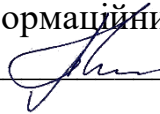
Зав. кафедри –  _____ к.п.н., доцент, В. В. Бурдун
(підпис) (посада, науковий ступінь,
наукове звання, ініціали, прізвище)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ЗАКЛАД
«ЛУГАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА»
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

КАФЕДРА ПРОФЕСІЙНОЇ ОСВІТИ
РЕСТОРАННОГО І ТУРИСТИЧНОГО БІЗНЕСУ

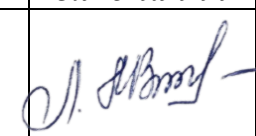
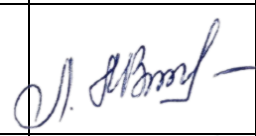
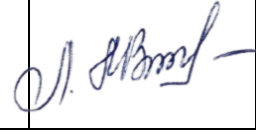
Затверджую:

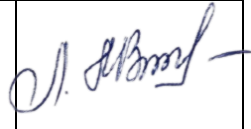
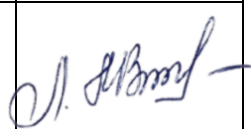
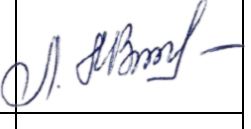
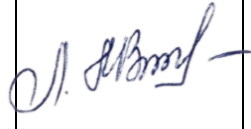
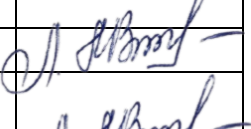
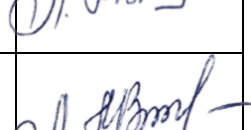
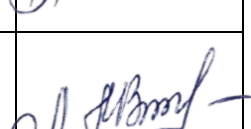
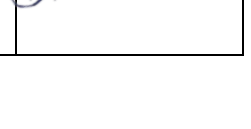
Декан факультету технологій та
інформаційних систем

 Могильний Г.А.

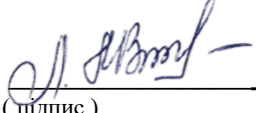
**Індивідуальний план здобувача вищої освіти
щодо виконання кваліфікаційної роботи**

1. Кириченко Анастасія Олександрівна
(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)
2. Факультет технологій та інформаційних систем
3. Спеціальність «Професійна освіта. Аграрне виробництво, переробка сільськогосподарської продукції та харчові технології»
4. Кафедра професійної освіти ресторанного і туристичного бізнесу
5. Науковий керівник Луценко Марина Василівна, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
6. Тема кваліфікаційної роботи
Характеристика молочно-кислотних бактерій у ферментованих огірках
7. Термін подання роботи на кафедру 08.05.2026 р.

<i>№</i>	<i>Заходи</i>	<i>Термін виконання</i>	<i>Відмітка про виконання</i>
1.	Вибір теми кваліфікаційної роботи, вивчення наукової літератури, затвердження теми й керівника.	10.10.2025	
2.	Розробка плану роботи, визначення мети, завдань, об'єкту, предмету, методів дослідження.	14.11.2025	
3.	Робота над теоретичною частиною кваліфікаційної роботи, аналіз літературних джерел.	05.12.2025	

4.	Подання теоретичної частини кваліфікаційної роботи для першого читання науковим керівником.	19.12.2025	
5.	Усунення зауважень, урахування рекомендацій наукового керівника, подання теоретичної частини кваліфікаційної роботи на друге читання.	16.01.2026	
6.	Розробка технологічної і конструкторської частин роботи. Поетапний аналіз та обговорення результатів дослідної роботи.	30.01.2026	
7.	Подання першого варіанта дослідної частини кваліфікаційної роботи на перевірку науковому керівникові.	20.02.2026	
8.	Урахування рекомендацій наукового керівника, збагачення роботи додатковими дослідженнями, проведеними під час практики, підготовка варіанта роботи до попереднього захисту роботи на кафедрі.	06.03.2026	
9.	Попередній захист роботи на кафедрі.	20.03.2026	
10.	Доопрацювання кваліфікаційної роботи з урахуванням рекомендацій після попереднього захисту роботи на кафедрі.	03.04.2026	
11.	Подання кваліфікаційної роботи науковому керівникові та рецензентові на підготовку відгуку й рецензії.	17.04.2026	
12.	Подання на кафедру остаточного варіанта кваліфікаційної роботи, підписаного випускником, науковим керівником і рецензентом.	08.05.2026	

Здобувач вищої освіти _____ Кириченко А. О.
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи  _____ Луценко М. В.
 (підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: Характеристика молочно-кислотних бактерій у ферментованих огірках

Обсяг роботи: 61 сторінка, 2 таблиці, 15 рисунків, 97 джерел інформації.

Об'єкт дослідження – ферментовані (квашені) огірки як харчовий продукт та штами молочнокислих бактерій, виділені для використання в процесі їх ферментації, зокрема представники видів *Lactiplantibacillus plantarum* і *Pediosoccus parvulus*, що відіграють ключову роль у молочнокислому бродінні овочів.

Предметом дослідження – є функціональні та технологічні властивості молочнокислих бактерій (*Lactiplantibacillus plantarum* та *Pediosoccus parvulus*) у процесі ферментації огірків, а саме: їхня здатність до acidification (підкислення) субстрату на основі огіркового екстракту, продукування екзополісахаридів (ЕПС) і бактеріоцинів, а також ферментативна активність відібраних ізолятів.

Мета кваліфікаційної роботи – відбір та характеристика штамів молочнокислих бактерій з перспективою їх застосування як заквашувальних культур для ферментації огірків шляхом оцінювання їхньої кислотоутворювальної здатності на модельному субстраті з огіркового екстракту, визначення продукування екзополісахаридів і бактеріоцинів, а також вивчення ферментативної активності для встановлення їхнього технологічного потенціалу та безпечності використання у харчовій промисловості.

Методи дослідження:

- аналіз, систематизація та узагальнення наукової літератури, порівняльний аналіз результатів досліджень;
- мікробіологічні методи: відбір та культивування ізолятів молочнокислих бактерій, підготовка мікробних культур для подальшого аналізу;
- технологічні методи: проведення попередніх тестів на підкислення та ферментаційних дослідів на субстраті з огіркового екстракту з моніторингом динаміки рН;

- біохімічні методи: визначення продукування екзополісахаридів та бактеріоцинів із застосуванням відповідних аналітичних процедур;
- аналітично-статистичні методи: обробка та інтерпретація отриманих експериментальних даних.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаної літератури.

Ключові слова: ферментовані огірки, молочнокислі бактерії, підкислення, екзополісахариди (ЕПС), бактеріоцини, пробіотики, функціональні харчові продукти

ABSTRACT

Topic of the qualification work: Characteristics of lactic acid bacteria in fermented cucumbers

Scope of work: 61 pages, 2 tables, 15 figures, 97 sources of information.

The object of the study is fermented (pickled) cucumbers as a food product and strains of lactic acid bacteria isolated for use in the process of their fermentation, in particular representatives of the species *Lactiplantibacillus plantarum* and *Pediococcus parvulus*, which play a key role in the lactic acid fermentation of vegetables.

The subject of the study is the functional and technological properties of lactic acid bacteria (*Lactiplantibacillus plantarum* and *Pediococcus parvulus*) in the process of fermentation of cucumbers, namely: their ability to acidify the substrate based on cucumber extract, the production of exopolysaccharides (EPS) and bacteriocins, as well as the enzymatic activity of the selected isolates.

The purpose of the qualification work is the selection and characterization of lactic acid bacteria strains with the prospect of their use as starter cultures for cucumber fermentation by assessing their acid-forming ability on a model substrate from cucumber extract, determining the production of exopolysaccharides and bacteriocins, as well as studying enzymatic activity to establish their technological potential and safety of use in the food industry.

Research methods:

- analysis, systematization and generalization of scientific literature, comparative analysis of research results;
- microbiological methods: selection and cultivation of lactic acid bacteria isolates, preparation of microbial cultures for further analysis;
- technological methods: conducting preliminary acidification tests and fermentation experiments on a substrate from cucumber extract with monitoring of pH dynamics;
- biochemical methods: determining the production of exopolysaccharides and bacteriocins using appropriate analytical procedures;
- analytical and statistical methods: processing and interpretation of the obtained experimental data.

Structure and scope of work. The qualification work consists of an introduction, four chapters, conclusions, and a list of used literature.

Keywords: fermented cucumbers, lactic acid bacteria, acidification, exopolysaccharides (EPS), bacteriocins, probiotics, functional food products

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ФЕРМЕНТУВАННЯ ОГІРКІВ	11
1.1 Біохімічні основи молочнокислого бродіння при ферментації огірків	12
1.2 Фактори, що впливають на склад мікробіоти при ферментації огірків	14
1.3 Пробіотичний потенціал ферментованих овочів та його значення для здоров'я людини	16
1.4 Традиційні та промислові технології квашення огірків в Україні	17
1.5 Огірок та його харчова цінність, характеристика квашених огірків	18
1.6 Молочнокислі бактерії та їхня роль у ферментації	21
1.6.1 <i>Lactiplantibacillus plantarum</i>	23
1.6.2 <i>Pediococcus parvulus</i>	24
1.7 Харчові властивості та користь ферментованих огірків	25
2. МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	27
2.1 Відбір ізолятів	27
2.2 Попередні тести на підкислення	27
2.3 Проби підкислення на екстракті огірка	28
2.3.1 Підготовка субстрату для ферментації	29
2.3.2 Інокуляція субстрату ферментації	29
2.3.3 Моніторинг процесу підкислення	30
2.4 Визначення продукції екзополісахаридів (ЕПС)	31
2.5 Визначення продукції бактеріоцину	32
2.5.1 Підготовка мікробних культур	33
2.5.2 Процедура	34
2.6 Визначення ферментативної активності	35

3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ МОЛОЧНО-КИСЛОТНИХ БАКТЕРІЙ У ФЕРМЕНТОВАНИХ ОГІРКАХ	37
3.1 Визначення підкислювальної здатності ферментаційного субстрату на основі огірка	37
3.2 Визначення продукції бактеріоцинів та ЕПС	38
3.3 Визначення ферментативної активності	39
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	43
4.1 Вимоги охорони праці при роботі в мікробіологічній лабораторії	43
4.2 Санітарно-гігієнічні вимоги до переробних підприємств із виробництва ферментованих овочів	44
4.3 Економічна ефективність впровадження стартових культур МКБ у виробництво квашених огірків	46
ВИСНОВКИ	49
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	51

ВСТУП

Ферментовані овочі є невід'ємною частиною традиційної харчової культури українського народу. Квашені огірки – один із найпопулярніших ферментованих продуктів в Україні, виробництво якого здійснюється як у промислових масштабах, так і в умовах домашнього господарства. Основою процесу ферментації є молочнокислі бактерії (МКБ), які забезпечують характерний смак, аромат і тривалість зберігання продукту, одночасно виступаючи важливими агентами природного консервування.

Ідентифікація залучених бактеріальних видів та їх вплив на сенсорний профіль ферментованих продуктів є фундаментальним для харчової промисловості. Зокрема, характеристика молочнокислих бактерій, що природно присутні у ферментованих огірках, є важливою для розуміння ферментації, якості та безпечності харчових продуктів з метою розробки стартових культур для використання у великих масштабах в умовах промислового виробництва.

В умовах зростання попиту на натуральні та функціональні харчові продукти, а також у контексті сталого розвитку агропромислового комплексу України, вивчення мікробіологічного складу ферментованих огірків набуває особливого значення. Молчнокислі бактерії, що природно присутні на поверхні свіжих огірків та у розсолі, формують складні мікробні консорціуми, видовий склад яких суттєво впливає на якісні та безпечні характеристики готового продукту. Незважаючи на багатовікову практику виробництва квашених огірків в Україні, систематичні дослідження молочнокислої мікробіоти з використанням сучасних молекулярно-генетичних методів залишаються недостатньо представленими у вітчизняній науці.

Важливим аспектом актуальності роботи є також практичний потенціал отриманих результатів. Ідентифікація технологічно перспективних штамів МКБ із ферментованих огірків відкриває можливість для розробки вітчизняних стартових культур, які дозволять стандартизувати якість продукції, скоротити тривалість виробничого циклу та зменшити залежність переробних підприємств

від імпорتنих заквасок. Це повністю відповідає стратегічним пріоритетам розвитку харчової промисловості України на 2024–2027 роки.

Метою цієї експериментальної кваліфікаційної роботи є характеристика молочнокислих бактерій, виділених зі ферментованих огірків, з кінцевою метою оцінки можливості їх використання як комерційних стартерів для покращення та оптимізації виробничого процесу.

Для досягнення цієї мети 55 ізолятів молочнокислих бактерій, попередньо ідентифікованих за допомогою молекулярного аналізу, були піддані оцінці здатності до підкислення на субстраті ферментації на основі огірка, здатності до продукції бактеріоцинів, активних щодо *Listeria innocua*, яку використовують як сурогат *Listeria monocytogenes*, продукції екзополісахаридів, а також їх метаболічній характеристиці.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ФЕРМЕНТУВАННЯ ОГІРКІВ

Ферментація є одним із найдавніших способів консервування харчових продуктів, відомим людству щонайменше п'ять тисяч років [1]. Сучасна харчова наука розглядає ферментовані продукти не лише як засіб збереження сировини, а й як важливе джерело біологічно активних сполук, що позитивно впливають на здоров'я споживача [2]. Відповідно до визначення ВООЗ, функціональні харчові продукти – це продукти, які, окрім задоволення базових нутрієнтних потреб, мають доведений позитивний вплив на один або кілька фізіологічних функцій організму, знижуючи ризик розвитку захворювань [3]. Ферментовані овочі займають особливе місце серед функціональних продуктів рослинного походження. Їх регулярне вживання асоціюється зі зниженням ризику розвитку серцево-судинних захворювань, нормалізацією кишкового мікробіому, підвищенням імунного захисту та покращенням засвоєння мінеральних речовин [4]. Ці ефекти зумовлені наявністю живих молочнокислих бактерій, органічних кислот, вітамінів групи В, антиоксидантів та пребіотичних волокон [5].

Світовий ринок ферментованих овочів демонструє стаłe зростання. За даними аналітичної компанії Grand View Research, у 2023 році його обсяг перевищив 11,2 млрд доларів США, а прогнозований середньорічний темп зростання до 2030 року становить 4,8% [6]. Серед лідерів виробництва – Республіка Корея (кімчі), Німеччина (квашена капуста), країни Центральної та Східної Європи (квашені огірки, буряк, перець) [7].

В Україні ринок ферментованих овочів традиційно зосереджений на виробництві квашеної капусти, квашених огірок та мочених яблук [8]. За оцінками Асоціації виробників консервованої продукції України, у 2022–2023 роках річний обсяг виробництва квашених та солоних огірок промисловими підприємствами складав близько 42–48 тис. тон у перерахунку на готовий продукт. При цьому значна частина виробництва залишається неформальною –

у вигляді домашнього і фермерського квашення. Ніжинська торгова марка квашених огірків має статус географічного зазначення і є символом якості та автентичності українського ферментованого продукту [9]. Разом із тим, вітчизняна переробна галузь стикається з низкою проблем: відсутністю стандартизованих стартових культур МКБ вітчизняного виробництва, нестабільністю якості продукції через неконтрольовану спонтанну ферментацію, а також обмеженістю наукових досліджень складу мікробіоти різних ферментованих продуктів на молекулярному рівні [10]. Вирішення цих проблем потребує системного підходу, що включає глибоке вивчення мікробіологічних процесів, притаманних традиційному українському виробництву.

1.1 Біохімічні основи молочнокислого бродіння при ферментації огірків

Ферментація огірків є типовим прикладом спонтанного молочнокислого бродіння, яке здійснюється природними мікробними спільнотами без додавання зовнішніх стартових культур [11]. Процес відбувається в анаеробних або мікроаерофільних умовах у присутності хлориду натрію, а рН середовища і температура визначають динаміку мікробного консорціуму [12]. Молочнокисле бродіння є метаболічним процесом, за якого глюкоза та інші гексози перетворюються на молочну кислоту (гомоферментативний шлях) або на молочну кислоту, оцтову кислоту, CO_2 та етанол (гетероферментативний шлях) [13]. Гомоферментативні МКБ використовують гліколіз (шлях Ембдена–Мейєргофа–Парнаса) і виробляють 2 моль молочної кислоти з 1 моль глюкози з виходом 2 моль АТФ. Гетероферментативні МКБ метаболізують глюкозу через пентозофосфатний шлях, виробляючи 1 моль молочної кислоти, 1 моль CO_2 та 1 моль етанолу або оцтової кислоти [14].

Ферментація огірків проходить три послідовні фази, що різняться за домінуючими видами МКБ та рівнем кислотності [15]:

Перша фаза (1–3 доби) характеризується початковим розвитком гетерогенної мікрофлори, включаючи аеробні та факультативно-анаеробні

бактерії (*Enterobacteriaceae*, *Pseudomonas* spp.), дріжджі та цвілеві гриби [16]. МКБ, зокрема *Leuconostoc mesenteroides* та *Lactobacillus brevis*, починають активно синтезувати молочну й оцтову кислоти, CO₂, що швидко знижує рН із 6,2–6,5 до 4,5–5,0 та витісняє небажану мікрофлору [17].

Друга фаза (3–10 діб) є фазою активного бродіння. Домінуючими стають гомоферментативні бактерії *Lactiplantibacillus plantarum* (раніше *Lactobacillus plantarum*) та *Pediococcus cerevisiae*, що витривалі до кислих умов і підвищеної концентрації солі [18]. Швидкість накопичення молочної кислоти є максимальною, рН знижується до 3,5–4,0.

Третя фаза (після 10–14 діб) – фаза дозрівання. Рівень молочної кислоти стабілізується, бактеріальна активність знижується внаслідок виснаження ферментабельних субстратів і дії бактеріоцинів [19]. Ферментований продукт набуває характерного смаку і аромату та стає стабільним при зберіганні.

Хімічний склад огірків суттєво впливає на перебіг ферментації. Свіжі огірки містять 2,5–4,5% вуглеводів (глюкоза, фруктоза, сахароза), що є основними субстратами для МКБ [20]. Крім того, огірки є джерелом органічних кислот, мінеральних речовин (К, Са, Mg) та вітамінів (С, В-групи), які підтримують ріст і метаболізм молочнокислих бактерій. Концентрація хлориду натрію у розсолі (зазвичай 2–8% мас.) є ключовим селективним фактором: при концентраціях 5–8% NaCl значно пригнічується розвиток грамнегативних ентеробактерій і патогенних мікроорганізмів, тоді як солетолерантні МКБ зберігають свою активність [21].

Молочнокислі бактерії – це поліфілетична група грампозитивних, нерухомих, каталазонегативних, аеротолерантних або факультативно-анаеробних мікроорганізмів, що об'єднують за ознакою продукування молочної кислоти як основного метаболіту бродіння [22]. Відповідно до сучасної класифікації (на основі секвенування геному), МКБ належать до типу Firmicutes, класу Bacilli, порядку Lactobacillales і включають щонайменше 12 родин та понад 30 родів [23]. У ферментованих огірках зустрічаються представники таких родів МКБ [24, 25]:

- *Lactiplantibacillus* (*Lactobacillus plantarum* group) – домінуючий рід у більшості ферментованих овочів. Характеризується широкими метаболічними можливостями, стійкістю до кислоти (pH 3,4–4,5), солі (до 8% NaCl) і рядом пробіотичних властивостей [26]. *L. Plantarum* є типовим видом, широко вивченим як потенційний пробіотик та технологічно цінна культура;

- *Leuconostoc* – гетероферментативні коки, важливі на початкових стадіях ферментації. *L. Mesenteroides* синтезує декстрини та CO₂, що сприяють формуванню анаеробного середовища та підготовці субстрату для наступних фаз бродіння [17]. Чутливіші до кислоти порівняно з лактобацилами, тому поступово витісняються із середовища;

- *Pediococcus* – гомоферментативні тетракоки. *P. Acidilactici* та *P. Pentosaceus* є звичайними компонентами мікробіоти ферментованих огірків, особливо за підвищених концентрацій солі та знижених температур [27]. Відзначаються високою кислото- та солетолерантністю;

- *Lacticaseibacillus* (*Lactobacillus casei* group) – включає *L. casei*, *L. Paracasei* та *L. rhamnosus*, що мають доведені пробіотичні властивості [28]. Зустрічаються переважно у пізніх стадіях ферментації та у продуктах тривалого зберігання.

Морфологічно МКБ представлені кулястими клітинами (коки) або паличкоподібними клітинами різної довжини (бактерії). Клітини не утворюють спор і, як правило, не мають джгутиків. Більшість видів МКБ вимогливі до живильного середовища і потребують наявності амінокислот, вітамінів групи В, пурину та піримідину, що зумовлює їх залежність від складного субстрату, яким є середовище ферментованих огірків [22].

1.2 Фактори, що впливають на склад мікробіоти при ферментації огірків

Формування мікробного консорціуму при ферментації огірків є результатом взаємодії численних абіотичних і біотичних факторів [29]. Знання

цих факторів є необхідним для управління технологічним процесом і стандартизації якості продукту.

Концентрація хлориду натрію (NaCl) є ключовим регулятором мікробного різноманіття. При концентраціях 2–3% NaCl спостерігається широке різноманіття МКБ, але також можливий розвиток небажаних мікроорганізмів. При 5–6% NaCl домінують толерантні до солі лактобацили та педіококи, продукт має кращий смак і стабільніший мікробіологічний профіль [21]. При концентраціях понад 7–8% NaCl інгібується навіть більшість МКБ, зменшується швидкість ферментації та знижується органолептична привабливість продукту [30].

Температура суттєво впливає на швидкість ферментації та склад мікробіоти. Оптимальна температура для *L. Plantarum* становить 30–37 °C, тоді як *Leuconostoc* spp. краще розвивається при 15–22 °C [15]. При нижчих температурах (10–15°C) ферментація сповільнюється, проте формується більш складний і різноманітний мікробний консорціум із глибшим смаком та ароматом продукту [31]. Традиційне українське квашення переважно здійснюється за температури 18–22 °C з подальшим зберіганням у підвалах при 4–8 °C [8].

Сортові особливості огірків визначають хімічний склад субстрату, зокрема вміст вуглеводів, органічних кислот, пектинів, мінеральних речовин і фітонцидів [32]. Дослідження показали, що різні сорти огірків можуть підтримувати принципово різний видовий склад МКБ навіть за ідентичних технологічних умов [33]. Товщина шкірки, ступінь зрілості, розмір і форма плодів також впливають на швидкість проникнення розсолу і, відповідно, на мікробний розвиток.

pH середовища є одночасно наслідком і регулятором ферментації. На початку процесу pH зазвичай становить 6,0–6,5, що дозволяє розвиватися широкому спектру мікроорганізмів. При зниженні pH до 4,5–5,0 більшість небажаної мікрофлори пригнічується, і домінуючими стають кислотостійкі МКБ [11]. При pH нижче 3,5 навіть більшість МКБ припиняє активний метаболізм [12].

Доступність кисню є критичним фактором для забезпечення анаеробного середовища. Традиційно огірки накривають листям хрону, смородини або дуба, що крім пригнічення поверхневих дріжджів та цвілей, сприяє підтриманню відновного середовища [8]. Промислові ферментатори з водяними затворами або мембранним зворотним клапаном забезпечують ефективніший контроль над аерацією [34].

1.3 Пробіотичний потенціал ферментованих овочів та його значення для здоров'я людини

Пробіотики визначаються ФАО/ВООЗ як живі мікроорганізми, що при введенні в адекватних кількостях чинять корисний вплив на здоров'я господаря [35]. МКБ ферментованих овочів є перспективними джерелами нових пробіотичних штамів, однак для отримання офіційного пробіотичного статусу кожен штам має відповідати ряду критеріїв безпечності та функціональності [36]. До ключових пробіотичних властивостей МКБ належать: стійкість до кислоти шлунку (рН 2,0–3,0) та жовчних кислот (0,3–0,5%), здатність до адгезії до клітин кишкового епітелію, інгібування зростання патогенів завдяки виробленню молочної та оцтової кислот, перекису водню, бактеріоцинів і реутерину, а також позитивний вплив на імунний захист організму через модуляцію рівнів прозапальних і протизапальних цитокінів [37].

Серед МКБ ферментованих огірків найбільш вивченими щодо пробіотичних властивостей є штами *L. plantarum*. У численних клінічних дослідженнях доведено ефективність *L. Plantarum* у зменшенні симптомів синдрому подразненого кишечника, прискоренні відновлення кишкової мікробіоти після антибіотикотерапії, зниженні рівня холестерину в крові та зменшенні алергічних реакцій [4]. Штам *L. plantarum* 299v є одним із небагатьох пробіотичних штамів МКБ овочевого походження, що пройшов клінічні випробування і використовується в промислових пробіотичних продуктах [38].

Важливим аспектом є також здатність МКБ продукувати бактеріоцини – антимікробні пептиди, активні проти широкого спектра патогенів харчових

продуктів, зокрема *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* та *Clostridium* spp. [39]. Ніцин, плантарицин та педіоцин – найбільш відомі бактеріюцини МКБ, що активно вивчаються як натуральні харчові консерванти [40]. Їх використання відповідає загальносвітовій тенденції до мінімізації хімічних харчових добавок та переходу до «чистого ярлика» (clean label) у харчових технологіях.

1.4 Традиційні та промислові технології квашення огірків в Україні

Традиційне квашення огірків в Україні має глибоке культурне та господарське коріння [8]. Технологія класичного ніжинського квашення, яка отримала географічне зазначення, передбачає використання огірків місцевих сортів, 5–7% розсолу, прянощів (кріп, часник, хрін, смородинове та вишневе листя, кропивне листя) та проведення ферментації у дерев'яних бочках або скляних банках при кімнатній температурі з наступним зберіганням у льоху [9].

Нормативно-технічною базою виробництва квашених та солоних огірків в Україні є ДСТУ 8509:2015 «Огірки солені. Технічні умови» [41], який регламентує органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники якості продукту. Відповідно до стандарту, готові квашені огірки повинні мати рН не вище 4,5, вміст молочної кислоти не менше 0,6%, вміст хлориду натрію 2,5–3,5%.

Промислове виробництво квашених огірків відрізняється від традиційного масштабом, рівнем механізації та необхідністю забезпечення стабільної і відтворюваної якості продукту [10]. Основними промисловими методами є: ферментація у великих поліетиленових бочках або нержавіючих ферментаторах об'ємом 500–5000 л; використання закритих систем з газовим обміном для контролю над анаеробним середовищем; стандартизація рецептур розсолу та прянощів [34]. Перспективним напрямом розвитку галузі є використання контрольованої ферментації із стартовими культурами МКБ [42]. Цей підхід забезпечує швидкий початок молочнокислого бродіння, пригнічення небажаної мікрофлори, скорочення тривалості ферментації та стабільну якість готового продукту. Водночас використання стартових культур не повинно пригнічувати формування складного смаку та аромату, характерного для традиційного

продукту. Оптимальним є підбір стартових культур із місцевих штамів МКБ, ізольованих безпосередньо з традиційного українського виробництва [33], що і є одним із завдань даного дослідження.

1.5 Огірок та його харчова цінність, характеристика квашених огірків

Огірок (*Cucumis sativus* L.) – це трав'яниста рослина, що належить до родини Cucurbitaceae разом з гарбузами, динями та цукіні [43]; це овоч з низьким вмістом калорій, багатий водою (близько 95%) та з відносно невеликою кількістю вуглеводів, білків і жирів. Огірок є хорошим джерелом вітаміну К, вітаміну С і містить сліди інших поживних речовин, таких як калій, магній і вітаміни групи В. Калій відіграє ключову роль у регуляції артеріального тиску та нормальному функціонуванні нервової системи, тоді як магній бере участь у багатьох ферментативних реакціях в організмі [44, 45]. Харчовий склад на 100 г огірків наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Харчовий склад на 100 г огірка

Макро-елементи		Вітаміни		Мінерали	
Вода	96,5 г	Тіамін	0,02 мг	Натрій	13 мг
Вуглеводи	1,5 г	Рибофлавін	0,03 мг	Калій	140 мг
Білки	0,7 г	Вітамін С	0,60 мг	Кальцій	16 мг
Жири	0,5 г	Ніацин	11 мг	Фосфор	17 мг
Загальна клітковина	0,8 г	Вітамін А	сліди	Залізо	0,3 мг
Калорійність	16 ккал				
Енергія	65 кДж				

За даними Всесвітньої Ради з досліджень у сільському господарстві та аналізу аграрної економіки, відсоткове розподілення поживності в огірках таке: вуглеводи – 53,4%, жири – 28,8%, білки – 17,9%. Відповідно до Середземноморської дієти вуглеводи мають забезпечувати 55–60% енергії, жири – 25–30%, а білки – лише 10–15%.

Ферментовані огірки, відомий як «квашений огірок», має велике значення в культурі та кулінарних традиціях України [46]. Цей продукт часто пов'язаний із зимніми святами, зокрема: Різдвом, Новим Роком, Василя та Миланки. Крім

того, він відіграє важливу соціальну роль, оскільки ним діляться і пропонують як знак гостинності під час сімейних зустрічей та особливих нагод. Квашені огірки часто вживають як гарнір або закуску. Їх подають холодними, нарізаними скибками або цілими. Вони є невід'ємним елементом традиційних українських страв, таких як «Суп Розсольник», «М'ясна Солянка», «Борщ з квашеними огірками», «Вінегрет», «Свинина з квашеними огірками» та інші. В різноманітних стравах використовують як самі квашені огірки, так і розсіл, в якому відбувався процес їх ферментування [47].

Розсіл з квашених огірків – це цінний продукт бродіння, багатий на пробіотики, вітаміни (С, А, Е, група В) та мінерали (калій, магній, кальцій, натрій). Він покращує травлення, зміцнює імунітет, допомагає при похміллі, знімає м'язові спазми та регулює рівень електролітів, хоча через високий вміст солі рекомендується вживати його помірно. Основні корисні властивості розсолу:

- Підтримка травлення та імунітету: Завдяки молочнокислим бактеріям, що утворюються при бродінні, розсіл діє як природний пробіотик, нормалізуючи мікрофлору кишківника.
- Регідrataція та електролітний баланс: Високий вміст натрію та калію допомагає швидко відновити рівень рідини в організмі та полегшити стан при похміллі (зняття симптомів інтоксикації).
- Зняття м'язових спазмів: Розсіл може зменшити м'язові болі та судоми завдяки швидкому засвоєнню мінералів.
- Джерело вітамінів: Містить вітамін С, який зміцнює імунітет, а також вітаміни А, Е, необхідні для здоров'я шкіри та нігтів.
- Контроль апетиту: Кислий смак та органічні кислоти здатні знизити потяг до солодкого [48].

Як описано [49], традиція ферментованих огірків сягає давніх часів. Вважається, що практика ферментування огірків розпочалася ще в середньовіччя. Огірки збирають вручну влітку, коли вони свіжі та мають відповідний розмір для ферментації. Ферментація відбувається за допомогою

процесу засолювання, при якому огірки занурюють у розчин води, солі та спецій, таких як цибуля, часник, кріп, хрон, листя смородини та вишні. Огірки набувають свого характерного, кислого і злегка пікантного смаку завдяки дії молочнокислих бактерій, що знаходяться на їхній поверхні [50]. На жаль, поява харчової промисловості та введення заморожених продуктів, консервів, дріжджів і хімічних консервантів поставили під сумнів давні традиції, призводячи до стандартизації смаків та втрати поживних речовин у фасованих продуктах [51]. Також, незважаючи на великий попит на квашені огірки, в Україні проведено досить мало досліджень щодо процесів ферментації та мікробіологічного складу цього продукту.

Ферментація огірків – це процес, при якому свіжі непастеризовані огірки піддаються контрольованому мікробному впливу [52]. Під час ферментації молочнокислі бактерії, що природно присутні в огірках, такі як *Lactiplantibacillus plantarum* і *Levilactobacillus brevis*, перетворюють вуглеводи огірків (наприклад, глюкозу) на молочну кислоту в процесі, що називається молочнокислою ферментацією [53].

Процес виробництва ферментованих огірків, показаний на рис. 1.1, починається з відбору свіжих огірків високої якості, переважно невеликих та хрустких для отримання найкращого кінцевого результату. Далі огірки ретельно миють для видалення поверхневих забруднень, а потім занурюють у розсіл – розчин води та 6%-ої солі, іноді з оцтом або спеціями [54]. Розсіл допомагає створити сприятливе середовище для росту молочнокислих бактерій і перешкоджає розмноженню шкідливих бактерій. На етапі розфасування огірки вкладають у чисті банки або контейнери, куди заливають розсіл. Банки герметично закривають для створення анаеробного середовища, в якому молочнокислі бактерії можуть процвітати і, таким чином, може відбуватися ферментація. Молчнокислі бактерії починають споживати вуглеводи огірків і виробляти молочну кислоту як побічний продукт, поступово знижуючи рН рідини, роблячи її більш кислою. Під час ферментації огірки поступово вбирають сіль і злегка пом'якшуються. Тривалість процесу може варіюватися від кількох

днів до кількох тижнів залежно від особистих уподобань і бажаного результату. Ферментація також сприяє подовженню терміну придатності огірків, оскільки кисле середовище перешкоджає росту небажаних бактерій. Важливо зазначити, що ферментація огірків – це контрольований процес, що вимагає уваги для забезпечення харчової безпеки. Необхідно використовувати інгредієнти високої якості, дотримуватися санітарно-гігієнічних норм і слідувати відповідним настановам з безпечності харчових продуктів [55].



Рисунок 1.1 – Блок-схема виробництва ферментованих огірків

1.6 Молочнокислі бактерії та їх роль у ферментації

Молочнокислі бактерії – це гетерогенна група мікроорганізмів, що виробляють молочну кислоту як основний метаболіт при ферментації вуглеводів. Молочнокислі бактерії є Грам-позитивними, нерухомими, аспорогенними, факультативно-аеротолерантними анаеробами, каталазонегативними і пероксидазопозитивними [56]. Вони вимогливі в плані харчування, оскільки потребують різних факторів росту для свого розвитку. Можуть бути мезофілами з оптимумом 30–37°C або термофілами з оптимумом 45°C. Ферментовані продукти, вироблені за допомогою молочнокислих бактерій, присутні в різних кулінарних культурах по всьому світу [57]. Серед цих продуктів – йогурт, кефір, кімчі, квашена капуста, мариновані огірки, ферментовані ковбаси та кисле тісто [58]. Молочнокислі бактерії можна знайти також у навколишньому середовищі або в шлунково-кишковому тракті. Їх можна поділити на кілька родів, зокрема *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Lactococcus*, *Enterococcus*, *Leuconostoc*, *Oenococcus* і *Weissella* [59]. У 2020 році Zheng та його колеги завершили таксономічну рекласифікацію родини *Lactobacillaceae* на основі геномних послідовностей штамів, депонованих у базі даних GeneBank. Ця рекласифікація дозволила виявити 31 чітко відокремлений рід. З них 23 були запропоновані як нові роди, тоді як раніше описані роди включають *Paralactobacillus*, *Pediococcus*, *Weissella*, *Fructobacillus*, *Convivina*, *Oenococcus* і *Leuconostoc* [60].

Молочнокислі бактерії відомі своєю здатністю перетворювати цукри, що містяться в харчових продуктах, на молочну кислоту в процесі молочнокислої ферментації. Молочнокисла ферментація (або бродіння) – це анаеробний метаболічний процес (без використання кисню для виробництва енергії), який на основі метаболізму поділяється на гомолактатну або гетеролактатну ферментацію. У першому випадку молочнокислі бактерії дотримуються шляху гліколізу – процесу, при якому ферментовані цукри перетворюються на піровиноградну кислоту. Потім піровиноградна кислота перетворюється на молочну кислоту (85%) за допомогою ферменту лактатдегідрогенази шляхом

окислення НАДН + H^+ (нікотинамідаденіндинуклеотид). Більш детально, реокислення НАДН + H^+ до $НАД^+$ регенерує кофермент, необхідний для продовження гліколізу. Під час гетеролактатної ферментації молочнокислі бактерії можуть також виробляти інші сполуки, такі як органічні кислоти, вуглекислий газ та ароматичні сполуки, що сприяють смаку, аромату та збереженню ферментованих харчових продуктів [61].

Важливість молочнокислих бактерій у ферментації харчових продуктів широко визнана; вони сприяють збереженню ферментованих харчових продуктів шляхом вироблення молочної кислоти, оцтової кислоти та інших органічних кислот, які знижують рН і пригнічують ріст мікроорганізмів-збудників псування. Вони виробляють антимікробні речовини, такі як бактеріоцини, етанол і пероксид водню [62]. Крім того, молочнокислі бактерії можуть впливати на аромат і текстуру харчових продуктів, наприклад, шляхом вироблення позаклітинних полісахаридів, що надають в'язкість таким продуктам, як йогурт [63]. У деяких випадках молочнокислі бактерії мають пробіотичну дію, тобто можуть також приносити користь для здоров'я людини при щоденному вживанні у відповідних кількостях (10^9 живих клітин) [64]. Наприклад, підтримуючи здоров'я шлунково-кишкового тракту або сприяючи синтезу вітамінів і коротколанцюгових жирних кислот [65].

У сфері молочнокислих бактерій два види – *Lactiplantibacillus plantarum* і *Pediosoccus parvulus* – є особливо цікавими та широко використовуються в харчовій промисловості для ферментації різних харчових продуктів. Обидва відіграють значну роль у виробництві ферментованих продуктів і приносять користь як з сенсорної, так і з харчової точки зору.

1.6.1 *Lactiplantibacillus plantarum*

Lpb. plantarum, раніше відомий як *Lactobacillus plantarum*, – це молочнокислі бактерії, що належать до родини *Lactobacillaceae*, паличкоподібної форми, грампозитивні та факультативно-анаеробні. *Lpb. plantarum* вважається дуже важливим пробіотиком завдяки своїм сприятливим для здоров'я властивостям [66]. Його можна знайти в різних середовищах існування:

рослинах, овочах, ферментованих харчових продуктах і шлунково-кишковому тракті людини. Ця бактерія продемонструвала значну роль у ферментації харчових продуктів, таких як квашена капуста, кефір, кімчі та інші ферментовані продукти. Однією з відмінних рис *Lpb. plantarum* є його здатність виживати і процвітати в екстремальних умовах навколишнього середовища, таких як висока або низька температура, широкий діапазон рН і наявність антимікробних речовин. Більш детально, ця толерантність дозволяє йому витримувати кисле середовище шлунку і колонізувати кишківник, де він може виконувати численні корисні функції. *Lpb. plantarum* виробляє різні метаболічні сполуки, що сприяють його пробіотичній активності. Серед них – молочна кислота, що знижує рН кишкового середовища, перешкоджаючи росту шкідливих бактерій, і бактеріоцини – антимікробні білки, що допомагають контролювати ріст патогенів [67].

Сприятливі ефекти *Lpb. plantarum* включають покращення здоров'я кишківника, підвищення засвоюваності поживних речовин, зменшення запалення, зміцнення імунної системи та профілактику шлунково-кишкових розладів. Крім того, ця бактерія може також сприяти синтезу вітамінів групи В і деградації токсичних сполук [68]. Важливо зазначити, що специфічні властивості *Lpb. plantarum* можуть варіюватися залежно від штаму і умов навколишнього середовища, в яких він культивується. Тому необхідно відбирати конкретні штами та застосовувати відповідні методи культивування для отримання максимальної користі від цієї пробіотичної бактерії.

1.6.2 *Pediococcus parvulus*

P. parvulus – це молочнокисла бактерія, що належить до родини *Lactobacillaceae*, кулястої форми, грампозитивна, факультативно-анаеробна. *P. parvulus* широко поширена у навколишньому середовищі та була виділена з різних харчових матриць, таких як молочні продукти, вина, м'ясо та ферментовані овочі. Ця бактерія також присутня в шлунково-кишковому тракті людини та тварин [69].

Однією з основних характеристик *P. parvulus* є її здатність зброджувати вуглеводи, виробляючи молочну кислоту як кінцевий продукт. Ця характеристика є спільною для молочнокислих бактерій і сприяє збереженню деяких ферментованих харчових продуктів. *P. parvulus* відомий своєю стійкістю до несприятливих умов навколишнього середовища. Він може виживати в кислому середовищі, при високих і низьких температурах і добре переносить наявність антимікробних речовин [70].

Крім того, деякі нещодавні дослідження [71] показали, що *P. parvulus* може мати антимікробну активність проти патогенів, таких як *Escherichia coli* і *Salmonella*. Важливо зазначити, що дослідження *P. parvulus* ще тривають, і багато його корисних властивостей та механізмів дії ще вивчаються. Необхідні подальші дослідження для повного розуміння його потенціалу як пробіотика та його практичного застосування.

1.7 Харчові властивості та користь ферментованих огірків

Молочнокислі бактерії мають широке застосування в харчовій, медичній та косметичній промисловості завдяки тому, що є мікроорганізмами, загально визнаними як безпечні. Однією з основних переваг для здоров'я людини ферментованих огірків є їхній вміст пробіотиків. Під час ферментації молочнокислі бактерії, що присутні на поверхні огірків, виробляють ферменти та речовини, що сприяють росту корисних бактерій у кишківнику. Більш детально, корисні бактерії сприяють підтриманню балансу кишкової флори, що, у свою чергу, може сприяти хорошему травленню, зміцненню імунної системи та загальному здоров'ю організму [72]. Кожна людина має унікальний мікробіом кишківника, на який впливають численні змінні. Такі фактори, як стрес, вживання антибіотиків, куріння та вживання алкоголю, можуть модулювати склад і баланс цього мікробіому [73].

Ферментовані огірки також вважаються джерелом антиоксидантів, таких як поліфеноли, які можуть допомогти боротися з окисним стресом в організмі та захищати клітини від пошкоджень, спричинених вільними радикалами.

Антиоксиданти відомі своїми потенційними сприятливими ефектами на серцево-судинне здоров'я та зниженням ризику хронічних захворювань.

Як нещодавно описали Lew & Liong (2013), ферменти зі своїми антимікробними та детоксикаційними властивостями відіграють фундаментальну роль у сприянні здоров'ю шкіри. Вони є корисними при алергіях, запаленнях, грибкових інфекціях і кандидозі. Наукові дослідження показали, що бактерії та дріжджі, присутні у ферментованих продуктах, сприяють утворенню жирних кислот омега-3 різними метаболічними шляхами. Наприклад, рід *Lactobacillus* може перетворювати попередники Омега-3, такі як альфа-ліноленова кислота (АЛК), в більш активні форми, такі як ейкозапентаєнова кислота (ЕПК) та докозагексаєнова кислота (ДГК) [74].

Ферментація створює вороже середовище для альтернативних бактерій завдяки споживанню цукрів, виробленню природних консервантів та антимікробних речовин, а також підкисленню, забезпечуючи таким чином кращу збереженість самих продуктів [75].

Проте важливо зазначити, що ферментовані огірки можуть також містити значну кількість натрію через процес засолювання, і з цієї причини люди з дієтичними обмеженнями щодо натрію повинні бути обережні зі споживанням і розглянути варіант промивання ферментованих огірків для зниження вмісту солі [76-78].

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Відбір ізолятів

П'ятдесят п'ять зразків молочнокислих бактерій, попередньо виділених з ферментованих огірків, придбаних у 4 різних місцевих виробників з різних регіонів України і ідентифікованих, були проаналізовані в цій дипломній роботі. Серед всіх ізолятів молочнокислих бактерій, виділених та ідентифікованих з ферментованих огірків, було обрані ізоляти видів *P. parvulus* і *Lpb. plantarum* group для подальшої характеристики.

2.2 Попередні проби підкислення

Для підготовки попередніх проб близько 3 кг огірків було придбано у різних місцевих роздрібних торговців. Всі огірки спочатку ретельно помили, а потім обробили специфічним способом для приготування трьох різних субстратів ферментації, як показано на рис. 2.1.

I рецептура: Огірки після нарізання на великі шматки були використані для приготування свіжого екстракту огірка за допомогою побутової соковитискачки Girmi SE 11 зі швидкістю 55 об/хв. Отриманий таким чином екстракт огірка розбавляли мінеральною водою у пропорції 67% екстракту, 27% води та 6% солі (NaCl); отриманий субстрат ферментації стерилізували в автоклаві при 121°C протягом 15 хв.

II рецептура: Аналогічно описаному вище, огірки використовували для виробництва свіжого екстракту, який піддавали фільтрації через фільтрувальну тканину і подальшому центрифугуванню при 1610×g протягом 7 хвилин на центрифугі Rotofix 32A. Отриманий супернатант переносили в нову пробірку Falcon об'ємом 50 мл і додавали 6% солі; отриманий субстрат ферментації використовували безпосередньо без будь-якої подальшої обробки.

III рецептура: Огірки після нарізання на шматки довжиною близько 2,5 см поміщали в пробірки Falcon об'ємом 50 мл, до яких додавали 15 мл мінеральної

води з 6% солі. Підготований таким чином субстрат стерилізували в автоклаві при 121°C протягом 15 хв.



I рецептура



II рецептура



III рецептура

Рисунок 2.1 – Субстрати ферментації для попереднього тесту

Чотири ізоляти, обрані випадково з-поміж 55, що розглядаються, були потім інокульовані з концентрацією близько 8 log КУО/мл у кожному з трьох субстратів ферментації і поміщені для інкубації при 30°C приблизно на 2 тижні з вимірюванням рН за допомогою рН-метра з твердим електродом HI2031 (модель 300, Hanna Instruments) кожні 24 години.

На основі результатів, отриманих у попередньому тесті, рецептура I була обрана для підготовки остаточних проб підкислення.

2.3 Проби підкислення на екстракті огірка

Проби підкислення у харчовій технології/мікробіології – це аналітичний метод визначення здатності середовища або продукту змінювати рівень кислотності (рН) під впливом мікроорганізмів, ферментів або додавання кислот.

У контексті огіркового екстракту це означає визначення того, як швидко молочнокислі бактерії або інші культури знижують рН екстракту, споживаючи

цукри та утворюючи молочну кислоту. Таким способом відбувається перевірка того, наскільки екстракт (як поживна основа) стійкий до псування, або як швидко він стає кислим. Також цей метод використовується для вивчення взаємодії мікроорганізмів, наприклад, коли одна культура створює кислоту, що впливає на іншу. Основна мета такої проби – визначити, чи здатний екстракт підтримувати процес підкислення до певних значень (наприклад, до 97,3–111,7 °T) [79].

2.3.1 Підготовка субстрату для ферментації

Субстрат ферментації було підготовлено наступним чином: близько 14 кг квашених огірків, промивали і нарізали на великі шматки. Потім шматки використовували для приготування свіжого екстракту огірка за допомогою побутової соковитискачки (швидкість витискання 55 об/хв). Отриманий таким чином екстракт огірка розбавляли мінеральною водою у пропорції 67% екстракту, 27% води та 6% солі (NaCl). Отриманий субстрат розподіляли аліквотами по 45 мл у пробірки по 50 мл (рис. 2.2) і стерилізували в автоклаві при 121°C протягом 15 хвилин.

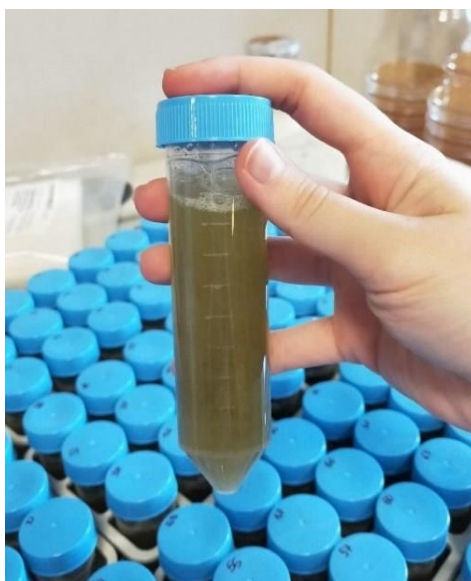


Рисунок 2.2 – Субстрат ферментації на основі огірка

2.3.2 Інокуляція субстрату ферментації

Для кожного аналізованого ізоляту готували передкультуру в бульйоні MRS, інкубовану при 30°C протягом 18 год, а потім центрифугували при 1610×g протягом 5 хвилин на центрифугу Rotofix 32A. Отримані клітинні осадки

ресуспендували у стерильному фізіологічному розчині (0,9% м/об) та кількісно визначали за допомогою спектрофотометра Shimadzu Corporation (Кіото, Японія) при довжині хвилі 600 нм для визначення оптичної густини.

Кожний ізолят потім інокулювали потрійно в субстрат ферментації з концентрацією близько 8 log КУО/мл, тоді як 3 пробірки Falcon з субстратом ферментації не були інокульовані й використовувались як негативний контроль для виключення можливих процесів спонтанного підкислення матриці.

Інокульований субстрат і контроль потім поміщали для інкубації при 30°C протягом 9 днів.

2.3.3 Моніторинг процесу підкислення

Процес підкислення субстрату ферментації моніторували з регулярними інтервалами протягом 9 днів шляхом вимірювання рН за допомогою рН-метра з твердим електродом HI2031, показаного на рис.2.3 (модель 300, Hanna Instruments), попередньо відкалібрувавши прилад. Для кожного аналізованого ізоляту вимірювання проводили потрійно, і результат виражали як середнє $\pm$ стандартне відхилення.



Рисунок 2.3 – Вимірювання рН

2.4 Визначення продукції екзополісахаридів (ЕПС)

Мікробні екзополісахариди – високомолекулярні екзогенні продукти метаболізму мікроорганізмів вуглеводної природи завдяки здатності до гелеутворення, емульгування, флокулювання, суспендування і змінення реологічних характеристик водних систем широко використовуються у різноманітних галузях промисловості (харчовій, хімічній, нафтовидобувній тощо). Попит на мікробні полісахариди на світовому ринку є високим, що засвідчує збільшення з року в рік обсягів виробництва першого мікробного ЕПС ксантану (продуцент *Xanthomonas campestris*, виділений у кінці 60-х років ХХ ст.). Починаючи з відкриття ксантану і дотепер, мікробні екзополісахариди є об'єктом теоретичних і практичних досліджень. Проте суттєвим недоліком технологій мікробних екзополісахаридів є те, що для їх синтезу використовують дорогу вуглеводну сировину (сахароза, глюкоза, крохмаль тощо) [80]. Тому важливо визначити продукції ЕПС в нашому дослідженні.

Аналізовані ізоляти були перевірені на продукцію ЕПС (рис. 2.4) за наступним методом: для кожного ізоляту було підготовлено попередню культуру в бульйоні MRS (стандартний лабораторний розчин) та інкубовано при 37°C протягом 48 годин. Згодом продукцію ЕПС оцінювали, поміщаючи аліквоти по 5 мкл кожної бактеріальної культури на такі специфічні середовища для культивування, показані на рис. 2.5: агар MRS (VWR Chemicals) з додаванням 80 г/л сахарози для стимулювання синтезу гомополісахариду; Агар MRS (VWR Chemicals) з додаванням 10 г/л дріжджового екстракту (VWR Chemicals), 10 г/л м'ясного екстракту (VWR Chemicals), 20 г/л галактози (VWR Chemicals) та 20 г/л лактози (Carlo Erba Reagents, Cornaredo, Італія) для стимулювання синтезу гетерополісахариду.

Після 48-годинного періоду інкубації при 30°C колонії вважалися позитивними, якщо вони мали мукоїдний вигляд (чітко блискучі та слизькі) або ниткоподібну консистенцію (здатні утворювати видимі нитки при тестуванні стерильною зубочисткою).

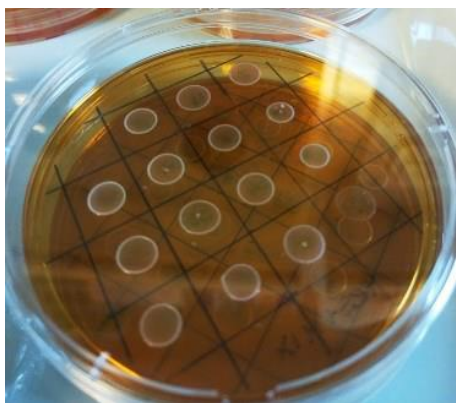


Рисунок 2.4 – Спот ЕПС

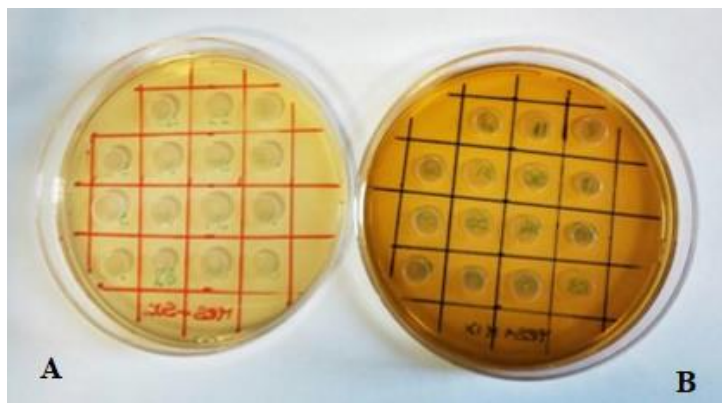


Рисунок 2.5 – Поживне середовище для визначення продукції цукрозалежних ЕПС (А) та цукронезалежних ЕПС (В)

2.5 Визначення продукції бактеріоцинів

Бактеріоцини – це особливі речовини білкової природи, які виробляють деякі бактерії для захисту від інших бактерій. Вони здатні пригнічувати ріст або повністю знищувати небажані мікроорганізми. На відміну від антибіотиків, які переважно порушують внутрішні процеси в клітині, бактеріоцини діють безпосередньо на оболонку та структуру бактерій, через що клітини руйнуються і гинуть. Такі речовини можуть утворювати багато бактерій, однак не всі мікроорганізми одного виду мають таку здатність. Одні бактерії активно виробляють бактеріоцини, тоді як інші – ні. Їхня дія може поширюватися як на близькі за властивостями бактерії, так і на зовсім інші групи мікроорганізмів. Бактеріоцини можуть впливати на ширше коло бактерій, ніж деякі антибіотики, оскільки ефективність їхньої дії залежить від того, чи можуть вони прикріпитися до поверхні клітини. Якщо таке прикріплення відбувається, бактерія стає вразливою до дії цих речовин. Існує багато різновидів бактеріоцинів, які відрізняються між собою за будовою, розміром молекул, властивостями, силою та способом дії на бактерії. Також вони можуть мати різну здатність впливати на окремі групи мікроорганізмів [81, 82].

У квашених огірках під час бродіння активно розвиваються корисні бактерії, які природним чином утворюють різні захисні речовини, зокрема бактеріоцини. Ці сполуки допомагають пригнічувати ріст небажаних мікроорганізмів і сприяють збереженню продукту протягом тривалого часу.

Саме завдяки діяльності таких бактерій квашені огірки набувають характерного смаку, аромату та залишаються безпечними для споживання. Бактеріоцини діють як природний бар'єр, який стримує розвиток бактерій, що можуть викликати псування продукту. У процесі квашення бактеріоцини накопичуються разом з іншими продуктами бродіння та створюють умови, несприятливі для розвитку шкідливих мікроорганізмів. Завдяки цьому зменшується потреба у використанні штучних консервантів, а сам продукт довше зберігає свої харчові та смакові властивості. Дослідження показують, що бактерії, присутні у ферментованих овочах, можуть утворювати речовини з вираженою антимікробною активністю, що робить квашені огірки не лише традиційним продуктом харчування, а й джерелом природних біологічно активних сполук.

Для оцінки антимікробної активності 55 ізолятів молочнокислих бактерій проводили тест на чашках, заснований на продукції бактеріоцинів проти трьох штамів *L. innocua*, яку використовують як сурогат *L. monocytogenes*, за протоколом, описаним в [83].

2.5.1 Підготовка мікробних культур

Для кожного ізоляту готували передкультуру в бульйоні MRS (10 мл) (рис. 2.6) (VWR Chemicals) і інкубували при 30°C протягом 48 годин. Аналогічно готували три передкультури *L. innocua* (рис. 2.7) в бульйоні Brain Heart Infusion (BHI) (10 мл) (VWR Chemicals), інкубованих при 37°C протягом 24 год.



Рисунок
2.6 – 10 мл
бульйону
MRS



Рисунок
2.7 –
Штами
листерії

2.5.2 Процедура

Через 48 год репрезентативний зразок (500 мкл) кожної культури молочнокислих бактерій відбирали, умовно позначали «Т» (такий як є) і поміщали в стерильну пробірку Eppendorf об'ємом 1,5 мл. Залишок передкультури центрифугували при $1610 \times g$ протягом 10 хвилин на центрифугу Rotofix 32A. Супернатант (близько 7 мл) нейтралізували 0,1 N NaOH до pH 7 за допомогою рН-метра з твердим електродом HI2031. З нього зберігали 500 мкл у стерильній пробірці Eppendorf об'ємом 1,5 мл (позначеній «Н»). Близько 1 мл нейтралізованого супернатанту фільтрували через мембранні фільтри PES 0,22 мкм і позначали «Ф» (фільтрат). Одночасно у м'який агар ВНІ (7,5 г/л агару) інокулювали 2% об/об *L. innosua*. Після затвердіння в кожній чашці Петрі за допомогою стерильних наконечників на 200 мкл (рис. 2.8) робили три лунки, позначені відповідно скороченнями Т, Н і Ф, і інокулювали: 1) 50 мкл бульйону росту в лунку, 2) 50 мкл нейтралізованого супернатанту, 3) 50 мкл нейтралізованого і фільтрованого супернатанту.

Для кожного ізоляту молочнокислих бактерій готували три чашки Петрі, показані на рис. 2.9, кожна з різним штамом *L. innosua*. Після інкубації при 37°C протягом 24 год всі чашки досліджували (рис. 2.10) для оцінки утворення зон інгібування росту цільового мікроорганізму (рис. 2.11).



Рисунок 2.8 – Підготовка лунок

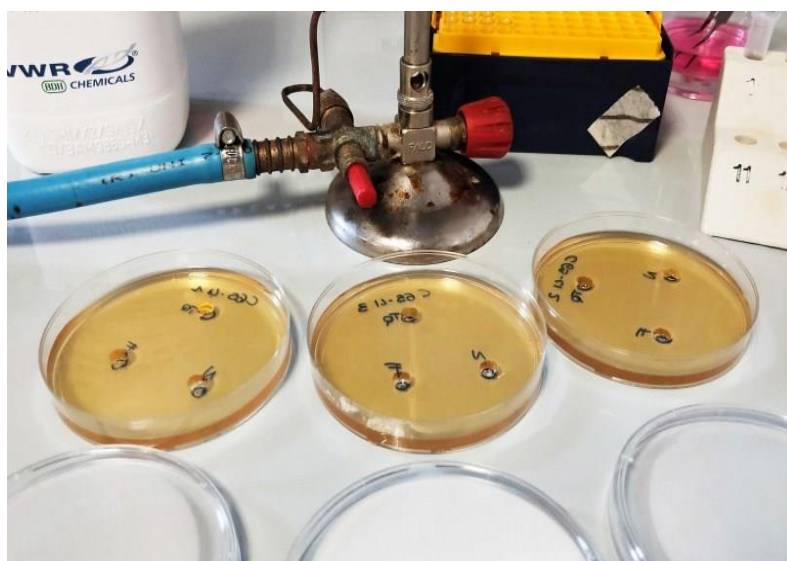


Рисунок 2.9 – Чашки Петрі для тесту на визначення продукції бактеріоцинів

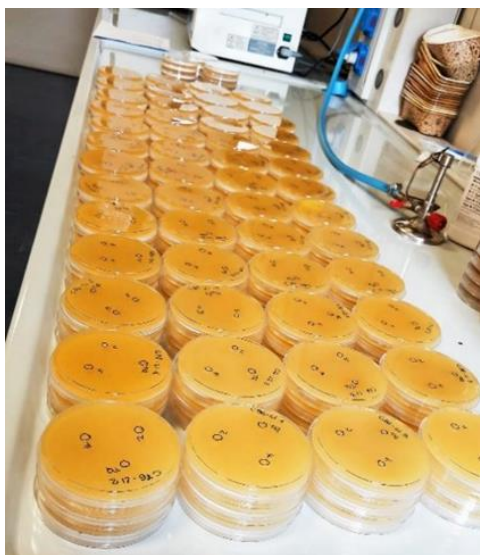


Рисунок 2.10 – Контроль чашок



Рисунок 2.11 – Ріст цільового мікроорганізму

У разі позитивних результатів (наявності зони інгібування) по колу інгібування наносили 3 спота по 5 мкл пепсину (Fluka™, Honeywell, Морристаун, США), трипсину (Fluka™) і проназу (Merck) для оцінки білкової природи антимікробної речовини. Підтвердження антимікробної активності ізолятів молочнокислих бактерій, обумовленої синтезом бактеріоцинів, отримували завдяки утворенню напівмісяців на наступних інкубованих чашках.

2.6 Визначення ферментативної активності

Для визначення ферментативної активності досліджуваних ізолятів використовували галереї API® ZYM (bioMérieux, Марсі-л'Етуаль, Франція) відповідно до інструкцій виробника. Кожна смужка API® ZYM (bioMérieux) складається з 20 лунок, що містять синтетичні субстрати, які інокуюють досліджуваним мікроорганізмом у водній суспензії, що використовується для регідrataції ферментативних субстратів. 20 лунок призначені для оцінки активності наступних ферментів: 1 – контроль; 2 – лужна фосфатаза; 3 – естераза (C4); 4 – естераза ліпаза (C8); 5 – ліпаза (C14); 6 – лейцинамідатаза; 7 – валінамідатаза; 8 – цистеінамідатаза; 9 – трипсин; 10 – альфа-хімотрипсин; 11 – кисла фосфатаза; 12 – нафтол-AS-BI-фосфогідролаза; 13 – альфа-галактозидаза; 14 – бета-галактозидаза; 15 – бета-глюкуронідаза; 16 – альфа-глюкозидаза; 17 – бета-глюкозидаза; 18 – N-ацетил-β-глюкозамінідаза; 19 –

альфа-манозидаза; 20 – альфа-фукозидаза. Кінцеві метаболічні продукти, що утворюються під час інкубаційного періоду, виявляли за допомогою кольорових реакцій, що виявлялися після додавання реагентів. Коротко: за допомогою API (bioMérieux) готували суспензію (2 мл) кожного ізоляту, вирощеного на агарі MRS (Merck), відповідно до каламутності 5–6 за McFarland (bioMérieux). 65 мкл отриманої суспензії використовували для інокуляції кожної лунки смужки API® ZYM (bioMérieux) при інкубації протягом 4 годин при 37°C. Після інкубації до кожної лунки додавали 1 краплю реагенту ZYM A (bioMérieux) і 1 краплю реагенту ZYM B (bioMérieux) до розвитку кольору (не менше 5 хвилин). Для кожної лунки присвоювали значення від 0 до 5 відповідно до розвинутого кольору: 0 відповідає негативній реакції, 5 – реакції максимальної інтенсивності, а 1, 2, 3 або 4 – проміжним реакціям залежно від рівня інтенсивності (3, 4 або 5 вважалися позитивними реакціями).

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ МОЛОЧНО-КИСЛОТНИХ БАКТЕРІЙ У ФЕРМЕНТОВАНИХ ОГІРКАХ

3.1 Визначення підкислювальної здатності ферментаційного субстрату на основі огірка

У порівняльному аналізі між видом *P. parvulus* і видом *L. plantarum* group (рис. 3.1) можна спостерігати суттєві відмінності в їх поведінкових профілях під час ферментації. У випадку роду *Pediococcus* реєструється поступове зниження рН з плином часу, що охоплює період від 24 годин до 9 днів. Через 9 днів всі ізоляти показали значення рН нижче 4,50 з 7 ізолятами, що досягли значень рівних або нижчих за 3,30. Навпаки, ізоляти роду *Lactiplantibacillus* демонструють суттєве зниження рН у поживному середовищі вже з другого дня ферментації. Крім того, всі ізоляти показали значення рН нижче 4,0 через 2 дні ферментації, досягнувши значень рН нижче 3,5 наприкінці експерименту (9 днів). Значення рН стерильного і неінокульованого субстрату ферментації на основі огірка, що інкубувався за тих самих умов, не показали змін протягом 9 днів моніторингу.

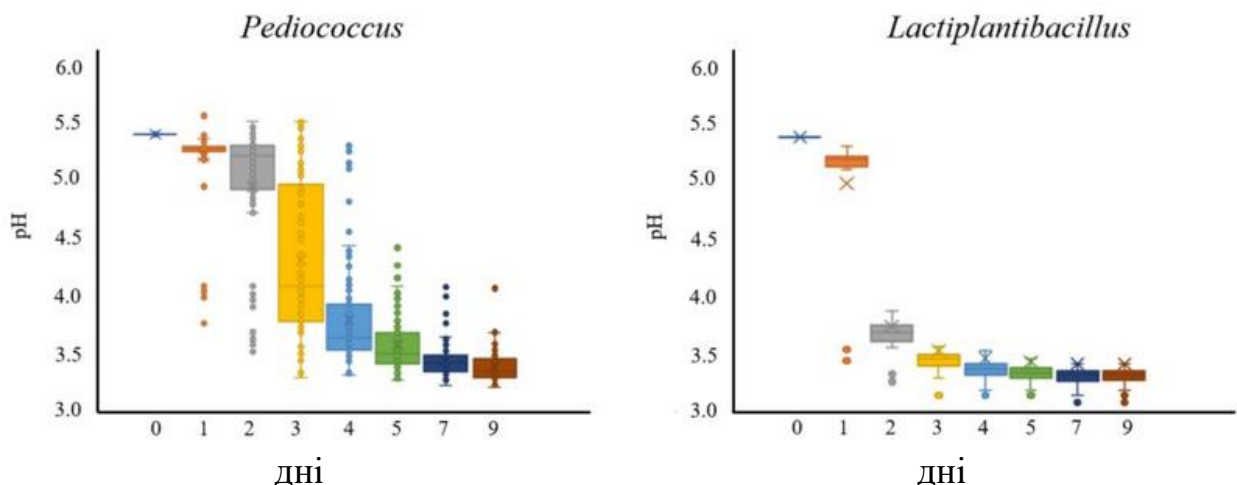


Рисунок 3.1 – Результати проб підкислення

З аналізу отриманих даних видно, що всі протестовані ізоляти молочнокислих бактерій виявили значну ферментативну здатність у присутності NaCl, демонструючи таким чином високий рівень адаптації до субстрату ферментації на основі огірків і підтверджуючи їхню придатність як стартових або додаткових культур. Дійсно, кінцеві значення рН, досягнуті ізолятами, відповідали значенням, повідомленим різними авторами для ферментованих огірків, – близько 3,5 [84]. Слід зазначити, що мікробне підкислення огірків суттєво впливає на концентрацію γ -аміномасляної кислоти, ізолейцину, лейцину, лізину та орнітину [85, 86], що має значний вплив на харчову цінність продукту.

3.2 Визначення продукції бактеріоцинів та ЕПС

Визначення продукції бактеріоцинів та ЕПС для виду *P. parvulus* та *Lpb. plantarum* group було проведено згідно методики в розділі 2. Що стосується продукції бактеріоцинів проти *L. innosua*, використовуваної як сурогат *L. monocytogenes*, жоден з аналізованих ізолятів не виявив продукції молекул з антимікробною активністю.

Лише деякі ізоляти виявили здатність продукувати ЕПС у синтетичному середовищі. ЕПС, вироблені молочнокислими бактеріями, були класифіковані на два основних типи: гомополісахариди (фруктан, галактан, глюкан і маннан) та гетерополісахариди (що складаються з різних цукрових одиниць у структурі). ЕПС є вторинними метаболітами з потенційними антиоксидантними, антимікробними, антибіоплівковими, противірусними та кріозахисними властивостями [87].

Зокрема, у цій роботі для виду *P. parvulus* лише ізоляти PP4 і PP22 виробляли сахарозонезалежні ЕПС, тоді як лише PP22 виробляв сахарозозалежні ЕПС. Щодо *L. plantarum* group, ізоляти LP89 і LP90 показали продукцію як сахарозозалежних, так і сахарозонезалежних ЕПС.

Здатність виробляти ЕПС штамами *P. parvulus* вже була описана [88]. Зокрема, ці автори спостерігали, що продукція ЕПС у *P. parvulus* не була безпосередньо пов'язана з його ростом, оскільки продукція спостерігалась і в

стаціонарній фазі росту в присутності достатньої кількості глюкози в поживному середовищі [89]. Крім того, у дослідженні [90] було описано здатність деяких штамів *P. parvulus* виробляти β -глюкан з негативними ефектами на якість вина, надаючи йому в'язку консистенцію. Щодо ізолятів *L. plantarum* group, здатність виробляти ЕПС вже широко описана [91], особливо у мікроорганізмів з ферментованих огірків, маринованих овочів і кімчі [92].

3.3 Визначення ферментативної активності

Результати оцінки ферментативної активності за допомогою галереї API® ZYM (bioMérieux) для виду *P. parvulus* (40 ізолятів) показані на рис. 3.2, а для ізолятів виду *Lpb. plantarum* group (15 ізолятів) – на рис. 3.3.

Щодо ізолятів виду *P. parvulus*, лише один ізолят (PP5) виявив активність ферменту естерази (C4) та естерази ліпази (C8), тоді як всі ізоляти показали інтенсивну активність лейцинаміламідази. Крім того, 35 ізолятів показали сильну активність ферменту валінаміламідази, 13 ізолятів виявили активність ферменту цистеінаміламідази, 22 ізоляти виявилися позитивними на фермент альфа-глюкозидазу, тоді як 36 ізолятів показали активність ферменту бета-глюкозидази. Мало ізолятів виявили слабку активність ферментів кислої фосфатази (5/40), нафтол-AS-BI-фосфогідролази (6/40), бета-галактозидази (5/40) та N-ацетил- β -глюкозамінідази (8/40).

Жоден ізолят не виявив активності ферментів лужної фосфатази, ліпази (C14), трипсину, альфа-хімотрипсину, альфа-галактозидази, бета-глюкуронідази, альфа-манозидази або альфа-фукозидази.

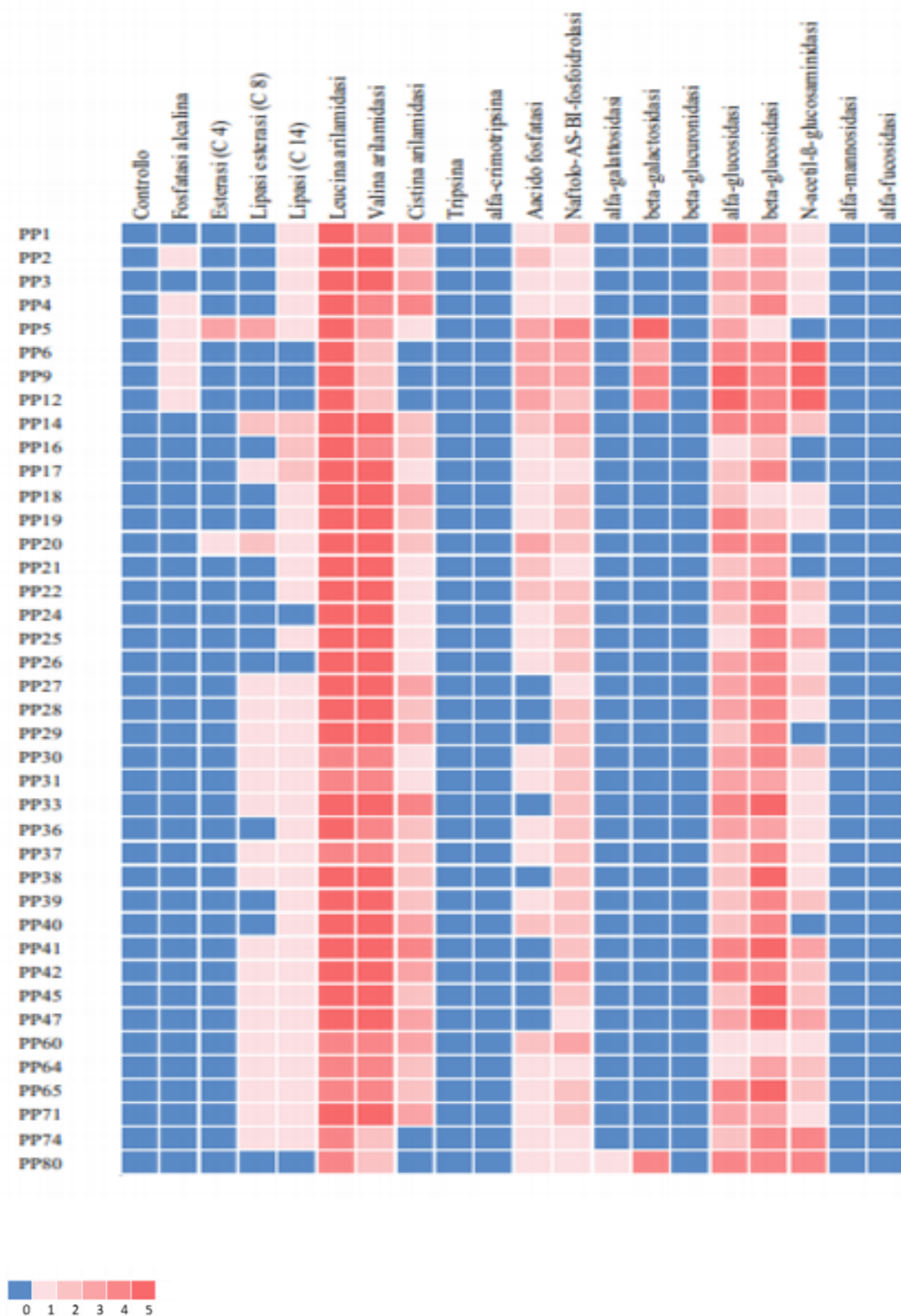


Рисунок 3.2 – Результати галереї API *Pediosoccus parvulus*, від синього (відсутність активності) до насиченого червоного (активність 5).

Щодо виду *Lpb. plantarum* group, для всіх аналізованих ізолятів можна спостерігати інтенсивну активність ферментів лейцинаміламідази та валінаміламідази, тоді як повна відсутність активності виявлена для ферментів лужної фосфатази, естерази (C4), естерази ліпази (C8), ліпази (C14), цистинакриламідази, трипсину, альфа-кримотрипсину, альфа-галактозидази, бета-глюконідази, бета-глюкуронідази, альфа-манозидази та альфа-фукозидази. 13 ізолятів з 40 показали активність ферментів бета-галактозидази, альфа-глюкозидази, бета-глюкозидази та N-ацетил-бета-глюкозамінідази. Нарешті, мало ізолятів показали активність ферментів кислої фосфатази та нафтол-AS-BI-фосфогідролази (2/15).

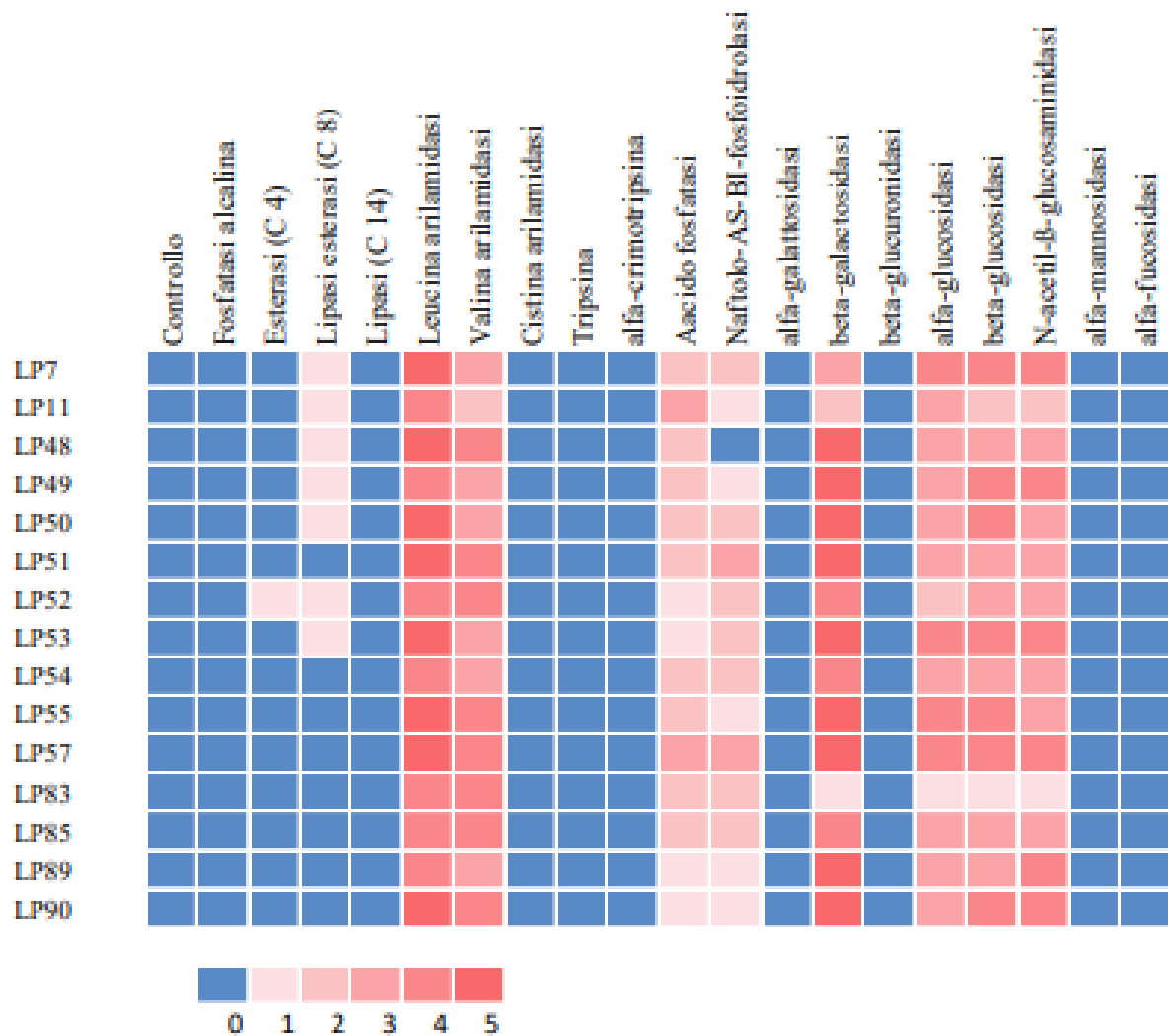


Рисунок 3.3 – Результати галереї API Lactiplantibacillus plantarum, від синього (відсутність активності) до насиченого червоного (активність 5).

Щодо ферментативних активностей ізолятів, зокрема щодо активності протеаз, жодної інформації не знайдено в науковій літературі для виду *P. parvulus*, тоді як сильна активність ферментів лейцинаміламідази та валінаміламідази була виявлена в інших видах роду *Pediosoccus* [93] і штамів *Lpb. plantarum* [94]. Цікаво відзначити, що активність бактеріальних амінопептидаз, виявлена у досліджуваних ізолятах, може призвести до ефективного вивільнення амінокислот з пептидів, сприяючи таким чином розвитку смаку ферментованих огірків.

Крім того, більшість ізолятів показала активність бета-глюкозидази, фундаментальну для гідролізу целюлози [95], що вже була раніше виявлена у штамів молочнокислих бактерій, виділених з корейського кімчі. Всі ізоляти показали відсутність бета-глюкуронідази, активність якої могла б призвести до розвитку канцерогенних сполук у товстій кишці споживача, тим самим виключає розвитку раку.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Вимоги охорони праці при роботі в мікробіологічній лабораторії

Робота в мікробіологічній лабораторії пов'язана зі специфічними ризиками, що зумовлені контактом із живими мікроорганізмами, хімічними реагентами, нагрівальними приладами та обладнанням, що працює під тиском або з ультрафіолетовим випромінюванням. Відповідно до Закону України «Про охорону праці» (2021 р.) [96], Закону України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» та ДБН В.2.2-10-2001, роботодавець зобов'язаний забезпечити безпечні умови праці, а кожен працівник – дотримуватись встановлених правил. Загальні вимоги до мікробіологічної лабораторії включають: наявність припливно-витяжної вентиляції з не менш ніж 8-кратним повітрообміном на годину; оснащення ламінарними боксами або мікробіологічними шафами безпеки 2-го класу для роботи з патогенами III–IV груп ризику; наявність автоклаву для стерилізації та знезараження відходів; окремого умивальника з дозатором рідкого бактерицидного мила та засобами антисептики; аптечки першої допомоги з антисептиками та засобами надання першої допомоги при хімічних опіках.

Молочнокислі бактерії, що є об'єктом дослідження у даній роботі, відносяться до 1-ї групи ризику за класифікацією ВООЗ (мікроорганізми, що не представляють загрози для здорової людини) і до IV групи патогенності за класифікацією МОЗ України. Тим не менш, при роботі з ними необхідно дотримуватись базових вимог мікробіологічного рівня біологічного захисту BSL-1. При роботі з нагрівальними приладами (електрична плитка, водяна баня, термостат) необхідно: не залишати прилади без нагляду; використовувати термостійкий посуд; при роботі з рідкими середовищами у скляному посуді застосовувати термостійкі рукавиці; регулярно перевіряти справність електромережі та заземлення приладів. Робота з хімічними реагентами (кислоти, луги, розчинники для молекулярно-біологічних методів) повинна проводитись у

висяжній шафі, з використанням кислото- або лугостійких рукавиць, захисних окулярів та халату. Розсипані або пролиті хімікати необхідно негайно нейтралізувати відповідними реагентами та зібрати згідно з інструкцією по поводженню з хімічними відходами.

Для забезпечення персональної гігієни і безпеки забороняється: виносити за межі лабораторії мікробіологічні культури або матеріали досліджень; вживати їжу та напої в лабораторії; торкатися обличчя руками під час роботи; виходити з лабораторного приміщення без зняття халату та дезінфекції рук.

Усі відходи лабораторної діяльності, що містять живі мікроорганізми (культури, живильні середовища, інфікований матеріал), підлягають обов'язковому знезараженню автоклавуванням при температурі 121°C та тиску 0,11 МПа протягом не менше 30 хвилин або обробці дезінфекційними засобами відповідно до їх інструкції застосування.

4.2 Санітарно-гігієнічні вимоги до переробних підприємств із виробництва ферментованих овочів

Переробні підприємства, що виробляють квашені та солоні овочі, функціонують відповідно до вимог Закону України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» (2014 р., зі змінами) [97], Регламенту (ЄС) № 852/2004 про гігієну харчових продуктів, а також Правил санітарного режиму для підприємств консервної промисловості України.

Система НАССР (Hazard Analysis and Critical Control Points – аналіз небезпечних факторів та критичних точок контролю) є обов'язковою для всіх підприємств харчової промисловості України з 2019 року. У виробництві квашених огірків до критичних точок контролю відносяться: концентрація NaCl у розсолі, температура і тривалість ферментації, рН готового продукту, мікробіологічні показники сировини та кінцевого продукту, умови зберігання та транспортування.

Виробничі приміщення переробного цеху повинні відповідати таким вимогам: стіни та підлоги облицьовані матеріалами, стійкими до вологи та

дезінфекційних засобів (кахельна плитка, харчовий поліуретан); підлога має ухил 1–1,5% у бік водостоку; вентиляція забезпечує не менш ніж 5-кратний повітрообмін на годину та підтримання відносної вологості 75–85% при температурі 18–22 °C у ферментаційному цеху.

Технологічне обладнання (ферментатори, мийні машини, насоси, транспортери) виготовляється з харчової нержавіючої сталі (марки 08X18H10T або аналоги) і підлягає щоденному санітарному обробленню. Схема миття та дезінфекції включає: попереднє ополіскування водою; лужне миття розчином кальцинованої соди 2–3%; ополіскування чистою водою; дезінфекцію хлоровмісними препаратами (активний хлор 100–200 мг/л) або перацетатними дезінфектантами; кінцеве ополіскування питною водою.

Персонал переробного підприємства зобов'язаний проходити медичні огляди при прийнятті на роботу та щорічно. Відповідно до вимог охорони праці в Україні, вступний та первинний інструктажі проводяться при зарахуванні на роботу, повторний – не рідше одного разу на 6 місяців [97].

Безпека в надзвичайних ситуаціях на переробному підприємстві передбачає наявність планів евакуації, засобів первинного пожежогасіння (вогнегасники типу ВВК або ВВП у кількості не менше 1 шт. на 100 м² площі), навчання персоналу першій допомозі та регулярні тренувальні евакуації. В умовах воєнного стану в Україні підприємства харчової галузі зобов'язані мати додатково: план переходу на автономне електропостачання, запас питної води та засобів санітарної обробки на термін не менше 72 годин, а також узгоджений із місцевими органами влади план захисту персоналу та матеріальних цінностей під час повітряних тривог.

Ринок ферментованих та консервованих овочів в Україні зазнав суттєвого впливу воєнного стану, розпочатого у лютому 2022 року. Разом із тим, галузь виявила значну стійкість, зумовлену незмінно високим внутрішнім попитом на продукти тривалого зберігання. За оцінками Міністерства аграрної політики та продовольства України, у 2022–2023 роках виробництво консервованих та квашених овочів скоротилось у промисловому секторі приблизно на 18–22%

порівняно з довоєнним рівнем, однак у 2024 році галузь демонструє поступове відновлення. Споживання квашених огірків в Україні має виражений сезонний характер із піком у жовтні–лютому. Середнє споживання квашених та солоних огірків оцінюється на рівні 3,5–4,5 кг на рік на людину. Основними гравцями промислового ринку є торгові марки «Ніжинський», «Агросвіт», «Верес», «Чумак», а також численні регіональні виробники. Роздрібна ціна квашених огірків промислового виробництва у 2024 році коливалась у межах 60–95 грн/кг залежно від виробника та роздрібною мережі.

Ключовою тенденцією ринку є зростання попиту на продукцію класу «преміум» із натуральним складом, маркуванням «без консервантів» та наявністю живих культур МКБ. Частка такої продукції у роздрібних мережах зросла з 8% у 2020 році до 15% у 2024 році. Ще однією тенденцією є розширення асортименту ферментованих продуктів на ринку (кімчі-подібні продукти, ферментований перець, буряк), що відкриває нові ніші для українських виробників.

4.3 Економічна ефективність впровадження стартових культур МКБ у виробництво квашених огірків

Традиційне виробництво квашених огірків ґрунтується на спонтанній ферментації, що має ряд суттєвих недоліків: нестабільна якість продукту від партії до партії; ризик розвитку небажаної мікрофлори (дріжджів, цвілевих грибів, коліформних бактерій); тривалий виробничий цикл (14–21 доба); значні втрати (5–10% від обсягу партії внаслідок псування продукту).

Впровадження стартових культур МКБ дозволяє усунути або мінімізувати зазначені недоліки. Нижче наведено розрахунок економічного ефекту для умовного підприємства середнього масштабу з обсягом переробки 500 тон огірків на сезон.

Вартість зарубіжних стартових культур МКБ (Chr. Hansen, Lallemand, DSM) для ферментації овочів становить 2500–4000 грн/т сировини. Розробка вітчизняних стартових культур на основі штамів, ізольованих у даній роботі,

дозволить знизити цю вартість до 900–1500 грн/т за рахунок відсутності імпоротної складової та транспортних витрат.

Таблиця 4.1 – Порівняльна характеристика виробничих показників

Показник	Спонтанна ферментація	Контрольована ферментація
Тривалість ферментації, діб	14–21	7–10
Відсоток браку, %	8–12	2–4
Витрати на стартові культури, грн/т	0	1 800–2 500
Виграш від прискорення циклу, грн/т	-	~3 200
Зниження втрат від браку, грн/т	-	~4 500–7 000

Загальний економічний ефект від впровадження вітчизняних стартових культур МКБ для підприємства з обсягом переробки 500 т/сезон:

$$E = 500 \text{ т} \times 5000 \text{ грн/т} + 500 \text{ т} \times 3200 \text{ грн/т} - 500 \text{ т} \times 1200 \text{ грн/т} = 2500000 + 1600000 - 600000 = 3500000 \text{ грн/сезон.}$$

Собівартість квашених огірків складається з прямих і накладних витрат. До прямих витрат належать: вартість сировини (огірки, сіль, прянощі), витрати на воду та електроенергію, витрати на стартові культури (за умови контрольованої ферментації), витрати на пакування. До накладних витрат відносяться: амортизація обладнання, заробітна плата персоналу, транспортно-логістичні витрати.

Як видно з розрахунків, собівартість 1 тонни продукції при контрольованій ферментації незначно перевищує собівартість при спонтанній ферментації (+100 грн/т або +0,3%) завдяки витратам на стартові культури. Проте з урахуванням зниження частки браку (з 10% до 3%) та реалізації продукту вищої якості (надбавка 8–12% до ціни), рентабельність виробництва зростає з 18–22% до 28–33%.

Таблиця 4.2 – Калькуляція собівартості 1 тонни квашених огірків (2024 р., розрахункові дані)

Стаття витрат	Спонтанна ферментація, грн	Контрольована ферментація, грн
Сировина (огірки), 1 300 кг/т	18 200	18 200
Сіль, прянощі, вода	2 400	2 400
Стартові культури МКБ	-	1 200
Електроенергія	1 800	1 500
Пакувальні матеріали	3 500	3 500
Заробітна плата	7 200	7 800
Накладні витрати	3 600	3 200
Загальна собівартість	36 700	36 800

Термін окупності інвестицій у впровадження системи контрольованої ферментації зі стартовими культурами МКБ для підприємства описаного масштабу (500 т/сезон) оцінюється у 1,5–2,5 роки. При цьому вкладення включають: закупівлю або виробництво стартових культур (500000 грн), дообладнання ферментаційного цеху системою контролю рН і температури (280000–350000 грн), навчання персоналу (40000–60000 грн).

Таким чином, економічний аналіз підтверджує доцільність впровадження вітчизняних стартових культур МКБ у промислове виробництво квашених огірків. Розробка таких культур на основі штамів, відібраних у процесі виконання даної роботи, дозволить знизити залежність галузі від імпортних препаратів і сприятиме розвитку вітчизняної біотехнологічної бази переробної промисловості.

ВИСНОВКИ

Аналіз літературних джерел показав, що молочнокисла ферментація огірків є складним біохімічним процесом, в основі якого лежить гетеро- та гомоферментативний метаболізм молочнокислих бактерій. Ключовими біохімічними показниками процесу є динаміка рН, накопичення молочної кислоти та зміна складу мікробного угруповання на різних стадіях ферментації. Встановлено, що на склад мікробіоти суттєво впливають концентрація солі, температура, вихідна мікробіота сировини та наявність кисню.

Огірок (*Cucumis sativus* L.) є цінною овочевою культурою з низькою калорійністю та значним вмістом мінеральних речовин, вітамінів і антиоксидантів. У процесі ферментації його харчова цінність зростає: утворюються біологічно активні сполуки, органічні кислоти, вільні амінокислоти, у тому числі γ -аміномасляна кислота (ГАМК), що зумовлює пробіотичний потенціал готового продукту та його позитивний вплив на мікробіоту кишечника і здоров'я людини. Серед молочнокислих бактерій, задіяних у ферментації огірків, провідну роль відіграють *Lactiplantibacillus plantarum* та *Pediococcus parvulus*. Перший вид характеризується широкою метаболічною пластичністю, високою кислотоутворювальною здатністю та здатністю продукувати бактеріюцини й екзополісахариди. *Pediococcus parvulus* вирізняється стійкістю до підвищеного вмісту солі та продукуванням β -глюканів, що визначає його технологічну цінність як компонента заквашувальних культур.

Всі досліджені ізоляти продемонстрували хорошу здатність ферментувати субстрат на основі огірка, підтверджуючи таким чином їхнє потенційне застосування як стартових або додаткових культур для спрямованої ферментації огірків. Крім того, для тих самих ізолятів спостерігалась сильна амінопептидазна активність, індукована ферментами лейцинаміламідазою та валінаміламідазою, з потенційним ефектом на визначення кінцевих сенсорних характеристик продуктів. Отримані дані є цікавими і досить перспективними для покращення

ферментаційного процесу, але необхідні подальші дослідження для підтвердження передбачуваних протехнологічних характеристик ізолятів у великих масштабах при виробництві ферментованих огірків.

Аналіз традиційних та промислових технологій квашення огірків в Україні засвідчив необхідність стандартизації виробничих процесів шляхом впровадження селекціонованих стартових культур МКБ. Економічне обґрунтування підтвердило доцільність такого підходу: застосування заквашувальних культур скорочує тривалість ферментації, підвищує мікробіологічну стабільність продукту та знижує відсоток виробничого браку, що забезпечує зростання рентабельності виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Caplice E., Fitzgerald G.F. Харчові ферментації: роль мікроорганізмів у виробництві та збереженні харчових продуктів. *International Journal of Food Microbiology*. 1999. Vol. 50, № 1–2. P. 131–149. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(99\)00080-3](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(99)00080-3)
2. Marco M.L., Heeney D., Binda S., Cifelli C.J., Cotter P.D., Foligné B., Gänzle M., Kort R., Pasin G., Pihlanto A., Smid E.J., Hutkins R. Користь ферментованих харчових продуктів для здоров'я: мікробіота та інше. *Current Opinion in Biotechnology*. 2017. Vol. 44. P. 94–102. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2016.11.010>
3. WHO. Харчування, дієта та профілактика хронічних захворювань: звіт спільної консультації експертів ВООЗ/ФАО. WHO Technical Report Series 916. Geneva: World Health Organization, 2003. 149 p.
4. Şanlıer N., Gökçen B.B., Sezgin A.C. Користь ферментованих харчових продуктів для здоров'я. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2019. Vol. 59, № 3. P. 506–527. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1383355>
5. Zabat M.A., Sano W.H., Wurster J.I., Cabral D.J., Bhatt A.S., Belenky P. Аналіз мікробного угруповання при ферментації квашеної капусти виявляє стабільну та швидко сформовану спільноту. *Foods*. 2018. Vol. 7, № 5. P. 77. <https://doi.org/10.3390/foods7050077>
6. Grand View Research. Ринок ферментованих овочів: аналіз обсягу, частки та тенденцій. San Francisco: Grand View Research, 2023. URL: <https://www.grandviewresearch.com> (дата звернення: 10.03.2024).
7. Dimidi E., Cox S.R., Rossi M., Whelan K. Ферментовані харчові продукти: визначення та характеристики, вплив на мікробіоту кишечника та наслідки для здоров'я шлунково-кишкового тракту. *Nutrients*. 2019. Vol. 11, № 8. P. 1806. <https://doi.org/10.3390/nu11081806>
8. Українець А.І., Іщенко Т.І., Мельник Л.М. Технологія бродильних виробництв і виноробства. Київ: НУХТ, 2014. 368 с.

9. Прибильський В.Л., Олійнічук С.Т. Традиційні та сучасні технології у виробництві квашених овочів. Харчова промисловість. 2018. № 23. С. 42–49.
10. Шаповаленко О.І., Романченко І.В. Якість та безпечність ферментованих овочів українського виробництва. Науковий вісник НУХТ. 2020. Т. 26, № 4. С. 114–122.
11. Pérez-Díaz I.M., Breidt F., Boulton R., Skinner-Decortea R., Arroyo-Lopez F.N. Ферментовані та підкислені овочі. In: Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. 5th ed. Washington, DC: APHA Press, 2015. P. 521–532.
12. Breidt F., McFeeters R.F., Pérez-Díaz I., Lee C.H. Ферментовані овочі. In: Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers. 4th ed. Washington, DC: ASM Press, 2013. P. 841–855.
13. Axelsson L. Молочнокислі бактерії: класифікація та фізіологія. In: Lactic Acid Bacteria: Microbiology and Functional Aspects. 4th ed. New York: CRC Press, 2011. P. 1–36.
14. Gänzle M.G. Метаболізм молочної кислоти переглянутий: метаболізм молочнокислих бактерій при ферментації харчових продуктів та їх псуванні. Current Opinion in Food Science. 2015. Vol. 2. P. 106–117. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2015.03.001>
15. Biolcati F., Andrighetto C., Bottero M.T., Dalmaso A. Мікробна характеристика кустарного виробництва сиру Robiola di Roccaverano. Journal of Dairy Science. 2020. Vol. 103, № 5. P. 4056–4067. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17451>
16. Barrangou R., Altermann E., Hutkins R., Cano R., Klaenhammer T.R. Функціональний та порівняльний геномний аналіз оперону, задіяного у засвоєнні фруктоолігосахаридів *Lactobacillus acidophilus*. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2003. Vol. 100. P. 8957–8962. <https://doi.org/10.1073/pnas.1332765100>
17. Plengvidhya V., Breidt F., Lu Z., Fleming H.P. ДНК-дактилоскопія молочнокислих бактерій при ферментації квашеної капусти. Applied and

Environmental Microbiology. 2007. Vol. 73, № 23. P. 7697–7702.
<https://doi.org/10.1128/AEM.01342-07>

18. Pérez-Díaz I.M., Johanningsmeier S.D., Franco W., McFeeters R.F., Culler M.D., Breidt F. Мікробіологія та біохімія ферментації овочів. In: Advances in Fermented Foods and Beverages. Amsterdam: Elsevier, 2015. P. 77–104.

19. Sacco F. Ферментація овочів. Milano: Enea Edizioni, 2021.

20. Євлаш В.В., Прісс О.П., Сердюк М.Є., Павлоцька Л.Ф., Скуріхіна Л.А., Дуденко Н.В., Сухаренко О.І. Біохімія плодів та овочів: навч. посіб. Мелітополь, 2019. 205 с.

21. Johanningsmeier S.D., McFeeters R.F., Fleming H.P., Thompson R.L. Вплив заквашувальної культури *Leuconostoc mesenteroides* на ферментацію капусти зі зниженим вмістом солі. Journal of Food Science. 2007. Vol. 72, № 5. P. M166–M172. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00372.x>

22. Carr F.J., Chill D., Maida N. Молочнокислі бактерії: огляд літератури. Critical Reviews in Microbiology. 2002. Vol. 28, № 4. P. 281–370.
<https://doi.org/10.1080/1040-840291046759>

23. Zheng J., Wittouck S., Salvetti E., Franz C.M.A.P., Harris H.M.B., Mattarelli P., O'Toole P.W., Pot B., Vandamme P., Walter J., Watanabe K., Wuyts S., Felis G.E., Gänzle M.G., Lebeer S. Таксономічна нотатка щодо роду *Lactobacillus*: опис 23 нових родів, уточнений опис роду *Lactobacillus* Beijerinck 1901 та об'єднання родин *Lactobacillaceae* і *Leuconostocaceae*. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 2020. Vol. 70, № 4. P. 2782–2858.
<https://doi.org/10.1099/ijsem.0.004107>

24. Jang M.H., Park E.H., Yu J.G., Kim D.H., Han N.S., Kim M.D. Виділення високоефективних β -глюкозидазопродукуючих молочнокислих бактерій із корейського ферментованого овочевого продукту кімчі. Journal of Biotechnology. 2010. Vol. 150. P. 368–369.

25. Di Cagno R., Coda R., De Angelis M., Gobbetti M. Exploitation of vegetables and fruits through lactic acid fermentation. Food Microbiology. 2013. Vol. 33, № 1. P. 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2012.09.003>

26. Bautista-Gallego J., Rantsiou K., Garrido-Fernández A., Cocolin L., Arroyo-López F.N. Зниження вмісту солі у ферментації овочів: реальність чи бажання? *Journal of Food Science*. 2013.
27. Fidanza M., Panigrahi P., Kollmann T.R. *Lactiplantibacillus plantarum* – кочовий та ідеальний пробіотик. *Frontiers in Microbiology*. 2021.
28. Knorr D. Технологічні аспекти, пов'язані з мікроорганізмами у функціональних харчових продуктах. *Trends in Food Science & Technology*. 1998. Vol. 9, № 8–9. P. 295–306.
29. Ramos B., Miller F.A., Brandão T.R.S., Teixeira P., Silva C.L.M. Fresh fruits and vegetables – an overview of applied biodecontamination treatments and selection of eco-innovative approaches. *Trends in Food Science & Technology*. 2013. Vol. 34. P. 44–61. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.08.003>
30. Baron A. Квашення та ферментації. Paris: Pascal, 2016.
31. Viander B., Mäki M., Palva A. Impact of low salt concentration, salt quality on natural large-scale sauerkraut fermentation. *Food Microbiology*. 2003. Vol. 20, № 4. P. 391–395. [https://doi.org/10.1016/S0740-0020\(02\)00133-7](https://doi.org/10.1016/S0740-0020(02)00133-7)
32. Boyko O.A. Огіркова культура та її агробіологічні особливості в умовах України. Київ: Аграрна наука, 2016. 224 с.
33. Методичні рекомендації з мікробіологічного моніторингу квашених овочів вітчизняного виробництва / за ред. О.І. Шаповаленка. Київ: НУХТ, 2021. 68 с.
34. Fleming H.P., McFeeters R.F., Breidt F. Ферментовані та підкислені овочі. In: *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*. 4th ed. Washington, DC: APHA Press, 2001. P. 755–765.
35. FAO/WHO. Властивості пробіотиків у харчових продуктах, включаючи сухе молоко з живими молочнокислими бактеріями, та їх вплив на здоров'я і харчування: звіт спільної консультації експертів ФАО/ВООЗ. Córdoba: FAO/WHO, 2001. 34 р.
36. Hill C., Guarner F., Reid G., Gibson G.R., Merenstein D.J., Pot B., Morelli L., Canani R.B., Flint H.J., Salminen S., Calder P.C., Sanders M.E. Документ

експертного консенсусу: заява консенсусу Міжнародної наукової асоціації пробіотиків і пребіотиків щодо сфери застосування та належного використання терміна «пробіотик». *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*. 2014. Vol. 11, № 8. P. 506–514. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2014.66>

37. Lebeer S., Vanderleyden J., De Keersmaecker S.C.J. Гени та молекули лактобацил, що забезпечують пробіотичну дію. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 2008. Vol. 72, № 4. P. 728–764. <https://doi.org/10.1128/MMBR.00017-08>

38. Niedziałkowska A., Szutowaska J., Świder O. Оцінка безпечності штамів *Lactiplantibacillus plantarum*, виділених із ферментованих овочів, за пробіотичними критеріями. *Foods*. 2022. Vol. 11, № 2. P. 193. <https://doi.org/10.3390/foods11020193>

39. Nissen L., Casciano F., Gianotti A. Моделі кишкової ферментації *in vitro* для вивчення змін мікробіоти кишечника під впливом харчових продуктів: оновлений огляд. *FEMS Microbiology Letters*. 2020. Vol. 367. fnaa097. <https://doi.org/10.1093/femsle/fnaa097>

40. Cotter P.D., Hill C., Ross R.P. Бактеріоцини: формування вродженого імунітету в харчових продуктах. *Nature Reviews Microbiology*. 2005. Vol. 3, № 10. P. 777–788. <https://doi.org/10.1038/nrmicro1273>

41. ДСТУ 4436:2005. Огірки квашені та солоні. Технічні умови. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 15 с.

42. Arroyo-López F.N., Romero-Gil V., Bautista-Gallego J., Rodríguez-Gómez F., Jiménez-Díaz R., García-García P., Querol A., Garrido-Fernández A. Потенційні переваги застосування дріжджових заквашувальних культур у переробці столових олив. *Frontiers in Microbiology*. 2012. Vol. 3. P. 161. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2012.00161>

43. Sharma V., Sharma L., Sandhu K.S. Огірок (*Cucumis sativus* L.). In: *Antioxidants in Vegetables and Nuts – Properties and Health Benefits*. Singapore: Springer, 2020. P. 333–340.

44. Ruiz J.M., Moreno D.A., Romero L. Активність піруваткінази як індикатор рівня K^+ , Mg^{2+} і Ca^{2+} у листках і плодах огірка: роль калійного удобрення. *Comparative Biochemistry and Physiology B*. 1999.
45. Кулик В., Штонда О. Вплив фруктових та ягідних інгредієнтів на мікробіологічні показники натуральних напівфабрикатів. *Human and Nation's Health*. 2025. № 3. С. 17–29. <https://doi.org/10.31548/humanhealth.4.2025.17>
46. Квашені огірки. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Квашені_огірки
47. Свинина з квашеними огірками. URL: <https://panistefa.com/svynyna-z-kvashenymy-ogirkamy>
48. Дієтолог розкрив усю правду про ферментовані продукти. URL: <https://www.rbc.ua/rus/lifestyle/piti-chi-piti-dietolog-rozkriv-usyu-pravdu-1769426483.html>
49. Wiśniewska M., Kowalska E., Malinowska M.Z., Wiśniewska L., Manning P., Kowalski P. Споживання та домашнє приготування ферментованих овочевих продуктів у Польщі. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*. 2022.
50. Бугина Л.М., Паллаг О.В., Рукавчук Р.О., Бойко Н.В. Аналіз мікробіому листкових поверхонь рослин закарпатського регіону. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2020. № 4 (86). <https://doi.org/10.31548/dopovidi2020.04.003>
51. Гончаренко Л.В. Ферментовані продукти: сучасні тенденції розвитку. *Вісник харчової науки*. 2021. Т. 9, № 2. С. 67–75.
52. Pérez-Díaz I.M., Hayes J., Medina E., Anekella K., Daughtry K., Dieck S., Levi M., Price R., Butz N., Lu Z., Azcarate-Peril M.A. Переоцінка послідовності молочнокислих бактерій у комерційних ферментаціях огірків та фізіологічних і геномних особливостей, пов'язаних із їх домінуванням. *Food Microbiology*. 2017. Vol. 63. P. 217–227.
53. Приліпко Т.М., Коваль Т.В., Косташ В.Б. Мікробіологія харчових продуктів: навч. посіб. Кам'янець-Подільський: Подільський державний університет, 2024. 412 с.

54. Ghazi Al-Shawi S., Jaafir Aziz Alneamah S. Мариновані огірки та ферментації. In: Wang H. (ed.). London: IntechOpen, 2021.
55. Приліпко Т.М., Косташ В.Б. Харчові технології: навч. посіб. Кам'янець-Подільський: Подільський державний університет, 2025. 685 с.
56. Приліпко Т. Ферментація овочів з використанням спеціалізованих штамів мікроорганізмів. Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки. 2025. № 2. С. 146–151. <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2025.4.2.16>
57. De Filippis F., Pasolli E., Ercolini D. Вісь «їжа–кишечник»: молочнокислі бактерії та їх зв'язок із харчовими продуктами, кишковим мікробіомом і здоров'ям людини. FEMS Microbiology Reviews. 2020. Vol. 44, № 4. P. 454–489.
58. Gebru Y.A., Asmelash T., Sbhatu D.B., Berhe T. Виділення та характеристика пробіотичних LAB із кімчі та спонтанно ферментованого тіста тефу: їх вплив на вміст фенольних сполук у тефі під час ферментації. BioMed Research International. 2020.
59. De Vuyst L., Leroy F. Бактеріюцини молочнокислих бактерій: продукція, очищення та застосування у харчовій промисловості. Journal of Molecular Microbiology and Biotechnology. 2007.
60. Qiao N., Wittouck S., Mattarelli P., Zheng J., Lebeer S., Gänzle M.G. Після бурі: погляди на таксономію Lactobacillaceae. JDS Communications. 2022. P. 222–227.
61. Панасюк С.Г. Загальні технології в харчовій галузі. Модуль 6. Технології консервованих продуктів та харчоконцентратів: конспект лекцій. Луцьк: ЛНТУ, 2026. 56 с.
62. Sidooski T., Brandelli A., Bertoli S.L., Souza C.K., Carvalho L.F. Фізичні та поживні умови для оптимізованого виробництва бактеріюцинів молочнокислими бактеріями: огляд. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2019.
63. Lynch K.M., Zannini E., Coffey A., Arendt E.K. Lactic acid bacteria exopolysaccharides in foods and beverages: isolation, properties, characterization, and

health benefits. *Annual Review of Food Science and Technology*. 2018. Vol. 9. P. 155–176.

64. Mathur H., Beresford T.P., Cotter P.D. Користь для здоров'я ферментатів молочнокислих бактерій. *Nutrients*. 2020. Vol. 12, № 6.

65. Капрельянц Л.В., Пилипенко Л.М., Єгорова А.В., Пауліна Я.Б., Труфкаті Л.В., Кананихіна О.М., Велічко Т.О., Килименчук О.О., Кручек О.А., Шпирко Т.В., Охотська М.І. Мікробіологія харчових виробництв: навч. посіб. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2017. 478 с.

66. Kleerebezem M., Hols P., Bernard E., Rolain T., Zhou M., Siezen R.J., Bron P.A. Позаклітинна біологія лактобацил. *FEMS Microbiology Reviews*. 2010. Vol. 34, № 2. P. 199–230.

67. Arena M.P., Capozzi V., Russo P., Drider D., Spano G., Fiocco D. Імунобіоз та пробіоз: антимікробна активність молочнокислих бактерій з акцентом на їх противірусні та протигрибкові властивості. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2018.

68. Пількевич Н.Б., Боярчук О.Д. Мікробіологія харчових продуктів: навч. посіб. Луганськ: Альма-матер, 2008. 152 с.

69. *Lactobacillus*. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Lactobacillus>

70. Пирог Т.П., Антонюк М.М., Скроцька О.І., Кігель Н.Ф. Харчова біотехнологія. Київ: Ліра-К, 2016. 408 с.

71. Cassani L., Gerbino E., Gómez-Zavaglia A. Технологічні аспекти виробництва пробіотиків та живих біотерапевтичних препаратів. In: *Probiotics for Human Nutrition in Health and Disease*. 2022. P. 143–170.

72. Huang H.-C., Huang C., Lee J., Chang S.-M. Молочнокислі бактерії та молочна кислота для здоров'я шкіри та пригнічення меланогенезу. *Current Pharmaceutical Biotechnology*. 2020.

73. Кремзер О.О., Крайдашенко О.В., Проць М.М. Мікробіом кишечника: основи діагностики для збереження здоров'я. *Запорізький медичний журнал*. 2025. Т. 27, № 2 (149). С. 173–179. <https://doi.org/10.14739/2310-1210.2025.2.322064>

74. Lew L.-C., Liong M.-T. Біоактивні речовини пробіотиків для здоров'я шкіри: функції та переваги. *Journal of Applied Microbiology*. 2013. Vol. 114. P. 1241–1253.
75. Tachie C.Y.E., Onuh J.O., Aryee A.N.A. Харчова цінність та потенційна користь для здоров'я ферментованих харчових білків. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2023.
76. Pérez-Díaz I.M., Dickey A.N., Fitria R., Ravishankar N., Hayes J., Campbell K., Arritt F. Модуляція бактеріальної популяції в комерційних ферментаціях огірків типом солі для розсолу. *Journal of Applied Microbiology*. 2020.
77. Pérez-Díaz I.M., Hayes J.S., Medina E., Webber A.M., Butz N., Dickey A.N., Lu Z., Azcarate-Peril M.A. Оцінка мікробіоти немолочнокислих бактерій у свіжих огірках та комерційно ферментованих маринованих огірках у 6% розсолі NaCl. *Food Microbiology*. 2019. Vol. 77. P. 10–20.
78. Pérez-Díaz I.M., Medina E., Page C.A., Johanningsmeier S.D., Daughtry K.V., Moeller L. Запобігання псуванню, спричиненому мікроорганізмами, у ферментаціях огірків без хлориду натрію із застосуванням консервантів. *Journal of Food Science*. 2022. Vol. 87. P. 5054–5069.
79. Євлаш В.В., Торяник О.І., Коваленко В.О. та ін. Харчова хімія. Харків: Світ Книг, 2019. 504 с.
80. Пирог Т.П., Ярош М.Б., Вороненко А.А. Синтез мікробних екзополісахаридів на нетрадиційних субстратах. *Наукові праці НУХТ*. 2021. Т. 27, № 1. С. 42–52. <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2021-27-1-6>
81. Карлаш Ю.В., Омельчук Є.О. Основи проектування біотехнологічних виробництв. Київ: НУХТ, 2019. 253 с.
82. Шарга Б.М., Туряица А.И. Исследование антимикробного спектра действия бактериоцинов и бактериофагов некоторых штаммов *Klebsiella*. *Микробиологический журнал*. 1993. Т. 55, № 5. С. 59–68.
83. Баті В.В., Бойко Н.В. Мікробіологічний аналіз квашеної капусти при ферментації за традиційною та модернізованою технологіями. *Мікробіологія і*

біотехнологія. 2017. № 2 (38). С. 90–100. [https://doi.org/10.18524/2307-4663.2017.2\(38\).105108](https://doi.org/10.18524/2307-4663.2017.2(38).105108)

84. Ahmed S., Ashraf F., Tariq M., Zaidi A. Покращення ферментованих огірків шляхом інокуляції автохтонними пробіотичними та заквашувальними штамами *Lactiplantibacillus plantarum* і *Pediococcus pentosaceus*. *Annals of Microbiology*. 2021. Vol. 71. P. 33.

85. Moore J.F., DuVivier R., Johanningsmeier S.D. Утворення γ -аміномасляної кислоти (ГАМК) під час природної молочнокислої ферментації огірків. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2021. Vol. 96. P. 103711.

86. Moore J.F., DuVivier R., Johanningsmeier S.D. Зміни профілю вільних амінокислот огірка-корнішона під час молочнокислої ферментації. *Journal of Food Science*. 2022. Vol. 87. P. 599–611.

87. Kavutake D., Tiwari S., Shah I.A., Devi P.B., Delattre C., Reddy G.B., Shetty P.H. Антипатогенні властивості екзополісахаридів, що продукуються молочнокислими бактеріями, та їх застосування у харчуванні й охороні здоров'я. *Food Control*. 2023. Vol. 152. P. 109850.

88. Velasco S., Årsköld E., Paese M., Grage H., Irastorza A., Rådström P., van Niel E.W.J. Фактори навколишнього середовища, що впливають на ріст та утворення екзополісахаридів *Pediococcus parvulus* 2.6. *International Journal of Food Microbiology*. 2006. Vol. 111, № 3. P. 252–258.

89. Coulon J., Houlès A., Dimopoulou M., Maupeu J., Dols-Lafargue M. Здатність до слизоутворення штаму *Pediococcus parvulus* IOEB 8801 корелює з накопиченням β -глюкану навколо клітини. *International Journal of Food Microbiology*. 2012. Vol. 159, № 1. P. 25–29.

90. Jiang Y., Yang Z. Функціональне та генетичне різноманіття екзополісахаридів, що продукуються *Lactobacillus plantarum*, та запропоновані механізми їх дії. *Journal of Functional Foods*. 2018. Vol. 47. P. 229–240.

91. Zhou K., Zeng Y., Yang M., Chen S., He L., Ao X., Zou L., Liu S. Продукція, очищення та структурне дослідження екзополісахариду з *Lactobacillus plantarum* BC-25. *Carbohydrate Polymers*. 2016. Vol. 144. P. 205–214.

92. Jang W.J., Kim C.E., Jeon M.-H., Lee S.-J., Lee J.M., Lee E.-W., Hasan M.T. Характеристика *Pediococcus acidilactici* FS2, виділеного з традиційних корейських ферментованих морепродуктів, та його вплив на зниження рівня холестерину в крові мишей. *Journal of Functional Foods*. 2021. Vol. 87. P. 104847.
93. Abarquero D., Bodelón R., Flórez A.B., Fresno J.M., Renes E., Mayo B., Tornadijo M.E. Технологічна та безпечнісна оцінка відібраних молочнокислих бактерій для розробки заквашувальних культур для сиру: ферментативна та антимікробна активність, антибіотикорезистентність і продукція біогенних амінів. *LWT*. 2023. Vol. 180. P. 114709.
94. Fernandes C.G., Sawant S.C., Mule T.A., Khadye V.S., Lali A.M., Odaneth A.A. Посилення дії целюлаз завдяки синергізму з β -глюкозидазами для інтенсифікації гідролізу целюлози. *Process Biochemistry*. 2022. Vol. 120. P. 202–212.
95. Tasdemir S.S., Sanlier N. Погляд на протиракові ефекти ферментованих продуктів: огляд. *Journal of Functional Foods*. 2020. Vol. 75. P. 104281.
96. Закон України «Про охорону праці» : від 14.10.1992 № 2694-XII. Відомості Верховної Ради України. 1992. № 49. Ст. 668. (зі змінами станом на 2021 р.).
97. Закон України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» : від 23.12.1997 № 771/97-ВР. Відомості Верховної Ради України. 2014. № 41–42. Ст. 2024. (зі змінами).