

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

Факультет хімічних та біофармацевтичних технологій

Кафедра біотехнології, шкіри та хутра

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему

«Аналіз властивостей ферментованого *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*
яблучного соку»

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 162 Біотехнології та біоінженерія

Освітня програма Біотехнологія високомолекулярних сполук

Виконала: студентка групи МгБТ-22

Мотренко І.Ю.

Науковий керівник: к.б.н., доц. Шидловська О.А.

Рецензент: к.б.н., доц. Юнгін О.С.

Київ 2023

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

Факультет хімічних та біофармацевтичних технологій
Кафедра біотехнології, шкіри та хутра
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Спеціальність 162 Біотехнології та біоінженерія
Освітня програма Біотехнологія високомолекулярних сполук

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри БШХ

_____ Олена МОКРОУСОВА
« ___ » _____ 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
Мотренко Ірині Юріївні**

1. Тема кваліфікаційної роботи: Аналіз властивостей ферментованого *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* яблучного соку

Науковий керівник роботи Шидловська Ольга Андріївна, к.б.н., доц.
затверджені наказом КНУТД від «12» вересня 2023 року №210-уч.

2. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: завдання на кваліфікаційну роботу; наукова література щодо можливостей ферментації фруктових соків молочнокислими бактеріями, дослідження можливості ферментації яблучного соку *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, аналіз властивостей ферментованого *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* яблучного соку.

3. Зміст кваліфікаційної роботи: вступ, огляд літератури, матеріали і методи дослідження, результати дослідження, висновки, список використаних джерел, додатки.

4. Дата видачі завдання 12.09.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапу кваліфікаційної роботи	Орієнтовний терміни виконання	Примітка про виконання
1	Вступ		
2	Розділ 1 Огляд літератури		
3	Розділ 2 Матеріали і методи дослідження		
4	Розділ 3 Результати та обговорення дослідження		
5	Висновки		
6	Оформлення кваліфікаційної роботи (чистовий варіант)		
7	Подача кваліфікаційної роботи науковому керівнику для відгуку		
8	Подача кваліфікаційної роботи для рецензування (за 14 днів дозахисту)		
9	Перевірка кваліфікаційної роботи на наявність ознак плагіату та текстових співпадінь (за 10 днів до захисту)		
10	Подання кваліфікаційної роботи на підпис завідувачу кафедри (за 7 днів до захисту)		

З завданням ознайомлений:

Студентка _____ Ірина МОТРЕНКО

Науковий керівник роботи _____ Ольга ШИДЛОВСЬКА

АНОТАЦІЯ

Мотренко І. Ю. Аналіз властивостей ферментованого *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* яблучного соку. – Рукопис

Кваліфікаційна робота за спеціальністю 162 Біотехнології та біоінженерія.
– Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, 2023 рік.

Ферментовані продукти отримали визнання за їх корисні властивості, обумовлені пробіотичними мікроорганізмами, використовуваними для їх виробництва. Особливий інтерес представляє розробка нових функціональних соків з плодово-овочевої сировини як альтернативу традиційним напоям.

Дана кваліфікаційна робота присвячена ферментації яблучного соку з використанням *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*. Експериментально здійснено ферментацію яблучного соку, оцінено зміни в органолептичних та фізико-хімічних показниках напою в результаті метаболічної активності *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* в ході ферментації.

Результати показують, що ферментація за допомогою *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* може посилити аромат і смак яблучного соку, забезпечуючи позитивне сприйняття ферментованого продукту. Попереднє додавання глюкози призводить до підвищення концентрації калію та вітаміну С, при чому знизився показник загальної кислотності. Отримані результати вказують на можливість використання *L. delbrueckii* для ферментації яблучного соку та розробки функціональних продуктів

Ключові слова: яблучний сік, ферментація, Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus, лактобактерії, пробіотики, органолептичні властивості, функціональні продукти.

ABSTRACT

Motrenko I. Yu. The analysis of fermented with *Lactobacillus delbrueckii* ssp. bulgaricus apple juice properties. – Manuscript

Qualifying work in the specialty 162 Biotechnology and bioengineering. - Kyiv National University of Technology and Design, Kyiv, 2023.

Fermented foods have been recognized for their beneficial properties due to the probiotic microorganisms used for their production. Of particular interest is the development of new functional juices from fruit and vegetable raw materials as an alternative to traditional beverages.

This qualification work is devoted to the fermentation of apple juice using *Lactobacillus delbrueckii* ssp. bulgaricus. The fermentation of apple juice was experimentally carried out, changes in the organoleptic and physicochemical parameters of the drink as a result of the metabolic activity of *Lactobacillus delbrueckii* ssp. bulgaricus during fermentation were evaluated.

The results show that fermentation with *Lactobacillus delbrueckii* ssp. bulgaricus can enhance the aroma and flavor of apple juice, providing a positive perception of the fermented product. The preliminary addition of glucose leads to an increase in the concentration of potassium and vitamin C, while the total acidity decreased. The results obtained indicate the possibility of using *L. delbrueckii* for the fermentation of apple juice and the development of functional products.

Key words: apple juice, fermentation, Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus, lactobacilli, probiotics, organoleptic properties, functional foods.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	9
1.1 Загальна характеристика процесу ферментації та ферментованих продуктів.....	9
1.2 Шляхи здійснення первинної ферментації.....	11
1.3 Мікробіом ферментованих продуктів.....	16
1.4 Фруктові соки, ферментовані з використанням пробіотичних мікроорганізмів	18
1.5 Використання бактерій роду <i>Lactobacillus</i> у ферментації яблучного соку	20
1.6 Користі властивості ферментованого яблучного соку	24
1.7 Характеристика бактерії <i>Lactobacillus delbrueckii</i> ssp. <i>Bulgaricus</i>	27
1.7.1 Таксономічний статус <i>Lactobacillus delbrueckii</i> ssp. <i>bulgaricus</i>	27
1.7.2 Морфолого-культуральні властивості <i>Lactobacillus</i>	27
1.7.3 Фізіолого-біохімічні властивості <i>Lactobacillus</i>	29
Висновок до розділу 1	33
РОЗДІЛ 2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	35
2.1 Проведення основної ферментації	35
2.2 Методика дослідження органолептичних властивостей	36
2.3 Визначення концентрації магнію	36
2.4 Визначення концентрації глюкози.....	37
2.5 Визначення концентрації калію	37
2.6 Визначення концентрації вітаміну С	38
2.7 Визначення загальної кислотності.....	38
2.8 Статистичний аналіз результатів	39

	5
Висновок до розділу 2	40
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ	41
3.1 Дослідження органолептичних властивостей.....	41
3.2 Результати визначення вмісту глюкози у ферментованому соці.....	43
3.3 Результати визначення вмісту магнію у зразках ферментованого соку	44
3.4 Значення вмісту калію у ферментованому <i>L. delbrueckii</i> соку.....	46
3.5 Вміст вітаміну С у ферментованому соку.....	47
3.6 Результати визначення загальної кислотності ферментованого соку	49
Висновок до розділу 3	51
ВИСНОВКИ.....	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	53
ДОДАТКИ.....	62

ВСТУП

Актуальність. Значна частка хвороб органів травлення викликає гостру необхідність розробки та пошуку нових ефективних засобів для профілактики та лікування гастроентерологічних захворювань. Відомо, що використання фармакологічних препаратів в даному випадку не завжди є виправданим та ефективним, а в деяких ситуаціях несприятливо впливає на організм.

Найбільш природним способом зниження тяжкості перебігу та лікування захворювань шлунково-кишкового тракту є споживання продуктів або препаратів, збагачених пробіотиками, такими як біфідо- та лактобактерії. Застосування цих продуктів суттєво доповнює раціон дієтичних, легкозасвоюваних продуктів лікувального харчування та сприяє правильному формуванню мікрофлори кишечника.

У зв'язку з тим, що овочі та фрукти найбільше відповідають біологічним потребам організму, є актуальним створення на їх основі продуктів і напоїв, що мають високу лікувально-профілактичну дію на здоровий і хворий організм. Завдання створення такого роду спеціалізованих продуктів може бути вирішено шляхом розробки та застосування біотехнології, що включає комплекс фізико-технічних та мікробіологічних методів обробки харчової рослинної сировини з метою надання йому нових якостей або посилення наявних корисних властивостей. Перспективною і водночас малодослідженою є технологія ферментації яблучного соку з використанням для цього молочнокислих лактобактерій для покращення органолептичних та фізико-хімічних властивостей продукту.

Метою дослідження є ферментація яблучного соку за допомогою *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* та дослідження його органолептичних та фізико-хімічних властивостей.

Для досягнення мети дослідження були поставлені такі **завдання**:

- провести ферментацію яблучного соку за допомогою *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*;

- порівняти органолептичні властивості ферментованого та неферментованого соку в різних дослідах з попереднім додаванням глюкози та без нього;

- провести аналіз фізико-хімічних характеристик досліджуваних зразків соку, а саме визначити концентрацію калію, магнію, глюкози, вітаміну С та загальну кислотність;

- провести статистичний аналіз отриманих результатів та зробити висновки.

Методи досліджень. В роботі використовували загальноприйняті методи: біологічні та мікробіологічні для проведення підготовки молочно-кислої бактерії *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* та ферментації яблучного соку *L delbrueckii*; фізико-хімічні для визначення концентрації магнію, калію, глюкози, вітаміну С та загальної кислотності, аналітичні та статистичні для обробки отриманих даних та формування загальних висновків.

Об'єктом цього дослідження є процес ферментації яблучного соку з використанням *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*.

Предметом дослідження є органолептичні та фізико-хімічні характеристики ферментованого яблучного соку з використанням *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*.

Наукова новизна роботи полягає у використанні *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* для ферментації яблучного соку, отриманого з яблук сорту Голден для модифікації органолептичних властивостей кінцевого продукту та його фізико-хімічних властивостей.

Практичне значення. Практичне значення цього дослідження полягає в потенціалі запропонувати новий шлях до виробництва ферментованого яблучного соку з покращеними органолептичними властивостями з використанням *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*. Результати дослідження можуть стати підґрунтям для створення нових функціональних ферментованих продуктів на основі молочнокислих бактерій.

Апробація результатів досліджень. Результати досліджень, представлені у цій роботі, були апробовані під час участі у III міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Проблеми та досягнення сучасної біотехнології» (24 березня 2023 р., м. Харків). Тема доповіді: «Аналіз властивостей ферментованого *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *Bulgaricus* яблучного соку» (додатки А і Б).

Публікації. За період підготовки кваліфікаційної роботи було опубліковано дві наукові роботи:

- тези «Аналіз властивостей ферментованого *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* яблучного соку». III Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Проблеми та досягнення сучасної біотехнології» (Харків, 24 березня 2023 року). Харків, Національний фармацевтичний університет, кафедра біотехнології, 2023. С. 278-279 (додатки А і Б);

- стаття «Огляд небезпеки використання безлактозних продуктів» Proceedings of III International Scientific and Practical Conference “Modern research in science and education” (Chicago, USA, 9-11 November 2023). Chicago, USA, 2023. С. 69-76 (додатки В і Д).

Структура і обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 93 найменувань та чотирьох додатків. Загальний обсяг роботи 52 сторінки друкованого тексту.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Загальна характеристика процесу ферментації та ферментованих продуктів

Ферментовані продукти були компонентом раціону людини з давніх часів. Одне з ранніх свідчень застосування ферментації було виявлено в керамічних горщиках, знайдених у Китаї, датованих 7000 роком до н.е., які використовувалися для ферментації рису, меду та фруктів [1]. Однак цілком ймовірно, що ненавмисне виробництво і споживання ферментованих продуктів значно передують цьому, оскільки продукти повинні були піддаватися мимовільному бродінню під час зберігання [2].

Спочатку мікроорганізми, що були вперше виявлені в 1670-х роках Антоні ван Левенгуком, привертали увагу як агенти псування харчових продуктів та хвороб, та незабаром були виявлені корисні застосування, включаючи їх здатність виробляти антибіотики проти патогенних бактерій та позитивно впливати на здоров'я людини [3]. Однак, ймовірно, найважливіша функція, яку мікроби виконували протягом усієї історії людства, – це їхня участь у збереженні харчових продуктів за допомогою ферментації [3, 4].

Ферментація – це процес, при якому спирти, вуглекислий газ та/або органічні кислоти виробляються мікроорганізмами, головним чином із цукрів і в основному в анаеробних умовах, для виробництва енергії [5]. Накопичення спирту та органічних кислот і пов'язане з цим підвищення кислотності харчових субстратів пригнічує зростання кількості інших мікроорганізмів, знижує швидкість псування та призводить до отримання продуктів зі збільшеним терміном придатності.

Приблизно в 6500 до н.е. з'явилися перші процеси перетворення молока шляхом ферментації, основною перевагою яких був збільшений термін зберігання. У такий спосіб було знайдено новий механізм збереження їжі, додаючи продуктам нових переваг: концентрування вмісту жиру, білка та

мінералів у молоці, виробляючи енергетично насичений продукт; та видалення лактози, роблячи молоко доступним для людей, які мають її непереносимість [6].

Важко остаточно встановити кількість ферментованих продуктів у світі; більшість оцінок передбачає, що є понад 5000 різних видів [7]. Однак, якщо взяти до уваги місцеві та регіональні відмінності, ця цифра, ймовірно, значно зросте. Для характеристики або групування ферментованих харчових продуктів використовувалися різні підходи, найбільш поширені з яких засновані на неферментованому харчовому субстраті, внаслідок чого ферментовані продукти були згруповані на підгрупи: злаки, овочі, бобові, коренеплоди/клубнеплоди, молоко, м'ясо, риба, алкогольні напої тощо [8].

Хоча основна функція ферментації харчових продуктів пов'язана з підвищенням безпеки та збільшенням терміну їх зберігання, ферментовані продукти сьогодні стали асоціюватися з користю для здоров'я. Одним із перших прихильників цієї гіпотези був Ілля Мечников, який цікавився потенціалом їжі у сприянні продовженню життя. В есе Мечникова «Молочна кислота і гниття» він вважає, що довгий термін життя болгарських селян пов'язаний з вживанням кисломолочних продуктів харчування. У своїх експериментах він виявив, що культури молочнокислих бактерій (МКБ) у ферментованій їжі виробляють «тіла, що дезинфікують», корисні для людини-господаря [9].

Таким чином, ферментовані продукти були позитивно пов'язані зі здоров'ям людини — механізми, що постулюються як ті, за допомогою яких ці продукти можуть принести користь здоров'ю, включають один або кілька з наступних факторів:

- безпосередня поживна цінність ферментованих продуктів, включаючи біоактивні сполуки, що утворюються в результаті процесу ферментації;
- забезпечення поживними речовинами для стимулювання росту місцевих кишкових мікробів;
- здатність мікробів у ферментованих продуктах виживати при проходженні через шлунок і ставати компонентом кишкового мікробіома, або інгібувати/конкурувати з існуючими членами кишкового мікробіома.

Отже, дослідники запропонували включити ферментовані продукти до дієтичних рекомендацій. Чілтон і його колеги стверджують, що через давню роль у раціоні людини та усталених і нових поживних і терапевтичних переваг, молочнокислі бактерії заслуговують на розгляд для регулярного споживання і повинні бути включені в рекомендації щодо споживання харчових продуктів [5]. Крім того, пробіотичні бактерії, які визначаються як «живі мікроорганізми, які при вживанні в достатній кількості приносять користь для здоров'я господаря», можуть бути частиною ферментованого харчового мікробіома [10, 11].

Багато ферментованих продуктів містять бактерії з пробіотичним потенціалом, або додані в процесі виробництва, або сторонні бактерії, такі як незаквасочний молочнокислі бактерії (NSLAB), виявлені в сирі, які здатні рости в ферментованих продуктах [12].

«Функціональні продукти харчування» — це юридичний термін, введений у Японії, який був визначений у Європі в 1999 році як їжа, яка «задовільно продемонструвала сприятливий вплив на одну або кілька цільових функцій організму, крім адекватного впливу на харчування, таким чином, що це має відношення до поліпшення стану здоров'я та благополуччя та/або зниження ризику захворювання» [13, 14]. Потенціал ферментованих продуктів позитивно впливати на мікробіом кишечника передбачає, що необхідні подальші дослідження для встановлення, які ферментовані продукти можна визначити як функціональні продукти.

1.2 Шляхи здійснення первинної ферментації

Ферментація — це процес, при якому субстрати перетворюються на спирти, вуглекислий газ та/або органічні кислоти переважно анаеробно [5]. З боку мікроорганізмів, метою ферментації є виробництво енергії [15]. Мікроорганізми, що адаптовані до різноманітних умов, демонструють низку різних шляхів ферментації. Шляхи, найважливіші для отримання ферментованих продуктів, наведено у табл. 1.1.

Субстрат як молочнокислого, так етанольного бродіння складається з цукрів, наявних у харчовому матеріалі, наприклад (але не обмежуючись ними) лактози в молоці і глюкози в результаті розпаду крохмалю в рослинних продуктах; продукти обох шляхів, крім впливу на органолептичні характеристики ферментованого харчового продукту, відіграють вирішальну роль у продовженні терміну його зберігання, оскільки накопичена молочна кислота або етанол пригнічують небажане псування та/або ріст патогенних мікроорганізмів.

Таблиця 1.1

Основні шляхи ферментації

Тип ферментації	Субстрат	Кінцевий продукт	Мікроорганізми
1	2	3	4
Молочна кислота*	Цукор		
Гомолактична		Молочна кислота	<i>Lactococcus lactis</i> ; <i>Streptococcus thermophilus</i> ; <i>Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus</i> ; <i>Lactobacillus acidophilus</i> ; <i>Lactobacillus helveticus</i> <i>Pediococcus</i> ; <i>Enterococcus</i>
Гетеролактична		Молочна кислота, етанол, CO ₂	<i>Leuconostoc</i> ; <i>Fructilactobacillus sanfranciscensis</i> ; <i>Levilactobacillus brevis</i> ; <i>Limosilactobacillus fermentum</i> ; <i>Limosilactobacillus reuteri</i> ; <i>Lacticaseibacillus casei</i> ; <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> ; <i>Latilactobacillus curvatus</i>
Етанол	Цукор	Етанол, CO ₂	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> ; <i>Zymomonas mobilis</i>
Оцтова кислота	Етанол	Оцтова кислота	<i>Acetobacter</i> ; <i>Komagataeibacter</i>

1	2	3	4
Пропіонова кислота	Молочна кислота	Пропіонова кислота, оцтова кислота, CO ₂	<i>Propionibacterium freudenreichii</i> ; <i>Propionibacterium jensenii</i> ; <i>Propionibacterium thoenii</i> ; <i>Propionibacterium acidipropionici</i> ; <i>Propionibacterium cyclohexanicum</i>
Лимонна кислота	Лимонна кислота	Ацетат, форміат, етанол, ацетоїн, 2,3-бутандіол, діацетіл, лактат, CO ₂	<i>Lactococcus lactis subsp. lactis biovar diaceylactis</i> ; <i>Leuconostoc</i> **; <i>Enterococcus</i> **; <i>Lactobacillus</i> **; <i>Oenococcus oeni</i>
Малолактична	Яблучна кислота	Молочна кислота, CO ₂	<i>Oenococcus oeni</i> ; <i>Lactobacillaceae</i> ***; <i>Pediococcus</i> **

Примітки: * - певні молочно-кислі бактерії, які називаються факультативними гетероферментативними МКБ, можуть ферментувати або гомо-, або гетеролактичним шляхом ферментації залежно від умов навколишнього середовища або доступності субстрату; ** - деякі представники цього роду; *** - деякі члени цієї родини.

Пропіонове або оцтовокисле бродіння є вторинним бродінням, при цьому субстратом є продукт молочнокислого або етанольного бродіння відповідно. Це сприяє збільшенню терміну придатності та має вирішальне значення для впливу на органолептичні характеристики кінцевого продукту. Лимонна та яблучно-молочна (малолактична) ферментації використовують субстрати, що є у сировинному харчовому матеріалі, які перетворюються на продукти, що впливають на органолептичні характеристики ферментованих харчових продуктів. Важливо відзначити, що в процесі ферментації продуктів присутні мікроорганізми можуть вивільняти амінокислоти і зашифровані біоактивні пептиди з білків, перетворювати жири в більш здорові формати, такі як кон'югована лінолева кислота, і виробляти широкий спектр метаболітів, включаючи коротколанцюгові екзополісахариди та гамма-аміномасляну кислоту (ГАМК); вони впливають на органолептичні характеристики та оздоровчий потенціал кінцевого ферментованого продукту [16].

Шлях молочнокислого бродіння, можливо, є найважливішим шляхом бродіння з погляду ферментованих харчових продуктів. Це є основою всієї ферментації молочних продуктів, а також більшості процесів ферментації з використанням рослинних або тваринних вихідних матеріалів. Відповідальними бактеріями є молочнокислі бактерії, які групуються залежно від того, чи вони є гомо-, гетеро- або факультативними ферментерами [15]. У той час як гомоферментація виробляє лише два моля лактату на один моль глюкози, гетероферментація у поєднанні з лактатом виробляє також етанол та діоксид вуглецю [15]. Це пов'язане з тим, що гомоферментативні МКБ містять фермент альдолазу, а гетероферментативні МКБ використовують фосфокетолазу, що призводить до розбіжності катаболічних шляхів [17]. Факультативні молочнокислі бактерії можуть ферментувати гомо- або гетероферментативним шляхом залежно від умов, що оточують, та доступності субстрату. Гомоферментативні молочнокислі бактерії, найчастіше пов'язані з ферментованими харчовими продуктами, включають *Lactococcus lactis*, *Streptococcus thermophilus*, гомоферментативні *Lactobacillaceae*, включаючи *Lactobacillus delbrueckii subspecies bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus* та *Lactobacillus helveticus*, а також представників *Pediococcus* та *Enterococcus* [20]. Гетероферментативні МКБ включають *Leuconostoc* spp. і кілька лактобацил, у тому числі *Fructilactobacillus sanfranciscensis*, *Levilactobacillus brevis*, *Limosilactobacillus fermentum* та *Limosilactobacillus reuteri*. Факультативні МКБ, що найчастіше зустрічаються, включають *Lactiplantibacillus plantarum*, *Lacticaseibacillus casei* і *Latilactobacillus curvatus* [18].

Етанольна ферментація відповідає за виробництво алкогольних (спиртових) напоїв [19]. Найчастіше відповідальними за етанольну ферментацію є дріжджі *Saccharomyces cerevisiae*, хоча *Zygomonas mobilis* (грамнегативна бактерія) також використовується у цьому процесі [19, 20]. У той час як моль глюкози перетворюється на два моля як етанолу, так і діоксиду вуглецю, незалежно від того, чи використовуються дріжджі, чи *Zygomonas mobilis*, шляхи різняться [17]. У той час як обидва включають фермент піруватдекарбоксилазу і

проміжні продукти піруват і ацетальдегід та обидва призводять до тих самих метаболітів, етанольна ферментація дріжджами дає два моля АТФ на моль глюкози, в той час як *Zytoponas* генерує тільки один моль АТФ. Ця різниця пов'язана з тим, що дріжджі використовують гліколітичний шлях, а *Zytoponas* використовує його різновид, шлях Ентнера-Дудорова [15]. Варто зазначити, що у ферментованих продуктах етанол може бути отриманий, хоч і в низьких концентраціях, шляхом гетеролактичної ферментації [17].

Оцтова кислота є важливим компонентом оцту і утворюється в результаті бродіння алкогольних напоїв, таких як вино, сидр та пиво; кінцевий продукт різниться залежно від регіону, де він виробляється, і алкогольного напою [21]. При спиртовому бродінні глюкоза перетворюється на етанол, за яким слідує окислювальне бродіння з утворенням оцтової кислоти [22]. При гомооцтовому бродінні з кожного моля спожитого етанолу утворюється один моль ацетату. За цей процес відповідають оцтовокислі бактерії [17]. З точки зору комерційного виробництва оцту аеробні види *Acetobacter* і *Komagataeibacter* становлять особливий інтерес через їх високу стійкість як до субстрату (етанолу), так і до продукту (ацетату), присутнім у їхньому поживному середовищі [22].

Пропіоновокисле бродіння. Цей шлях бродіння заснований на здатності пропіоновокислих бактерій зброджувати лактат у пропіонову кислоту, при цьому спільне виробництво ацетату та CO_2 . Пропіонат може бути отриманий шляхом акрилату або метилмалоніл-КоА, хоча в обох випадках утворюється два молі пропіонату, один моль ацетату і один моль CO_2 на кожні три моли лактату, що катаболізується [17]. Пропіоновокислі бактерії застосовують останній шлях — через метилмалоніл-КоА.

Цитратна ферментація (ферментація лимонної кислоти) є важливим метаболічним шляхом для деяких ферментованих продуктів, зокрема у молочному секторі [23]. Ця ферментація може здійснюватися обмеженим набором гомо- та гетероферментативних молочнокислих бактерій, найбільш важливими з яких є *L. lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis* і деякі види *Leuconostoc* відповідно. Шлях ферментації і кінцеві продукти, що отримуються,

варіюються в залежності від залучених молочнокислих бактерій, а також від факторів навколишнього середовища, включаючи доступність ферментованих вуглеводів і рН. Потенційні кінцеві продукти включають ацетат, форміат, етанол, 2,3-бутандіол, діацетил, ацетоїн, діоксид вуглецю і лактат [24], з яких діацетил і ацетоїн, як відомо, мають горіхові та маслянисті ароматичні нотки. Таким чином, ферментація лимонної кислоти відіграє важливу роль у виробництві продуктів, де діацетил надає маслянистий аромат [24].

Малоклактичне бродіння. Молочнокислі бактерії відповідають за процес яблучно-молочного бродіння, яке використовується у виробництві вина; переважно це відбувається після спиртового бродіння на дріжджах [25]. Ця реакція перетворює L-яблучну кислоту на L-молочну кислоту і діоксид вуглецю і призводить до утворення інших смакових сполук, таких як діацетил [26] і сприяє мікробній стабільності [27]. Головною МКБ, що пов'язана з цим процесом, є *Oenococcus oeni*, хоча можна використовувати й інші види *Lactobacillaceae* та *Pediococcus* [28].

1.3 Мікробіом ферментованих продуктів

Основні мікроорганізми, які відповідають за шляхи ферментації та містяться в харчових продуктах, наведено в табл. 1.1. Традиційна ферментація базувалася на мікробіотах, які зустрічаються в природі у сировинному харчовому матеріалі, або були отримані шляхом перенесення мікробіому з раніше ферментованих продуктів. Проте в сучасних крупномасштабних комерційних системах виробництва широко використовуються добре охарактеризовані або окремі заквасочні культури з метою забезпечення у продуктів, що виробляються, відповідних високих споживчих стандартів, гарантії безпеки стосовно мікробів, що використовуються.

Однак навіть у сучасних промислових системах більшість інгредієнтів, які застосовуються для приготування ферментованих харчових продуктів, і технологічне обладнання, що використовується для їх виробництва, не стерилізується; таким чином, в доповненні до відомої мікробіоти більшість

ферментованих продуктів і напоїв містять місцевий мікробіом з різних мікроорганізмів. Традиційні мікробіологічні методи демонструють існування цих місцевих мікроорганізмів, а з розвитком і широким застосуванням доступних і надійних високопродуктивних технологій секвенування ДНК багато ферментованих продуктів пройшли метагенний скринінг, було виявлено наявність різноманітних та раніше невідомі популяції випадкових нестартерних мікроорганізмів [4,8]. Різноматіття мікроорганізмів включало бактерії, дріжджі та ниткоподібну плісняву.

У доповненні до бактерій, перерахованих у табл. 1.1, в різних ферментованих харчових продуктах були зареєстровані види *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Bifidobacterium*, *Brachybacterium*, *Brevibacterium*, *Enterobacter*, *Hafnia*, *Haloanaerobium*, *Halobacterium*, *Halococcus*, *Klebsiella*, *Kocuria*, *Micrococcus*, *Pseudomonas* і *Staphylococcus* [32]. Ідентифіковані роди дріжджів включали *Brettanomyces*, *Candida*, *Cryptococcus*, *Debaryomyces*, *Dekkera*, *Galactomyces*, *Geotrichum*, *Hansenula*, *Hanseniaspora*, *Hyphopichia*, *Issatchenkia*, *Kazachstania*, *Kluyveromyces*, *Metschnikowia*, *Pichia*, *Rhodotorula*, *Rhodospiridium*, *Saccharomyces*, *Saccharomycodes*, *Saccharomycopsis*, *Torulasporea*, *Torulopsis*, *Trichosporon*, *Yarrowia* і *Zygosaccharomyces*, а також ниткоподібну плісняву *Actinomucor*, *Amylomyces*, *Aspergillus*, *Monascus*, *Mucor*, *Neurospora*, *Parcilomyces*, *Penicillium*, *Rhizopus* і *Ustilago* [8].

Переважна кількість ферментованих продуктів використовуються в їжу без подальшої обробки або підготовки і таким чином містять мікробну популяцію до 10^8 КОЕ/г; вони потенційно можуть потрапити в шлунково-кишковий тракт людини, де можуть взаємодіяти або стати частиною кишкового мікробіома.

Шляхом оцінки мікробного різноманіття ферментованих продуктів можна отримати більш надійний вплив на їх потенційні можливості під час ферментації, що дозволить отримати більш повне представлення про кожен ферментований продукт і його потенційний вплив на здоров'я людини.

Якість і біологічна цінність ферментованих продуктів безпосередньо буде залежати і від стартових культур, що були використані. Культури повинні

забезпечувати відтворення технологічного процесу, стабільну якість готової продукції, крім того, культури повинні бути стійкими до бактеріофагів, мати високу здатність до виживання при зберіганні, забезпечувати ферментований продукт необхідними властивостями, а також дозволяти виявляти більше гнучкості на виробництві (використовувати різні штами з різними властивостями та можливість комбінувати їх залежно від якості сировини).

1.4 Фруктові соки, ферментовані з використанням пробіотичних мікроорганізмів

Ферментовані фруктові соки належать до немолочних пробіотичних продуктів і мають велике значення в усьому світі завдяки тенденції до вегетаріанства. В даний час фруктові соки можуть бути альтернативним середовищем для доставки пробіотиків поряд із функціональними молочними продуктами [33].

Споживання ферментованих фруктових соків, що містять пробіотичні мікроорганізми, є світовою тенденцією, що росте, оскільки технологічний прогрес дозволив змінити деякі структурні характеристики плодових та овочевих соків шляхом модифікування компонентів контрольованим чином, таким як зміна рН, збагачення поживних середовищ тощо. Це може робить їх ідеальними субстратами для пробіотичних культур, оскільки вони вже містять корисні поживні речовини, такі як мінерали, вітаміни, харчові волокна та антиоксиданти, водночас не містять алергенів молочних продуктів, які можуть перешкоджати споживанню деякими групами населення. Непереносимість лактози, вміст холестерину та алергенні молочні білки є основними недоліками, пов'язаними із споживанням молочних продуктів, що робить необхідним розробку нових немолочних пробіотичних продуктів.

Водночас використання пробіотичних культур у немолочних продуктах стикається з проблемою. Життєздатність пробіотика в субстраті залежить від таких факторів, як рН, температура зберігання, рівні кисню та присутність конкуруючих мікроорганізмів та інгібіторів. Важливо, щоб склад зберігав

активність пробіотика протягом тривалого часу. Такі чинники, як активність води, концентрація кисню і температура, стають дедалі важливішими під час роботи з цими видами продуктів. Додавання пробіотиків у плодіві матриці на основі злаків та зернових складніші, ніж у разі молока, тому що бактерії потребують захисту від кислотних умов у цих середовищах. Для вирішення цього питання були розроблені та успішно застосовані технології мікрокапсулювання з використанням різних матриць для захисту бактеріальних клітин від пошкодження.

Ферментовані фруктові напої вимагають м'якої пастеризації та інокуляції відібраними заквасками [34]. Пастеризація зменшує популяцію мікробів у соку, можливо, інактивує харчові патогени, а отже, сприяє імплантації закваски. Для отримання напою, який добре сприймається, сенсорні характеристики повинні бути ретельно досліджені, регулюючи суміш фруктів або овочів, щоб уникнути неприємного кислого або в'язучого смаку.

Здатність стартових штамів рости в соку є важливим параметром, який слід враховувати для успішної ферментації та досягнення очікуваного пробіотичного ефекту. Здатність бактерій до виживання протягом тривалого часу у ферментованому соку та передбачувані пробіотичні властивості заквасок у напоях вважаються перевагами [35]. Наприклад, 1000-кратне зменшення популяції спостерігалось після чотирьох тижнів зберігання у ферментованому томатному соку для *L. plantarum*, тоді як подібний ефект спостерігався для *L. acidophilus* у соку червоного буряка та *Lactobacillus delbrueckii* у соку капусти [36-38]. Деякі фактори, такі як низька температура і наявність цукрів, сприяють виживанню в кислому середовищі. Тому рекомендується виділяти автохтонні закваски з карпосфери фруктів чи овочів або зі спонтанних бродіннь, оскільки ці ізоляти демонструють специфічні фенотипові ознаки.

Застосування фруктів як субстратів для молочнокислого бродіння має перевагу включення ароматизаторів і поживних речовин, специфічних для кожного типу фруктів, що призводить до отримання продуктів з диференціальними сенсорними та фізико-хімічними характеристиками, які

оцінюють споживачі. Порівняння рецептур напоїв, виготовлених з різних ферментованих бразильських фруктів, з додаванням або без додавання сироватки, показує, що додавання молочних інгредієнтів небажано, і що споживачі віддають перевагу ферментованим фруктовим сокам без лактози [39].

1.5 Використання бактерій роду *Lactobacillus* у ферментації яблучного соку

Ферментації яблучного соку за допомогою молочнокислих бактерій роду *Lactobacillus* дозволяє змінити смак, запах та текстуру напою та виробити антимікробні речовини, що підвищує безпеку кінцевого продукту. Крім того, лактобактерії пов'язані з протеолітичною та ліполітичною активністю субстратів [40].

Еллендерсен з співавторами вивчали найкращі умови для отримання яблучного соку (сорт Gala), ферментованого *Lactobacillus casei*. За даними авторів, розроблений напій характеризувався типовим яблучним ароматом сировини, карамельним кольором і кислуватим яблучним смаком [41].

Димитровський з співавторами розробили пробіотичний напій, виготовлений з яблучного соку та молочнокислої бактерії *Lactobacillus plantarum* PCS 26 як агента бродіння. У цьому дослідженні вивчали вільні бактерії та бактерії, вбудовані в альгінат кальцію, і автори дійшли висновку, що яблучний сік є відповідною сировиною для приготування функціонального напою з гарним сенсорним сприйняттям і відповідним терміном зберігання [42].

Як і для інших харчових продуктів, кінцева якість пробіотичних ферментованих яблук залежить від сортів плодів, які можуть вплинути головним чином на смак і аромат кінцевого напою [43]. Ця відмінність пояснюється тим, що різні сорти яблук мають різні ароматичні та смакові характеристики через різний склад, а саме загальний вміст розчинних цукрів, органічних кислот і летких сполук [40].

Основні цукри яблучного соку (фруктоза, глюкоза та сахароза) можуть використовуватися *Lactobacillus spp.* під час ферментації для клітинного росту

та біоконверсії в молочну кислоту, сприяючи зменшенню всіх цукрів після процесу, зокрема фруктози. Однак метаболізм вуглеводів у яблучному соку з м'якоттю сумішшю *Lactobacillus spp.* змінюється залежно від сорту. У дослідженні Пенга з співавторами [43], які використовували дев'ять сортів яблук, найбільше загальне споживання цукру (фруктози, глюкози та сахарози) спостерігалось у сорті Golden Delicious, а фруктоза показала значне зниження цукру під час процесу бродіння. Крім того, було встановлено, що вміст загальних цукрів у яблучному соку Fuji може знизитися до 23% під час бродіння комерційними штамами лактобактерій [44].

Протягом усього процесу бродіння штами *Lactobacillus* виявляють різноманітну ароматоутворюючу активність для метаболізму різноманітних субстратів і виробництва різних ароматичних сполук і органічних кислот, які впливають на баланс смаку, кольору, смаку, хімічну стабільність, якість зберігання та прийнятність кінцевих продуктів. Отже, штами *Lactobacillus* можуть справляти виразний вплив на смакові сполуки, що утворюються під час бродіння яблучного соку. Використання *L. casei* у ферментації яблучного соку Gala сприяло зниженню вмісту яблучної кислоти на 87 %, а вміст молочної кислоти збільшувався на 31 % [44]. Ферментація яблучного соку з чотирма штамами *Lactobacillus* (*Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus casei* і *Lactobacillus plantarum*) призвела до більшої концентрації загальної кислоти з відповідним зниженням рН, але спільною рисою є утворення молочної кислоти при за рахунок зниження яблучної кислоти було найбільш очевидно в яблучному соку, що містить *L. acidophilus* [45]. Різке збільшення молочної кислоти під час бродіння яблучного соку та паралельне зниження яблучної кислоти підкреслюють, що яблучно-молочне бродіння відбувається під час бродіння яблучного соку з використанням *Lactobacillus spp.* [44]. Молочна кислота, оцтова кислота та винна кислота були домінуючими кислотами, ідентифікованими у ферментованому яблучному соку з м'якоттю дев'яти сортів із сумішшю *Lactobacillus spp.* Винна кислота виявлена у вихідному соку, тоді як молочна кислота та оцтова кислота утворилися під час бродіння. Крім того, вміст

пірвіноградної кислоти знижувався протягом усього терміну зберігання ферментованого яблучного соку [45]. Вищий вміст молочної кислоти за рахунок нижчих значень оцтової кислоти посилює смак ферментованого яблучного соку з м'якоттю [46]. Зміни, які спостерігаються під час бродіння для інших кислот у ферментованому яблучному соку з м'якоттю, таких як вміст бурштинової, хінної, щавлевої та винної кислот, залежать від сорту яблук [47].

Ферментація *Lactobacillus* може суттєво вплинути на профіль вмісту летючих речовин у фруктових продуктів і, як наслідок, впливають на їх аромат. У ферментованому прозорому яблучному соку та яблучному соку з м'якоттю було ідентифіковано близько 50 летючих сполук, включаючи складні ефіри, спирти, альдегіди, кетони та кислоти [43, 44, 45]. Будь-які відмінності в ароматичних сполуках ферментованого яблучного соку можна пояснити сортом яблук і різними метаболічними моделями *Lactobacillus spp.* у процесі бродіння, що призводить до різних концентрацій органічних і летких сполук, які призводять до відмінностей у загальному профілі смаку ферментований сік.

Естери були одним із основних ароматичних компонентів ферментовану яблучному соку та яблучному соку з м'якоттю, які містять ключові компоненти фруктового та солодкого запаху, такі як гексилацетат, етилбутират, етилгексаноат, бутилацетат та етил-2-метилбутират [43, 44].

Спирти є ще однією великою групою летючих речовин, виявлених у ферментованому яблучному соку, із загальною концентрацією щонайменше в десять разів більшою, ніж у яблучному соку [45]. Найбільш переважаючими спиртами у ферментованому яблучному соку є 1-бутанол і 1-гексанол, які сприяють відчуттю солодкості; 2-метил-1-бутанол, який пов'язаний з ароматом цибулі, солоду і вина; і 2-етилгексанол, який має квіткові та фруктові властивості. Однак високі пороги виявлення запаху цих спиртів призвели до меншого внеску в аромат, за винятком (E)-2-гексен-1-олу, який має значення активності запаху вище за одиницю. Нові спирти, включаючи 2-метил-1-пропанол, ізобутенілкарбінол, транс-2-гексен-1-ол, бензиловий спирт, 1-октанол, β -цитронелол і гераніол, можуть з'явитися після ферментації

Lactobacillus spp. і збагатити фонові смаки ферментованого яблучного соку [43, 44, 45].

Переважаючими альдегідами, виявленими у ферментованому яблучному соку, є гексаналь і (E)-2-гексенал. Інші альдегіди, а саме октанал, деканал, 2-нонанал і (Z)-2-гептеналь, присутні в низьких кількостях у ферментованому САЈ, але сприяють аромату через їх дуже низькі нюхові пороги [43, 44].

Кислоти є важливою групою летючих сполук, які сприяють складності та фруктово-ароматичній рівновазі ферментованого яблучного соку. Оцтова кислота є домінуючою та характерною смаковою сполукою у ферментованому *Lactobacillus*, і може допомогти створити гострий, гострий та оцтовий запах, що надає характерний смак [43].

Кетони, що характеризуються інтенсивним смаком, присутні в низьких концентраціях, але можуть синергетично сприяти формуванню аромату ферментованого яблучного соку. Основними ідентифікованими летючими кетонами були 6-метил-5-гептен-2-он і β -дамасценон (зазвичай присутній в яблучному соку), а також 2-ундеканон, 2-гептанон і 2-нонанон, 4-гептанон, 4-циклопентен-1,3-діон, який утворюється лише після ферментації шляхом мікробного окислення жирних кислот або шляхом декарбоксілювання [43, 45].

Інші сполуки, такі як D-лімонен і евгенол, можуть відігравати важливу роль в унікальному профілі аромату ферментованого яблучного соку з м'якоттю. D-лімонен дає цитрусовий, апельсиновий, лимонний і солодкий аромат, тоді як евгенол забезпечує пряний запах [40].

Більшість летючих сполук, пов'язаних із типовим ароматом яблучного соку, зберігаються або збагачуються після бродіння та зберігання, але деякі нові сполуки, такі як спирти, складні ефіри, альдегіди та кетони, утворюються в результаті бродіння *Lactobacillus*, що свідчить про покращення складності аромату в ферментованому соку [44, 45]. Таблиця 1.2 підсумовує переважні сполуки, присутні в яблучному соку ферментованому за допомогою *Lactobacillus spp.*

**Вміст хімічних сполук у яблучному соку, ферментованому за допомогою
Lactobacillus spp. [44]**

Класи сполук	Компоненти яблучному соку
Естери	гексилацетат, етилбутират, етилгексаноат, бутилацетат, етил 2-метилбутират, гексилбутират, етилацетат, метилізовалерат, ізоамілізовалерат, метилсаліцилат
Спирти	1-бутанол, 1-гексанол, 2-метил-1-бутанол, 2-етилгексанол, (Е)-2-гексен-1-ол, 2-метил-1-пропанол, ізобутенілкарбінол, транс-2-гексен-1-ол, бензиловий спирт, 1-октанол, β-цитронелол, гераніол, 2-метил-1-пентанол, 3-гексен-1-ол (Z) і 2-гексен-1-ол (Е)
Альдегіди	гексаналь, (Е)-2-гексенал, октанал, деканаль, 2-нонаналь, (Z)-2-гексенал, ацетальдегід
Кислоти	оцтова кислота, бутанова кислота, молочна кислота, ізовалеріанова кислота, винна кислота
Кетони	6-метил-5-гептен-2-он, β-дамасценон, 2-ундеканон, 2-гептанон, 2-нонанон, 4-гептанон, 4-циклопентен-1,3-діон
Інші сполуки	D-лімонен, евгенол, ліналоол

Всі перераховані сполуки мають надзвичайний вплив на формування органолептичних властивостей смаку та аромату. І в залежності від формування при ферментації тих, чи інших сполук, можна прогнозувати розвиток певного сенсорного відчутті. Більше того, за допомогою самого процесу ферментації можливо здійснювати регуляцію процесу формування органолептичних властивостей.

1.6 Користі властивості ферментованого яблучного соку

Яблучному соку, ферментованому з використанням *Lactobacillus spp.*, притаманні властивості пробіотичних продуктів. Так як у подібних ферментованих соках зазвичай використовуються необроблені інгредієнти, вони містять мало або взагалі не містять консервантів, барвників або ароматизаторів і виробляються з використанням рекомендованих, стійких і в багатьох випадках традиційних технологій. Ферментовані напої вважаються безпечнішими, ніж їхні неферментовані аналоги, при цьому підвищена безпека харчових продуктів значною мірою завдяки присутності молочнокислих бактерій роду *Lactobacillus* [40].

Ферментований яблучний сік багатий поліфенольними сполуками, які, як доведено, є корисними для профілактики неінфекційних захворювань. Профіль і вміст поліфенолів у яблучному соку з м'якоттю змінюється під час процесу бродіння та в залежності від деяких змінних, таких як сорт яблук, умови бродіння або штами мікроорганізмів. За допомогою ферментативної реакції довгі поліфенольні молекули перетворюються на менші сполуки з більшою біологічною активністю. Ці речовини описані як здатні запобігати серцево-судинним захворюванням і діабету 2 типу за допомогою різних механізмів [40].

В одному дослідженні [48] проводилась ферментація яблучного соку із чотирьох різних сортів за допомогою бактерій *Lactobacillus acidophilus* і досліджувались зміни у функціональності, пов'язані з можливим дієтичним лікуванням ранніх стадій гіперглікемії, пов'язаної з діабетом 2 типу. Ферментація підвищила здатність соку пригнічувати глюкозу в кишечнику та пов'язаний фермент поглинання розчинного цукру *α-глюкозидазу*, а також ангіотензин-перетворюючий фермент (АПФ), пов'язаний з гіпертензією. Крім того, через 48 і 72 години ферментації яблучний сік був здатний інгібувати *H.pylori* — бактерії, пов'язаної із захворюваннями шлунком, при цьому ферментований яблучний сік не впливає на корисні молочнокислі бактерії з пробіотичним потенціалом.

Лактобактерії, використовувані для ферментації яблучного соку, є компонентом кишкової флори людини та відіграють корисну роль у шлунково-кишковому тракті. Їх можна розглядати як пробіотики, тобто живі мікробні харчові добавки, які позитивно впливають на організм господаря, покращуючи мікробний баланс кишечника [14]. Бактерії роду *Lactobacillus* здатні конкурувати з патогенами за місця адгезії, антагонізувати патогени або модулювати імунну відповідь господаря, що покращить процеси травлення, заспокоїть кишкові розлади, зміцнить імунну систему, оптимізує екологію кишечника та, нарешті, сприятиме загальному здоров'ю [14].

Згідно з літературними даними та пропозиціями Управління з контролю за харчовими продуктами та ліками (FDA) Всесвітньої організації охорони

здоров'я (ВООЗ), для досягнення користі для здоров'я пробіотичних напоїв штами повинні мати здатність виживати в несприятливих умовах при концентрації принаймні 6-7 log КУО/мл, а також підтримувати активність у кінцевому продукті наприкінці терміну придатності [49, 50].

Популяція лактобактерій у нещодавно вироблених ферментованих фруктових або овочевих соках може перевищувати межу 6-7 log КУО/мл, необхідну для пробіотичних продуктів, наприкінці бродіння та навіть після періоду зберігання фруктових та овочевих напоїв.

Критерії лактобактерій, які можна використовувати як пробіотики, включають здатність протистояти потраплянню в продукти високої кількості клітин і залишатися життєздатними протягом усього терміну придатності продукту; бути непатогенним і нетоксичним; витримувати транзит через шлунково-кишковий тракт; прилипати до оболонки кишкового епітелію та колонізувати просвіт тракту; виробляти антимікробні речовини щодо патогенів; стабілізувати мікрофлору кишечника та бути пов'язаним з користю для здоров'я [51].

Наукові дослідження підтвердили важливу роль пробіотиків як частини здорового раціону людини. Деякі з корисних ефектів споживання лактобактерій включають покращення стану кишкового тракту; підвищення імунної системи; синтез і підвищення біодоступності поживних речовин; зниження ризику деяких видів раку та серцево-судинних захворювань [51]. Тому використання лактобактерій є цікавим для розробки функціонального харчування.

Сьогодні відсутня достатня кількість клінічних випробувань біологічних властивостей ферментованого яблучного соку, тому необхідні додаткові дослідження для підтвердження його потенційної переваги над споживанням неферментованого продукту.

Проте можна стверджувати, що ферментовані продукти за рахунок вмісту пробіотичних бактерій, таких як *Lactobacillus*, можуть впливати на мікробіом кишечника як у короткостроковій, так і в довгостроковій перспективі, і їх слід вважати важливим елементом раціону людини. Науковий інтерес до таких

напоїв, як ферментовані фруктові соки, зростає, оскільки їх вважають новими адаптованими носіями пробіотичних бактерій, вони користуються попитом серед споживачів і відносяться до продуктів з новим специфічним смаком [33].

У зв'язку з вищенаведеними даними, можна вважати обґрунтованим розробку технології ферментації яблучного соку за допомогою лактобактерій, а також дослідження його складу та біологічної дії як потенційного функціонального пробіотичного напою для вживання у дієтичному харчуванні.

1.7 Характеристика бактерії *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *Bulgaricus*

1.7.1 Таксономічний статус *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*

Lactobacillus delbrueckii ssp. *bulgaricus* (болгарська паличка) — підвид *Lactobacillus delbrueckii* типус; рід — *Lactobacillus*; родина — *Lactobacillaceae*; ряд — *Lactobacillales*; клас — *Bacilli*; відділ — *Firmicutes*; царство — *Bacteria*.

Номенклатура й таксономії бактерій роду *Lactobacillus* до теперішнього часу остаточно не вирішена і переглядається. Рід об'єднує більше 100 видів і є найбільшою групою в порядку *Lactobacillales* [52].

1.7.2 Морфолого-культуральні властивості *Lactobacillus*

Lactobacillus delbrueckii була відкрита Лейхманом в 1896 році й названа вченим на честь відомого мікробіолога М. Дельбрюка *Bacillus derbricki*.

Молочнокислі бактерії позитивно забарвлені по Граму, характерна наявність включень: зерен волютина (метахроматину, поліфосфатних гранул). Це нерухомі факультативні анаероби, що не утворюють спор. Палички великі, довжиною 7-8 мкм, товщиною 0,5-0,8 мкм, що утворюють, як правило, короткі ланцюжки з 2-4 клітин (рис. 1.1).

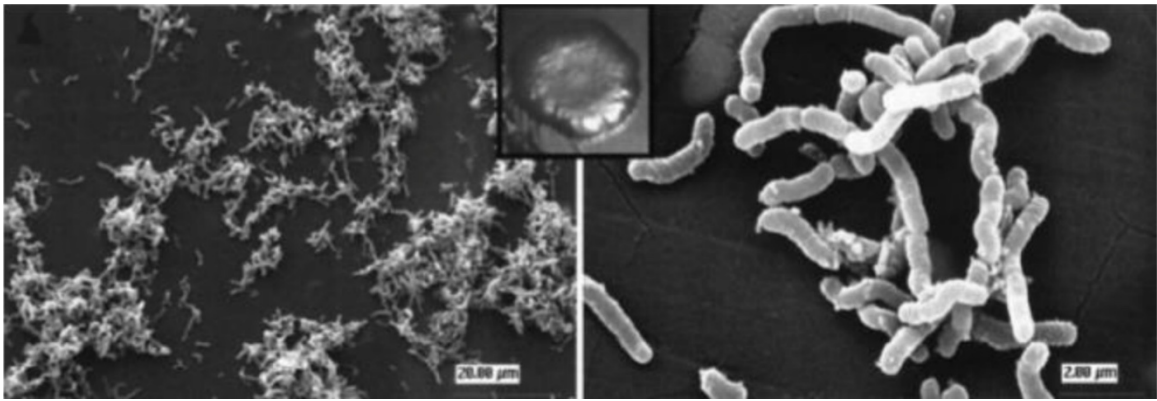


Рис. 1.1. Скануюча електронна мікроскопія (зліва) і світлова мікроскопія (справа) клітин *L. delbrueckii subsp. Bulgaricus*

Lactobacillus delbrueckii утворюють екзополісахариди (extracellular polysaccharides, EPS) двох видів. Склад: найчастіше декстран, глюкан, леван. Можуть містити регулярно повторювані одиниці.

Особливості біосинтезу: синтез індукується додаванням сахарози в середовище. Синтезуються в невеликих кількостях (0,1-1,5 г/л) з нуклеотид-активуючих попередників.

Іноді EPS лактобацил представлені капсулою. Так, капсула діаметром 1.5-3 мкм виявлена у бактерій *L. delbrueckii subsp. bulgaricus*, виділених з йогурту. Завдяки здатності утворювати EPS *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* застосовуються у виробництві йогурту, вони забезпечують необхідну текстуру цього харчового продукту [53].

L. delbrueckii subsp. bulgaricus на щільних поживних середовищах формують кулі колонії, гладкі, непрозорі, іноді блискучі, опуклі, з хвилястими контурами. Зазвичай колонії дрібні, 4 мм в діаметрі. Колонії як правило білі або злегка кремового кольору. *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* здатні утворювати позаклітинні нуклеази при вирощуванні на агарі, що містить ДНК або РНК. При глибинному посіві на тверде живильне середовище утворюються щільні колонії у вигляді правильних лінз (сочевицеподібні), трикутної і неправильної форми. Якщо в середовище додати крейду, то навколо колоній внаслідок накопичення молочної кислоти утворюється зона розчинення крейди (рис. 1.2).

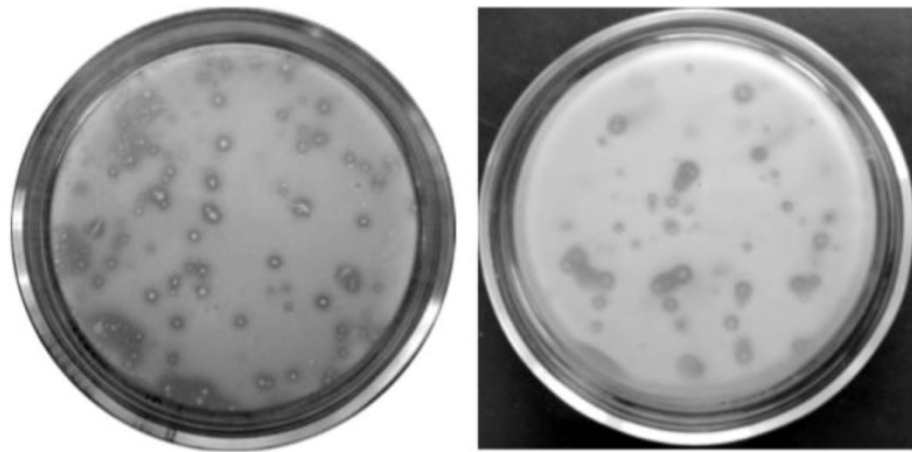


Рис. 1.2. Колонії *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* на калусному агарі

Хороший розвиток бактерій спостерігається в напіврідкому поживному середовищі, що містить 0.15-0.75% агару, а невеликі концентрації агару забезпечують низький окислювально-відновний потенціал середовища і створюють сприятливі мікроаерофільні умови.

При зростанні на рідких поживних середовищах лактобацили найчастіше викликають рівномірне помутніння, незабаром після припинення росту осідаючи у вигляді рівного гомогенного шару.

1.7.3 Фізіолого-біохімічні властивості *Lactobacillus*

Особливістю конструктивного метаболізму *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* є слаборозвинені біосинтетичні здібності, як наслідок, сильна залежність росту від наявності готових органічних речовин (амінокислот, вітамінів групи В, компонентів нуклеїнових кислот). Це свідчить про примітивність їх конструктивного метаболізму і про появу даних бактерій на ранніх стадіях розвитку життя на Землі.

Культивування *L. delbrueckii* на синтетичних середовищах не вдається; це - типова сушлова культура.

L. delbrueckii – хемоорганогетеротроф. Дуже вимоглива до джерел живлення, потребує багатого складного середовища. З вуглеводів вона переважно зброджує гексози (глюкозу, фруктозу, манозу, галактозу) і

дисахариди (лактозу, мальтозу, сахарозу). Лактоза – дисахарид, тому перш ніж вступити на шлях катаболізму, вона повинна бути розщеплена ферментом галактозидазою до глюкози і галактози. Галактоза потім фосфорилується з утворенням глюкозо-6-фосфату.

Схема катаболічних шляхів *L. delbrueckii*, відповідно до даних KEGG PATHWAY database, представлена на рис. 1.3 [54].

L. delbrueckii вимогливі до азотного живлення. Набір необхідних амінокислот ретельно не вивчений, але, як і більшості молочнокислих бактерій, їм необхідний аргінін, цистеїн, глютамінова кислота, лейцин, фенілаланін, триптофан, тирозин і лізин, а, можливо, й деякі інші. З вітамінів необхідні рибофавін, нікотинова або фолієва кислота; тіамін пригнічує утворення молочної кислоти. Потреба у вітамінах залежить від температури культивування, рН. Для молочнокислих бактерій потрібні натрій, калій, фосфор, мідь, залізо, сірка, магній і особливо марганець. Цинк прискорює ріст бактерій, але пригнічує утворення молочної кислоти.

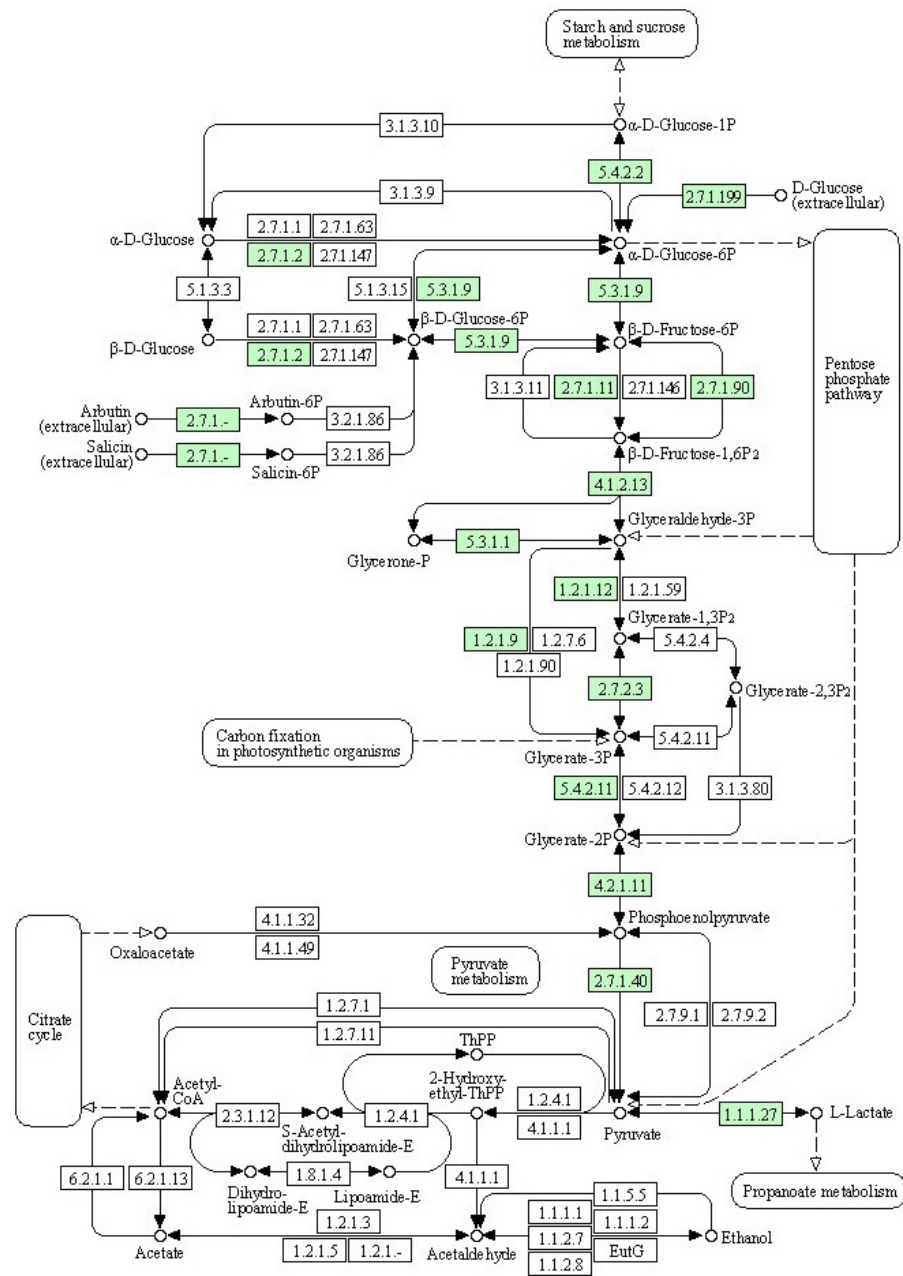


Рис. 1.3. Схема катаболічних шляхів *L. delbrueckii* [54]

Оптимальне для росту бактерій рН знаходиться близько 5,5, може змінюватися від складу середовища, її його концентрації, температури зброджування і штаму молочнокислих бактерій. При рН 4,5 розвиток бактерій затримується, при рН 3,0 — припиняється. Молочнокислі бактерії краще розвиваються при рН 5,8-6,0, але з'являється ймовірність зараження сторонніми бактеріями. При рН 7 і вище живильне середовище втрачає захисні властивості та інфікується.

Молочнокислі бактерії не мають гемінової системи, водень переноситься не на молекулярний кисень, як у аеробів, а на органічні сполуки, що утворюються в процесі бродіння (пировиноградную кислоту, а, можливо, на 4-фосфогліцерінову кислоту).

L. delbruckii дуже чутливі до кислотності середовища, тому при накопиченні молочної кислоти її нейтралізують крейдою. Кислотність підтримують на рівні 0,3-0,4%. Лактат кальцію, що утворюється при нейтралізації кислоти, повинен знаходитися в розчиненому стані, розчинність його зростає з підвищенням температури середовища і при 50 ° C становить 15-16% [55]. Отже, температура не тільки створює селективні умови для розвитку молочнокислих бактерій, але і сприяє більшому накопиченню лактату [56].

Таким чином, *L. delbruckii* відноситься до роду *Lactobacillus* грампозитивних анаеробних неспоротворних молочнокислих бактерій.

Висновок до розділу 1

Ферментовані продукти асоційовані з потенційною користю для здоров'я, що можна пояснити їх прямою поживною цінністю і здатністю регулювати кишковий мікробіом, стимулюючи ріст корисних мікроорганізмів. Це є переконливим аргументом для включення ферментованих продуктів до дієтичних рекомендацій. Пробиотичні бактерії, визначені як живі мікроорганізми, які при споживанні в достатній кількості приносять користь здоров'ю, часто зустрічаються у ферментованих продуктах. Ці бактерії можуть бути природними або доданими в процесі виробництва, сприяючи функціональним властивостям цих харчових продуктів.

Процес бродіння відіграє центральну роль у виробництві багатьох ферментованих харчових продуктів, впливаючи як на їхні органолептичні характеристики, так і на потенційну користь для здоров'я. Вибір заквасок має вирішальне значення для забезпечення якості та безпеки ферментованих харчових продуктів. Стартові культури бактерій мають ретельно обиратися, щоб відповідати конкретним вимогам виробництва та споживчим стандартам.

Ферментовані фруктові соки є немолочною альтернативою пробиотичних продуктів. Представляє практичний інтерес, ферментація яблучного соку бактеріями *Lactobacillus*, у результаті якої утворюється напій із специфічними органолептичними властивостями, який має значний потенціал у дієтичному харчуванні за рахунок вміст у ньому широкого спектру сполук, які належать до різних хімічних класів. В той же час, важливо підкреслити, що потрібні подальші дослідження, щоб розробити технологічні аспекти ферментації бактерій *Lactobacillus* яблучного соку, встановити хімічний склад готового продукту та підтвердити його потенційну користь для здоров'я.

У даному розділі розглядається *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, як важливий біотехнологічний продуцент, зокрема досліджуються різні аспекти таксономічних, морфолого-культуральних, фізіологічних і біохімічних характеристик цієї бактерії.

Lactobacillus delbrueckii ssp. *bulgaricus* належить до роду молочнокислих бактерій *Lactobacillus*, однією з найбільших груп порядку *Lactobacillus*. Ця куляста бактерія є грампозитивним факультативним неспороутворюючим анаеробом. На поживних середовищах *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* утворює невеликі кулясті колонії білого або кремового кольору. Добре розвивається на напіврідкому агаризованому середовищі, переважно ферментуючи гексози та дисахариди, причому лактоза є ключовим субстратом. Під час культивування важливо підтримувати оптимальний рН, температуру та концентрації багатьох компонентів у поживному середовищі, оскільки це має вплив на метаболічну активність та накопичення лактату.

Враховуючи, що *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* відіграють значну роль у різних промислових і харчових процесах, то розуміння морфології, біохімічний та фізіологічних особливостей цих бактерій має вирішальне значення для їх ефективного використання в біотехнології і, зокрема, у виробництві ферментованих продуктів.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

В роботі буде використаний яблучний сік із яблук сорту Голден, культура *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *Bulgaricus*, тест-системи ТОВ НВП «ФілісітДіагностика» для визначення глюкози, калію та магнію, йодометричний реагент для визначення вітаміну С, гідроксид натрію і фенолфталеїн для визначення загальної кислотності. Дослідження, як планується виконати в роботі: провести ферментацію яблучного соку *L. delbrueckii*, визначити концентрацію глюкози, калію, магнію, вітаміну С, загальну кислотність. Всі методи, які використовуються в роботі, перераховані та описані нижче. До них відносяться методи дослідження органолептичних властивостей, методи визначення глюкози, калію, магнію, вітаміну С, загальної кислотності, статистичні методи.

2.1 Проведення основної ферментації

Основна ферментація проводилася в середовищі на основі фруктового соку, який складався з свіжовичавленого яблучного соку сорту Голден. Фруктовий сік перед початком ферментації пастеризували за схемою подвійного нагрівання до 90°C та різкого охолодження до 20°C. Бродіння проводилося в колбах об'ємом соку по 250 мл, і в один із зразків додали глюкозу в кінцевій концентрації 2%.

У дослідженні використовували штам *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *Bulgaricus*, виділений з комерційної йогуртової закваски Vivo (Україна). Попередньо культуру *L. delbrueckii* вирощували в статичних анаеробних умовах на рідкому середовищі MRS протягом 48 год при 37°C. При досягненні 2 ОГ стерильно додавали культуру до яблучного соку в пропорції 1:50 та ферментували 48 годин за температури 37°C. В трьох повторностях за допомогою спектрофотометра та титрометричних методів було зафіксовано показники магнію, глюкози, вітаміну С, калію, загальної кислотності та

концентрації яблучної кислоти до та після ферментації в двох експериментах: без додавання глюкози та з додаванням глюкози.

2.2 Методика дослідження органолептичних властивостей

Органолептичні властивості страв та напоїв відіграють важливу роль в їх споживанні, оскільки вони визначають смак, аромат, текстуру та зовнішній вигляд продуктів. Дослідження органолептичних властивостей важливо для розробки і вдосконалення продуктів харчування. Сенсорна оцінка вимірює реакцію на подразники, що виникають під час споживання їжі або харчового продукту.

В роботі використали кількісний описовий аналіз [57]. Даний аналіз передбачає послідовну опитування щодо сенсорних відчуттів для продукту, використовуючи нетехнічну мову. Так, була складена карта необхідних органолептичних характеристик для оцінки, такі як аромат яблука, солоність, солодкість, насиченість, терпкість та кислість. Для оцінки органолептичних властивостей використовували 5 експертів.

2.3 Визначення концентрації магнію

Концентрацію магнію визначали спектрофотометричним аналізом з використанням ксилідилового синього [58]. Метод заснований на реакції магнію в зразку з ксилідиловим синім у лужному середовищі, формуючи забарвлений комплекс. Вимірювання концентрації магнію проводили за допомогою стандартних лабораторних тест-наборів (ТОВ НВП «ФілісітДіагностика», Україна). Після бродіння протягом 48 годин при температурі 37°C, відбирали зразки для аналізу.

До 1 мл ксилідилового реагенту додавали 0,01 мл зразку. Паралельно ставили дослід з холостою та калібрувальною пробєю. Після 5 хв інкубації в трьох повторностях за допомогою спектрофотометра при довжині хвилі 520 нм проводили вимірювання.

2.4 Визначення концентрації глюкози

Концентрацію глюкози визначали глюкозооксидазним методом [59]. Глюкоза в присутності глюкозооксидази окислюється киснем повітря до глюконової кислоти та перекису водню, який у присутності пероксидази реагує з фенолом та 4-амінофеназоном з утворенням хіноніміна червоно-фіолетового забарвлення, який визначається фотометрично.

Вимірювання концентрації глюкози проводили за допомогою стандартних лабораторних тест-наборів (ТОВ НВП «ФілісітДіагностика», Україна). Після бродіння протягом 48 годин при температурі 37°C, відбирали зразки для вимірювання. До 0,01 мл досліджуваного зразку додавали 1 мл монореагенту. Витримували 25 хв при кімнатній температурі (20°C). Після інкубації в трьох повторностях за допомогою спектрофотометра при довжині хвилі 550 нм проводили вимірювання.

2.5 Визначення концентрації калію

Концентрацію калію визначали турбідиметричним методом [60]. Вимірювання концентрації калію проводили за допомогою стандартних лабораторних тест-наборів (ТОВ НВП «ФілісітДіагностика», Україна). При взаємодії іонів калію з іонами тетрафенілборату у лужному середовищі утворюється стабільна суспензія. Каламутність суспензії, виміряна при довжині хвилі 578 нм, пропорційна концентрації іонів калію у дослідному зразку.

Після бродіння протягом 48 годин при температурі 37°C, відбирали зразки для вимірювання. Всі дослідження проводили в трьох повторностях. До 1 мл осаджуючого агента додавали 0,025 мл досліджуваного розчину. Паралельно ставили дослід з холостою та калібрувальною пробою. Досліджуваний розчин (каліювальний розчин і дистильовану воду для холостої проби) ввозили в осаджуючий агент без перемішування. Після 2 хв інкубації при температурі 20°C проводили інтенсивне перемішування. Далі продовжували інкубацію протягом 10 хв при 20°C. Перед вимірюванням ретельно перемішали. Вимірювання проводили на спектрофотометрі при довжині хвилі 578 нм.

2.6 Визначення концентрації вітаміну С

Кількісне визначення вітаміну С проводили методом йодометричного титрування [61]. Аскорбінова кислота є сильним відновлювачем і може бути виявлена йодометрично при рН 7. При титруванні йодом аскорбінова кислота окиснюється, утворюючи дегідроаскорбінову кислоту.

Після бродіння протягом 48 годин при температурі 37°C, відбирали по 1 мл досліджуваних зразків. До 1 мл зразка додавали по 5 мл НСІ. Ретельно перемішували. Фільтрували через паперовий фільтр у чисту пробірку. Масу на фільтрі промивали кількома краплями води. В фільтрат додавали 500 мкл 0,5%-го розчину крохмалю. Отриману суміш титрували 0,003 н. розчином йоду до появи синього кольору. Для розрахунку вмісту вітаміну С в зразках використали формулу визначення маси (М):

$$M=(n.\times E\times V)/1000, \text{ де} \quad (3.1)$$

n. – молярна концентрація еквівалента йоду;

E – молярна маса еквівалента аскорбінової кислоти в г, яка в даному випадку дорівнює 88 г;

V – об'єм витраченого на титрування йоду, мл.

Всі дослідження проводили в трьох повторностях.

2.7 Визначення загальної кислотності

Визначення загальної кислотності вимірювали титрометричним методом [62]. Після бродіння протягом 48 годин при температурі 37°C, відбирали по 1 мл зразку. До суспензії додавали по 2-3 краплі кислотно-основного індикатора фенолфталеїну. Титрували за допомогою 0,01 н. розчину гідроксиду натрію до появи слабо рожевого забарвлення. Визначення показника активності кислотоутворення розраховували в мг/л за формулою:

$$C = (V_{\text{NaOH}} \times N_{\text{NaOH}} \times E) / (1000 \times V_p), \text{ де} \quad (3.2)$$

C – кислотність, мг/л;

V_{NaOH} – об'єм гідроксиду натрію, що пішов на титрування, мл;

N_{NaOH} – нормальність гідроксиду натрію;

V_p – об'єм проби, мл;

E – еквівалент оцтової кислоти (60,01).

Всі дослідження проводили в трьох повторностях.

2.8 Статистичний аналіз результатів

Всі дані представлені у вигляді медіани з інтерквартильним розкидом. Для статистичної оцінки використовували критерій Вілкоксона для порівняння контрольних та експериментальних значень змінних однієї і тієї ж групи. Статистично значущий рівень був встановлений на рівні $p < 0,05$.

Для обрахунку медіанних значень та статистики використовували програмне забезпечення Excel 2007 та Stat.Plus.

Висновок до розділу 2

В роботі використали стандартні та загальноживані методи дослідження властивостей харчових напоїв, а саме визначення органолептичних властивостей та методи визначення основних показників мікро- та макро-елементів. Так, використали метод визначення концентрації магнію з використанням ксилідилового синього, метод турбідиметричного визначення концентрації калію, метод глюкозооксидазного визначення концентрації глюкози, метод визначення концентрації вітаміну С йодометричним титруванням, метод титрометричного визначення загальної кислотності.

В роботі застосовували сучасні методи статистичного аналізу для підтвердження достовірності отриманих результаті з використанням т-критерію Вілкоксона.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Для порівняння властивостей яблучного соку до та після дводенної ферментації *L. delbrueckii* з додаванням та без додавання глюкози порівнювали органолептичні показники, кількість магнію, калію, глюкози, вітаміну С та загальну кислотність.

3.1 Дослідження органолептичних властивостей

Органолептичні показники є ключовим компонентом порівняння яблучного соку до і після ферментації, з додаванням і без додавання глюкози. Результати цих показників проілюстровано графічно на рисунках 3.1 та 3.2.

При дослідженні органолептичних показників встановлено, що сік без попереднього додавання глюкози після ферментації *L. delbrueckii* втрачає яблучний запах на 45,0% ($p < 0,05$). Однак загальна насиченість і солоність зросли на 25,0% і 100,0% відповідно ($p < 0,05$). Значних змін у відчутті солодкості, терпкості та кислотності не спостерігалось (рис. 3.1).

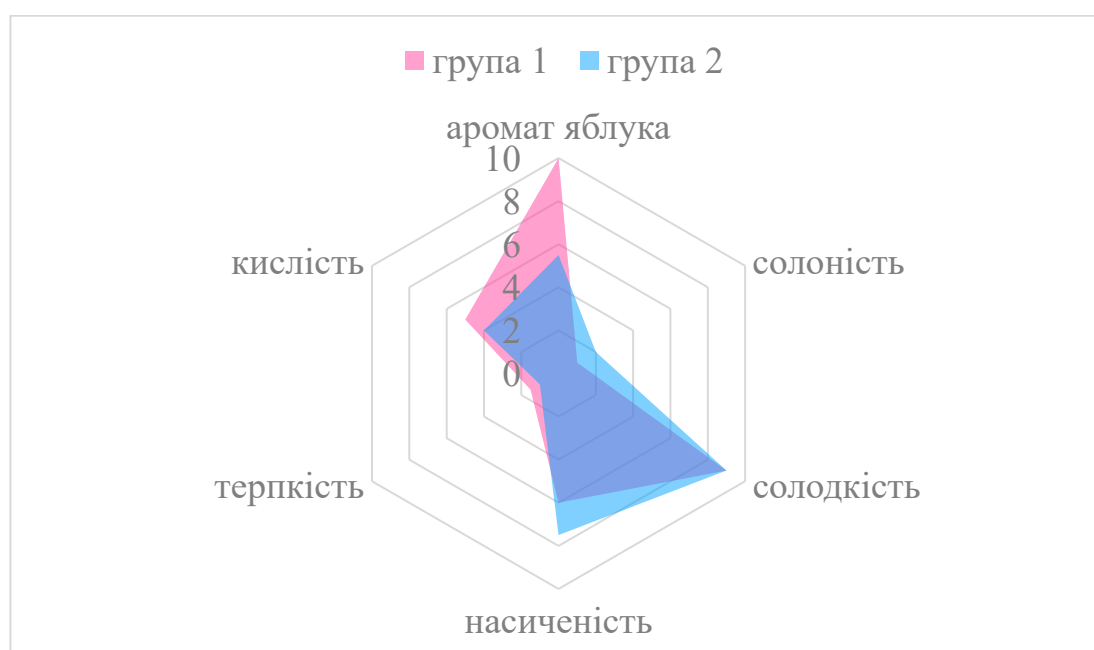


Рисунок 3.1. Органолептичні показники яблучного соку без додавання глюкози до (група 1) та після (група 2) ферментації

При дослідженні органолептичних властивостей ферментованого яблучного соку *L. delbrueckii* з додаванням глюкози на початку ферментації встановлено, що відчуття солоності та солодкості значно зменшилося – на 100,0% та 12,5% відповідно ($p < 0,05$) (рис. 3.2).

Крім того, спостерігалось значне збільшення яблучного аромату та загальної насиченості - на 33,3% та 57,9% ($p < 0,05$) відповідно, порівняно з вихідним соком. Відчуття терпкості та кислотності не зазнали суттєвих змін (див. рис. 3.2).

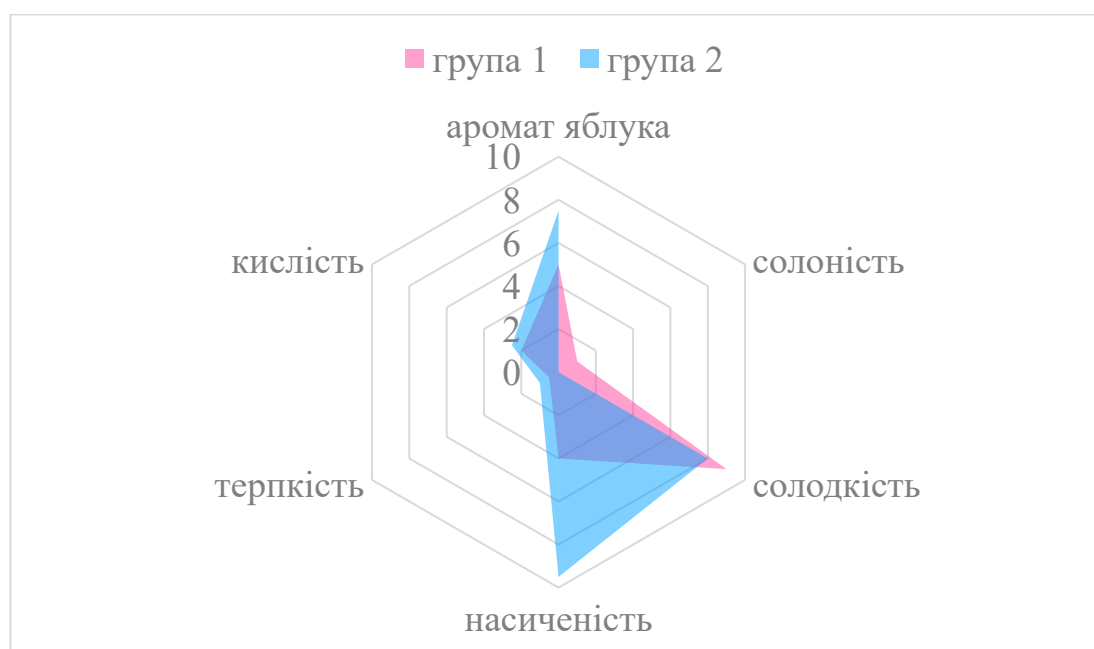


Рисунок 3.2. Органолептичні показники яблучного соку з додаванням глюкози до (група 1) та після (група 2) ферментації

Результати експерименту свідчать про те, що додавання глюкози на початку бродіння яблучного соку посилює яблучний аромат і насиченість соку, тим самим покращуючи його сприйняття споживачами. Без додавання цукру на початку ферментації яблучний аромат втрачається, але загальна насиченість збільшується. В обох варіантах дослідження показники кислотності не змінилися. Аромат зброженого яблучного соку може бути сильнішим, ніж у звичайного яблучного соку. Під час бродіння можуть утворюватися органічні

кислоти, такі як лимонна кислота, які можуть надати продукту кислуватого смаку. Крім того, ферментація може сприяти розщепленню цукрів, що може вплинути на смак продукту [63]. Наші дослідження свідчать, що під час ферментації показник кислотності достовірно не змінюється, що може бути особливістю штаму *L. delbrueckii*. Молочнокислі бактерії можуть виробляти специфічні ароматичні сполуки, такі як етилові ефіри, альдегіди та кетони, які надають продукту особливого запаху [64]. Підвищення загального характерного аромату і смаку яблука після ферментації є результатом можливого накопичення ароматичних сполук, що може пояснити спостережуване посилення характерного аромату яблука.

3.2 Результати визначення вмісту глюкози у ферментованому соці

Кількість глюкози у фруктових соках є важливим показником. Концентрація глюкози у зразках з попередньо доданою та не доданою глюкозою становила 5,9 ммоль/л та 5,7 ммоль/л відповідно (див. рис. 3.3).

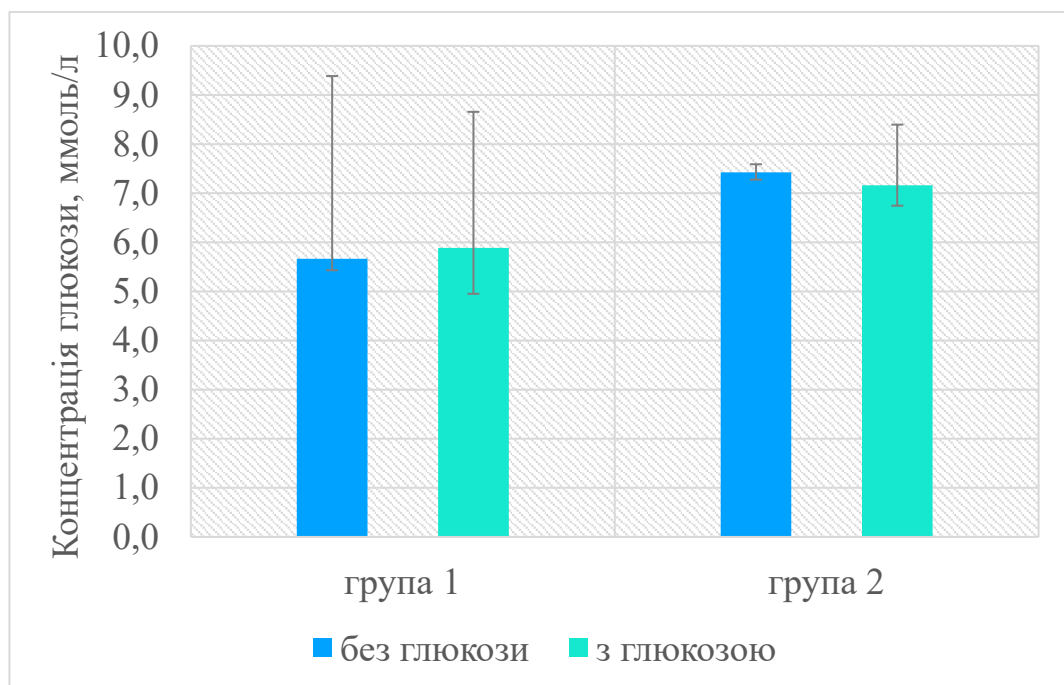
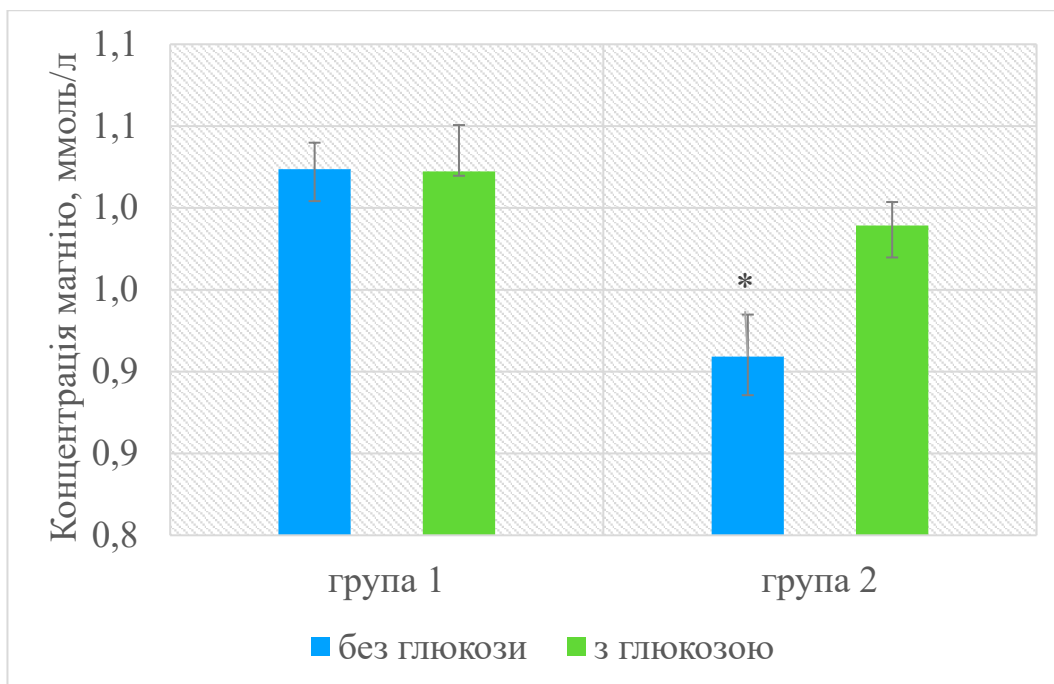


Рисунок 3.3. Концентрація глюкози в досліджуваних зразках яблучного соку до (група 1) та після (група 2) ферментації

Після ферментації спостерігалось незначне збільшення показника глюкози у зразках з попереднім додаванням глюкози та без до ферментації – 7,2 ммоль/л та 7,4 ммоль/л відповідно. Ця різниця в показниках, однак, не є статистично достовірною. Використання *Lactobacillus delbrueckii* для ферментації яблучного соку може потенційно змінити вміст цукру в напої. Дослідження показали, що ця бактерія здатна швидко споживати цукор, що міститься в томатному соку [65], та інші фрукти, включаючи апельсини та яблука [66]. Згідно з іншим дослідженням, значне зменшення кількості цукру в соку відбувається лише після чотирьох днів ферментації. *L. delbrueckii* ATCC 9646 використовували для ферментації яблучного соку при 37 °C і рН 6,5. Вміст глюкози значно зменшився після чотирьох днів ферментації. І навпаки, вміст цукру в яблучному соку не зазнав значних змін протягом перших чотирьох днів спонтанної ферментації [67]. Результати нашого дослідження збігаються з тими, що містяться в існуючій науковій літературі. Крім того, добове споживання глюкози коливається від 25 до 37,5 грамів (138,8-205,4 ммоль) [68]. На основі отриманих результатів можна зробити висновок, що ферментований яблучний сік *L. delbrueckii* може бути компонентом здорового харчування.

3.3 Результати визначення вмісту магнію у зразках ферментованого соку

У двох експериментах було проаналізовано магнієвий вміст до і після ферментації, без додавання глюкози і з додаванням глюкози (див. рис. 3.4). Було виявлено, що концентрація магнію достовірно знизилася на 12,6% при використанні соку без попереднього додавання глюкози ($p < 0,05$). Натомість у соку з попереднім додаванням глюкози достовірної зміни магнієвого індексу не спостерігається. Рівень магнію в соку перед ферментацією з попереднім додаванням глюкози і без нього знаходиться на одному рівні – 1,0 ммоль/л.



$p < 0.05$

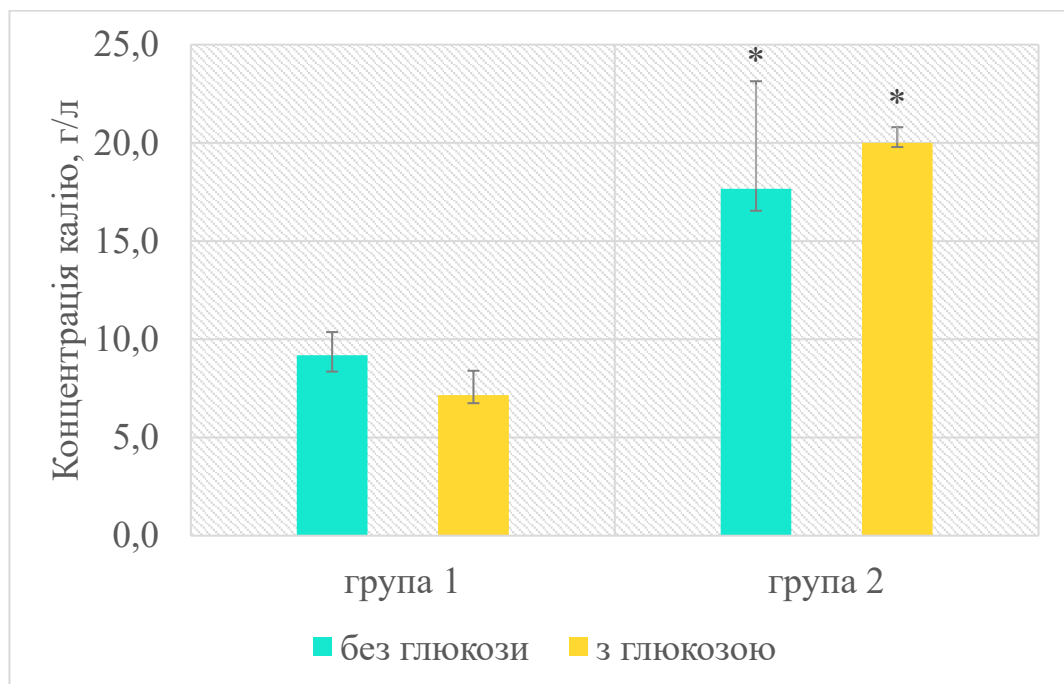
Рисунок 3.4. Концентрація магнію в досліджуваних зразках яблучного соку до (група 1) та після (група 2) ферментації

Магній – важливий мінерал для здоров'я людини. Наявність достатнього рівня магнію в організмі пов'язана зі зниженням ризику розвитку серцево-судинних захворювань, таких як гіпертонія, ішемічна хвороба серця та інсульт [69]. Крім того, магній має значний вплив на регуляцію рівня глюкози та інсуліну в організмі. Існує підвищений ризик розвитку діабету 2 типу та інсулінорезистентності, пов'язаний з низьким рівнем магнію. Магній є важливим мінералом для підтримки здоров'я кісток і може бути корисним для профілактики остеопорозу, особливо в поєднанні з вітаміном D і кальцієм [70]. Він також відіграє важливу роль у функціонуванні нервової системи, зменшуючи стрес і покращуючи настрій та сон. Магній також може позитивно впливати на профілактику депресії та тривожних розладів [71]. Магній впливає на багато інших функцій організму, включаючи енергетичний обмін, синтез білка, роботу м'язів та імунну систему [72]. У дослідженні з ферментованими *L. plantarum* NRRL-D-14768 фруктовими соками вміст магнію збільшується у всіх досліджуваних соках: в апельсиновому, ананасовому, грушевому і томатному

соках, крім кавунового соку - вміст магнію зменшується з 37,1 ммоль/л до 35,4 ммоль/л [73]. Результати цього дослідження демонструють можливі наслідки зменшення концентрації магнію в соку, на які може впливати склад соку. З іншого боку, добова потреба в магнії для дорослої людини становить 12,3-14,4 ммоль [74]. Всі досліджені зразки мають рівень магнію не менше 0,9 ммоль/л. Таким чином, можна зробити висновок, що ферментований сік зберігає свою поживну цінність за магнієвим індексом.

3.4 Значення вмісту калію у ферментованому *L. delbrueckii* соку

Концентрація калію у ферментованому соку без та з попереднім додаванням глюкози була збільшена на 48,0% та 64,2% відповідно ($p < 0,05$) (рис. 3.5).



$p < 0.05$

Рисунок 3.5. Концентрація калію в досліджуваних зразках яблучного соку до (група 1) та після (група 2) ферментації

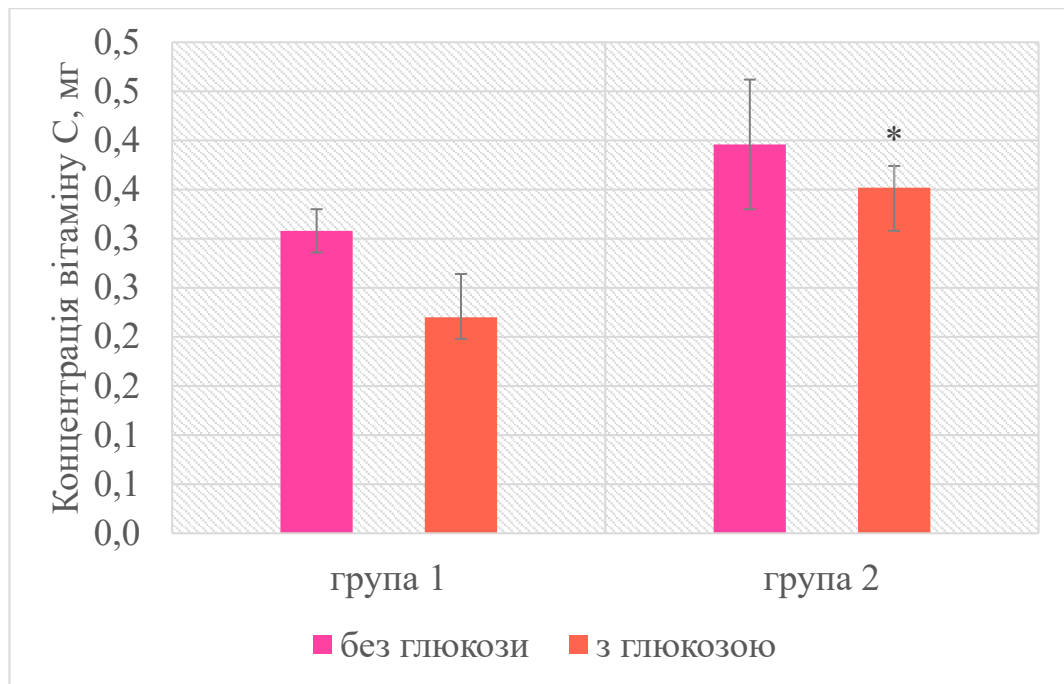
Додавання глюкози до сока призвело до незначного зниження концентрації калію з 9,2 г/л до 7,2 г/л. Однак збільшення концентрації калію після ферментації

було більшим у сока з попереднім додаванням глюкози – 20,0 г/л порівняно з 17,7 г/л у сока без попереднього додавання глюкози.

Зниження ризику розвитку високого кров'яного тиску (гіпертонії) пов'язане зі споживанням калію, що може мати позитивний вплив на здоров'я серця і судин [75]. Калій впливає на роботу м'язів, у тому числі серцевого м'яза. Він допомагає забезпечити нормальну координацію і скорочення м'язів [76]. Високий рівень калію в раціоні може допомогти знизити ризик утворення каменів у нирках і поліпшити функцію нирок у людей з хронічними захворюваннями нирок [77]. Калій благотворно впливає на регуляцію рівня рідини в організмі, тим самим сприяючи здоровому балансу електролітів. Це особливо важливо для підтримки нормального кров'яного тиску і роботи нирок [78]. Калій допомагає зменшити жирові відкладення та збільшити м'язову масу [79]. Високий вміст калію в продуктах позитивно впливає на здоров'я людини. Дорослій людині щодня потрібно 90 ммоль калію [80]. Отриманий ферментований сік містить більше калію, ніж неферментований сік, навіть якщо в ньому є додаткова глюкоза. Це відкриває значні перспективи для застосування ферментованого яблучного соку як ефективного терапевтичного засобу.

3.5 Вміст вітаміну С у ферментованому соку

Додатковим показником, визначеним у роботі, була концентрація вітаміну С. Значне збільшення вмісту вітаміну С було виявлено у зразку, до якого додавали глюкозу перед початком ферментації. Концентрація зросла на 37,5% ($p < 0,05$). У зразку без попереднього внесення глюкози концентрація вітаміну С суттєво не змінилася (рис. 3.6).



$p < 0.05$

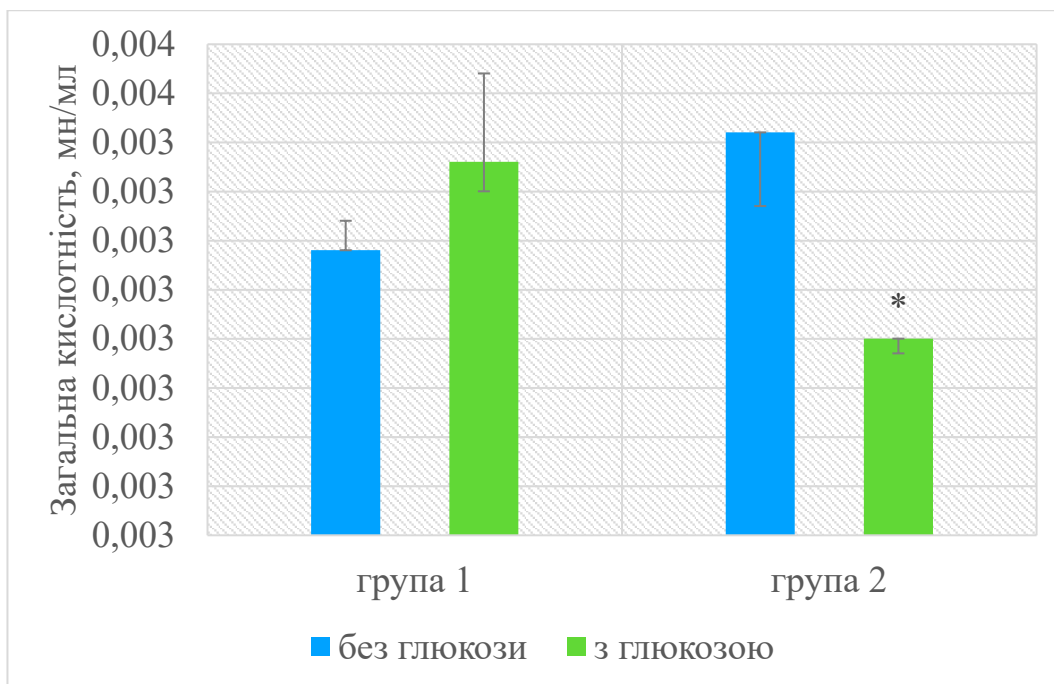
Рисунок 3.6. Концентрація вітаміну С у досліджуваних зразках яблучного соку

Вітамін С відіграє вирішальну роль у підтримці імунної системи. Він допомагає боротися з інфекційними агентами, покращуючи бар'єрну функцію шкіри та сприяючи утворенню і функціонуванню імунних клітин [81]. Вітамін С - потужний антиоксидант, який захищає клітини від пошкодження вільними радикалами та сприяє здоров'ю судин. Він сприяє підтримці нормального тону судин, зниженню ризику розвитку серцево-судинних захворювань і поліпшенню функції ендотелію [82]. Вітамін С відіграє важливу роль у виробленні колагену, який сприяє здоров'ю шкіри, затримує процес старіння та покращує загоєння ран. Крім того, він може допомогти пом'якшити шкідливий вплив ультрафіолетового випромінювання та зберегти здоровий колір обличчя [83]. Вітамін С відіграє важливу роль у синтезі колагену, який є основним компонентом кісткового матриксу. Він також сприяє підтримці мінеральної щільності кісткової тканини і може мати захисну дію проти розвитку остеопорозу [84]. Вітамін С бере участь у захисті нервової системи, беручи участь у боротьбі з окислювальним стресом і захищаючи нейрони від пошкоджень. Результати деяких досліджень вказують на

те, що вітамін С може покращувати настрій, знижувати ризик депресії та покращувати когнітивні функції [85]. Зниження вмісту вітаміну С спричинене ферментацією яблучного соку *L. delbrueckii* [86]. Температура 30-34 °С також негативно впливає на процес накопичення вітаміну С [87]. Окрім яблучного соку [88], також було показано, що зменшення вмісту вітаміну С після ферментації молочнокислими бактеріями спостерігалось і в соку ківі [89]. Підвищений вміст глюкози на початку ферментації може сприяти виробленню більшої кількості вітаміну С. Це може бути пов'язано з особливостями біосинтезу вітаміну С у *L. delbrueckii*. Згідно з літературними даними, *L. delbrueckii* накопичує аскорбінову кислоту під час ферментації овечого молока [90]. Варто зазначити, що середньодобова рекомендована кількість вітаміну С становить 90 мг [91]. Отриманий ферментований сік, звичайно, не здатен забезпечити таку кількість, оскільки максимальна концентрація глюкози у зразку з попередньо введеною глюкозою становить лише 0,4 мг. Здатність *L. delbrueckii* накопичувати аскорбінову кислоту в соку з попереднім додаванням глюкози може бути використана для подальшої розробки функціональних продуктів.

3.6 Результати визначення загальної кислотності ферментованого соку

Останній показник, який був знайдений для зразків соку – це величина загальної кислотності. Під час ферментації було встановлено, що загальна кислотність у зразку, до якого додавали глюкозу на початку ферментації, значно знизилася. Зменшення становить 12,0% ($p < 0,05$). У зразку без попереднього додавання глюкози суттєвої зміни загальної кислотності не спостерігалось (рис. 3.7).



$p < 0.05$

Рисунок 3.7. Загальна кислотність досліджуваних зразків яблучного соку

Згідно з науковими дослідженнями, ферментація яблучного соку за допомогою *Lactobacillus delbrueckii* може призвести до зниження рН, що свідчить про підвищення кислотності соку. Молочнокислі бактерії, зокрема *L. delbrueckii*, здатні перетворювати цукри, такі як глюкоза і фруктоза, в молочну кислоту шляхом ферментації. Цей процес сприяє формуванню кислого смаку соку, знижуючи рівень рН [92]. В одному з досліджень 2017 року вивчався вплив ферментації *L. delbrueckii* на виробництво яблучного соку. В результаті ферментації спостерігалось зниження рН з 3,8 до приблизно 3,4, що свідчить про підвищення кислотності соку. Дослідження також показало, що ферментований яблучний сік мав кислий смак, оскільки містив молочну кислоту [93]. Однак у нашому експерименті ми виявили протилежний результат. Загальна кислотність під час ферментації знижувалася, що не відобразилося на органолептичних показниках. Отримані дані потребують подальшого аналізу та дослідження. Можливо, необхідно доповнити багате на глюкозу середовище лактозою та іншими цукрами для утворення кислот.

Висновок до розділу 3

Завдяки процесу ферментації яблучного соку *L. delbrueckii* можна отримати продукт з позитивними органолептичними властивостями, а саме насиченим ароматом і смаком. Додавання більшої кількості глюкози на початку ферментації робить смак яблук солонуватим, тоді як додавання більшої кількості глюкози на початку ферментації покращує яблучний аромат. У сока з глюкозою, внесеною на початку ферментації, не спостерігається зниження концентрації магнію, але значно зростає концентрація калію. Концентрація глюкози в обох видах ферментованих соків нижче рекомендованої межі. Спостерігається, що сік з попередньо доданою глюкозою має більше накопичення вітаміну С. Крім того, цей зразок демонструє значне зниження загальної кислотності. Крім того, отримані результати свідчать про можливість використання бактерії *L. delbrueckii* для ферментації яблучного соку, оскільки вона забезпечує більше накопичення калію та вітаміну С. Це також є позитивним для розробки функціональних продуктів.

ВИСНОВКИ

1. В роботі доведено можливість зброджувати яблучний сік а допомогою *L. delbrueckii*. Після ферментації показано підвищення відчуття загального характерного аромату і смаку яблука, що покращує сприйняття ферментованого яблучного соку.

2. Статистично достовірних змін в концентрації глюкози з попереднім додаванням та без нього на початку ферментації не спостерігалось. На даній моделі ферментація *L. delbrueckii* яблучного соку не впливає на концентрацію глюкози.

3. Концентрація магнію достовірно знизилася на 12,6% при використанні соку без попереднього додавання глюкози ($p < 0,05$). Проте, рівень магнію складає не менше 0,9 ммоль/л, що вказує на збереження поживної цінності соку.

4. Попереднє додавання глюкози перед ферментацією спричинило більше накопичення калію та вітаміну С у ферментованому соці – на 64,2% та 37,5% відповідно.

5. Значення загальної кислотності знизилось лише в зразку з попереднім внесенням глюкози на початку ферментації – на 12,0 %.

6. Отримані результати вказують на можливість використання *L. delbrueckii* для ферментації яблучного соку та розробки функціональних продуктів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Fermented beverages of pre- and proto-historic China / McGovern P. E. et al. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 2004. Vol. 101. P. 17593-17598.
2. Fermented foods in a global age: East meets West / Tamang J. P. et al. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2020. Vol. 19. P. 184-217.
3. Vitorino, L. C., Bessa L. A. Technological microbiology: Development and applications. *Front. Microbiol.* 2017. Vol. 8. P. 827.
4. Macori G., Cotter P. D. Novel insights into the microbiology of fermented dairy foods. *Curr. Opin. Biotechnol.* 2018. Vol. 49. P. 172-178.
5. Chilton S. N., Burton J. P., Reid G. Inclusion of fermented foods in food guides around the world. *Nutrients*. 2015. Vol. 7. P. 390-404.
6. Kindstedt P. S. Cheese and Culture: A History of Cheese and Its Place in Western Civilization. Hartford: Chelsea Green Publishing Company, 2012. 121 p.
7. Tamang J. P. Diversity of Fermented Foods. Boca Raton: CRC Press, 2010. P. 41-84.
8. Tamang J. P., Watanabe K., Holzapfel W. H. Review: Diversity of microorganisms in global fermented foods and beverages. *Front. Microbiol.* 2016. Vol. 7. P. 377.
9. Бондар І. В., Гуляєв В. М. Промислова мікробіологія. Харчова і агробіотехнологія: навчал. посіб. Дніпродзержинськ: Видавництво ДДТУ, 2004. 280 с.
10. Probiotics in food; health and nutritional properties and guidelines for evaluation. *FAO Food and Nutrition Paper*. FAO/WHO: Rome, Italy. 2006. p. 85.
11. Gilliland S.E., Morelli L., Reid G. Health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with live Lactic Acid Bacteria. *Prevention*. 2001. Vol. 5. P. 1–10.
12. Leroy F., De Vuyst L. Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry. *Trends Food Sci. Technol.* 2004. Vol. 15. P. 67-78.

13. Shimizu T. Health claims on functional foods: The Japanese regulations and an international comparison. *Nutr. Res. Rev.* 2003. Vol. 16. P. 241.
14. Scientific concepts of functional foods in Europe consensus document / Diplock A.T. et al. *Br. J. Nutr.* 1999. Vol. 81. P. S1–S27.
15. Madigan M. T., Martinko J. M., Dunlap P. V., Clark D.P. Metabolic diversity: Catabolism of organic compounds. New York: Pearson Education Incorporated, 2009. P. 612-651.
16. Beermann C., Hartung J. Physiological properties of milk ingredients released by fermentation. *Food Funct.* 2013. Vol. 4. P. 185-199.
17. Müller V. Bacterial fermentation. In *Encyclopedia of Life Science*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 2001.
18. Tamang J.P. Biochemical and modern identification techniques: Microfloras of fermented foods. In *Encyclopedia Food Microbiology*. Cambridge: Academic Press, 2014. P. 250-258.
19. Walker G., Stewart G. *Saccharomyces cerevisiae* in the production of fermented beverages. *Beverages*. 2016. Vol. 2. P. 30.
20. Analysis of bacterial community during the fermentation of pulque, a traditional Mexican alcoholic beverage, using a polyphasic approach / Escalante A. et al. *Int. J. Food. Microbiol.* 2008, 124, 126-134.
21. Baschali A., Tsakalidou E., Kyriacou A. Traditional low-alcoholic and non-alcoholic fermented beverages consumed in European countries: A neglected food group. *Nutr. Res. Rev.* 2017. Vol. 30. P. 1-24.
22. Saichana N., Matsushita K., Adachi O. Acetic acid bacteria: A group of bacteria with versatile biotechnological applications. *Biotechnol. Adv.* 2015. Vol. 33. P. 1260–1271.
23. Laëtitia G., Pascal D., Yann D. The citrate metabolism in homo- and heterofermentative LAB: A selective means of becoming dominant over other microorganisms in complex ecosystems. *Food Nutr. Sci.* 2014. Vol. 5. P. 953-969.

24. Quintans N.G., Blancato V., Repizo G., Magni C. Citrate metabolism and aroma compound production in lactic acid bacteria. *Mol. Asp. Lact. Acid Bact. Tradit. New Appl.* 2008. Vol. 37. P. 65-88.
25. Application of directed evolution to develop ethanol tolerant *Oenococcus oeni* for more efficient malolactic fermentation / Escalante A. et al. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2018. Vol. 102. P. 921-932.
26. Davis C.R., Wibowo D., Eschenbruch R., Lee T. H. Practical implications of malolactic fermentation: A review. *Am. J. Enol. Vitic.* 1985. Vol. 36. P. 290-301.
27. Kunkee R.E. Some roles of malic acid in the malolactic fermentation in wine making. *FEMS Microbiol. Lett.* 1991. Vol. 88. P. 55-71.
28. Liu S.Q. Malolactic fermentation in wine-beyond deacidification. *J. Appl. Microbiol.* 2002. Vol. 92. P. 589-601.
29. Recent advances in microbial fermentation for dairy and health / Hill D. et al. *F1000Research* 2017. Vol. 6. P. 751.
30. Coeuret V., Dubernet S., Bernardeau M., Gueguen M. Isolation, characterisation and identification of lactobacilli focusing mainly on cheeses and other dairy products. *Lait* 2003. Vol. 83. P. 269-306.
31. Quigley L., O'Sullivan O., Beresford T.P. High-throughput sequencing for detection of subpopulations of bacteria not previously associated with artisanal cheeses. *Appl. Environ. Microbiol.* 2012. Vol. 78. P. 17-23.
32. Tamang J.P., Holzapfel W.H., Shin D.H., Felis G.E. Editorial: Microbiology of ethnic fermented foods and alcoholic beverages of the world. *Front. Microbiol.* 2017. Vol. 8. P. 1377.
33. Lactic Fermented Fruit or Vegetable Juices: Past, Present and Future / C. Garcia et al. *Beverages.* 2020. Vol. 6. 8.
34. Capozzi V., Fragasso M., Romaniello R. Spontaneous food fermentations and potential risks for human health. *Fermentation.* 2017. Vol. 3. P. 49.
35. Swain M. R., Anandharaj M., Ray R.C., Rani R.P. Fermented fruits and vegetables of Asia: A potential source of probiotics. *Biotechnol. Res. Int.* 2014. P. 25-42.

36. Yoon K.Y., Woodams E.E., Hang Y.D. Fermentation of beet juice by beneficial lactic acid bacteria. *LWT-Food Sci. Technol.* 2005. Vol. 38. P. 73-75.
37. Yoon K.Y., Woodams E.E., Hang Y.D. Production of probiotic cabbage juice by lactic acid bacteria. *Bioresour. Technol.* 2006. Vol. 97. P. 1427-1430.
38. Yoonp K.Y., Woodams E.E., Hang Y.D. Probiotication of tomato juice by lactic acid bacteria. *J. Microbiol.* 2004. Vol. 42. P. 315-318.
39. Potential application of four types of tropical fruits in lactic fermentation / Maldonado R.R. et al. *LWT.* 2017. Vol. 86. P. 254-260.
40. Apple Fermented Products: An Overview of Technology, Properties and Health Effects / R. P. F. Guiné et al. *Processes* 2021. Vol. 9. 223.
41. Development and sensory profile of a probiotic beverage from apple fermented with *Lactobacillus casei* / L. Ellendersen et al. *Eng. Life Sci.* 2012, Vol. 12, 475–485.
42. Velickova E., Langerholc T., Winkelhausen E. Apple juice as a medium for fermentation by the probiotic *Lactobacillus plantarum* PCS 26 strain / D. Dimitrovski et al. *Ann. Microbiol.* 2015. Vol. 65. P. 2161–2170.
43. Effect of the apple cultivar on cloudy apple juice fermented by a mixture of *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus plantarum*, and *Lactobacillus fermentum* / W. Peng et al. *Food Chem.* 2020. Vol. 340. 127922.
44. Effects of lactic acid fermentation-based biotransformation on phenolic profiles, antioxidant capacity and flavor volatiles of apple juice / C. Wu et al. *LWT.* 2020. Vol. 122, 109064.
45. Influence of 4 lactic acid bacteria on the flavor profile of fermented apple juice / C. Chen et al. *Food Biosci.* 2019, 27, 30–36.
46. Fermentation-based biotransformation of bioactive phenolics and volatile compounds from cashew apple juice by select lactic acid bacteria / R. Kaprasob et al. *Process. Biochem.* 2017. Vol. 59. P. 141–149.
47. Single-cultivar cloudy juice made from table apples: An attempt to identify the driving force for sensory preference / D. Jaros et al. *Eur. Food Res. Technol.* 2009. Vol. 229. P. 51–61.

48. Fermentation of whole apple juice using *Lactobacillus acidophilus* for potential dietary management of hyperglycemia, hypertension, and modulation of beneficial bacterial responses / C. Ankolekar et al. *Journal of Food Biochemistry*. 2012. 36. P. 718-738.
49. Pinto S.S., Verruck S., Vieira C.R.W., Prudêncio E.S. Amboni Influence of microencapsulation with sweet whey and prebiotics on the survival of *Bifidobacterium*-BB-12 under simulated gastrointestinal conditions and heat treatments. *LWT-Food Sci. Technol.* 2015, 64, 1004–1009.
50. Chaudhary A. Probiotic fruit and vegetable juices: Approach towards a healthy gut. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.* 2019. Vol. 8. P. 1265-1279.
51. Parvez S., Malik K.A., Kang S.A., Kim H.-Y. Probiotics and their fermented food products are beneficial for health. *J. Appl. Microbiol.* 2006. Vol. 100. P. 1171-1185.
52. Brenner Don J., Krieg Noel R. et al. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Springer. 2009. Vol. 2. P. 465–511.
53. Jankovic I., Ventural M., Meylan V., Rouvet M.. Contribution of aggregation-promoting factor to maintenance of cell shape in *Lactobacillus gasseri* 4B2. *J. Bacteriol.* 2003. Vol. 185(11). P. 3288-3296.
54. Glycolysis / Gluconeogenesis - *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ATCC 11842. KEGG PATHWAY Database. Available at: <https://www.kegg.jp/entry/ldb00010> (Accessed 23.04.2023).
55. *Lactobacillus mulieris* sp. nov., a new species of *Lactobacillus delbrueckii* group / J. Rocha et al. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 2020. P. 1522–1527.
56. Мельничук М.Д., Кляченко О. Л., Бородай В. В., Коломієць Ю. В. Загальна (промислова) біотехнологія: навчал. посіб. Київ: ФОП Корзун Д.Ю., 2014. 252 с.
57. Mihafu F. D., Issa J. Y., Kamiyango M. W. Implication of sensory evaluation and quality assessment in food product development: A review. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 2020. Vol. 8(3). P. 690-702.

58. Chromý V., Svoboda V., Štěpánová I. Spectrophotometric determination of magnesium in biological fluids with xylidyl blue II. *Biochemical medicine*, 1973. Vol. 7(2). P. 208-217.
59. Kubihal S., Goyal A., Gupta Y., Khadgawat R. Glucose measurement in body fluids: a ready reckoner for clinicians. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, 2021. Vol. 15(1). P. 45-53.
60. Tubino M., Torres J. R. D. O. Turbidimetric determination of potassium in leaf tissues with sodium tetraphenylboron. *Communications in soil science and plant analysis*, 1992. Vol. 23(1-2). P. 123-128.
61. Abe-Matsumoto L. T., Sampaio G. R., Bastos D. H. M. Is Titration as Accurate as HPLC for Determination of Vitamin C in Supplements? – Titration versus HPLC for Vitamin C Analysis. *American Journal of Analytical Chemistry*, 2020. Vol. 11(7). P. 269-279.
62. MIT, Massachusetts institute of technology. The potentiometric titration of an acid mixture. 2019. http://web.mit.edu/5.310/www/Titration_F05.pdf
63. Swain M. R., Anandharaj M., Ray R. C., Rani R. P. Fermented fruits and vegetables of Asia: a potential source of probiotics. *Biotechnology research international*, 2014. P. 1-19.
64. Shokri S., Tamaddon M., Khosravi-Darani K., Zare, D. Apple Juice Fermentation: Biochemistry, Microbial Ecology, and Technological Aspects. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2020. Vol. 19(5). P. 2711-2734.
65. Kaprasob R., Kerdchoechuen O., Laohakunjit N., Sarkar D., Shetty K. Fermentation-based biotransformation of bioactive phenolics and volatile compounds from cashew apple juice by select lactic acid bacteria. *Process Biochemistry*, 2017. Vol. 59. P. 141-149.
66. Pakbin B., Razavi S. H., Mahmoudi R., Gajarbeygi P. Producing probiotic peach juice. *Biotechnology and health sciences*, 2014.

67. Al Daccache M., Koubaa M., Maroun R. G., Salameh D., Louka N., Vorobiev E. Impact of the physicochemical composition and microbial diversity in apple juice fermentation process: A Review. *Molecules*, 2020. Vol. 25(16). P. 3698.
68. Johnson R. K., Appel L. J., Brands M., Howard B. V., Lefevre M., Lustig R. H., Wylie-Rosett J. Dietary sugars intake and cardiovascular health: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 2009. Vol. 120(11). P. 1011-1020.
69. Del Gobbo L. C., Imamura F., Wu J. H., de Oliveira Otto M. C., Chiuve S. E., Mozaffarian D. Circulating and dietary magnesium and risk of cardiovascular disease: a systematic review and meta-analysis of prospective studies. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2013. Vol. 98(1). P. 160-173.
70. Rude R. K., Singer F. R., Gruber, H. E. Skeletal and hormonal effects of magnesium deficiency. *Journal of the American College of Nutrition*, 2009. Vol. 28(2). P. 131-141.
71. Serefko A., Szopa A., Wlaż P., Nowak G., Radziwoń-Zaleska M., Skalski M., Poleszak E. Magnesium in depression. *Pharmacological Reports*, 2016. Vol. 68(3). P. 486-489.
72. Volpe S. L. Magnesium in disease prevention and overall health. *Advances in Nutrition*, 2013. Vol. 4(3). P. 378S-383S.
73. Zeng H., Shuai Y., Zeng X., Xin B., Huang M., Li B., Wang C. Evaluation of health-related composition and bioactivity of five fruit juices following *Lactobacillus plantarum* fermentation and simulated digestion. *International Journal of Food Science & Technology*, 2021. Vol. 56(2). P. 648-660.
74. Fiorentini D., Cappadone C., Farruggia G., Prata C. Magnesium: biochemistry, nutrition, detection, and social impact of diseases linked to its deficiency. *Nutrients*, 2021. Vol. 13(4). P. 1136-1180.
75. Aburto N. J., Hanson S., Gutierrez H., Hooper L., Elliott P., Cappuccio F. P. Effect of increased potassium intake on cardiovascular risk factors and disease: systematic review and meta-analyses. *BMJ*, 2013. Vol. 346. P. f1378.

76. McCartney D. M., Byrne D. G., Turner M. J. The effects of potassium supplementation on exercise performance and resting hormonal and plasma metabolite changes in response to a bout of prolonged exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 2007. Vol. 99(4). P. 406-413.
77. Siener R., Hesse A. The effect of a vegetarian and different omnivorous diets on urinary risk factors for uric acid stone formation. *European Journal of Nutrition*, 2006. Vol. 45(4). P. 228-234.
78. Geleijnse J. M., Kok F. J., Grobbee D. E. Blood pressure response to changes in sodium and potassium intake: a metaregression analysis of randomised trials. *Journal of Human Hypertension*, 2003. Vol. 17(7). P. 471-480.
79. Kim K., Yun J. M., Kim M. K., Kwon O. High dietary potassium intake is associated with a lower risk of sarcopenia in elderly men: The Korean National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES) 2008-2010. *Journal of Nutrition, Health & Aging*, 2016. Vol. 20(10). P. 933-940.
80. Turck D., Bresson J. L., Burlingame B., Dean T., Fairweather-Tait S., Naska, A. Dietary reference values for potassium. *EFSA Journal*, 2016. Vol. 14(10). P. e04592.
81. Carr A. C., Maggini S. Vitamin C and immune function. *Nutrients*, 2017. Vol. 9(11). P. 1211.
82. Ashor A. W., Lara J., Mathers J. C., Siervo M. Effect of vitamin C on endothelial function in health and disease: A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Atherosclerosis*, 2015. Vol. 235(1). P. 9-20.
83. Pullar J. M., Carr A. C., Vissers M. C. M. The roles of vitamin C in skin health. *Nutrients*, 2017. Vol. 9(8). P. 866.
84. Mosdøl A., Erens B., Brunner E. J., Tabak A. G. Associations between serum vitamin C, self-reported fruit and vegetable intake and the metabolic syndrome. *Preventive Medicine*, 2010. Vol. 51(6). P. 437-443.
85. Padayatty S. J., Levine M., Wang Y. Vitamin C pharmacokinetics: implications for oral and intravenous use. *Annals of Internal Medicine*, 2003. Vol. 139(3). P. 244-245.

86. Pereira A. L. F., Maciel T. C., Rodrigues S. Probiotic beverage from cashew apple juice fermented with *Lactobacillus casei*. *Food research international*, 2011. Vol. 44(5). P. 1276-1283.
87. Nguyen G. T. T., Nguyen K. T., Tran N. N., Dong D. T. A., Nguyen M. P. Cashew Apple Juice *Anacardium Occidentale* L Probiotic Fermented from *Lactobacillus acidophilus*. *European Journal of Sustainable Development*, 2013. Vol. 2(3). P. 99-99.
88. Yim E. J., Song Y. R., Cho S. H., Jeong D. Y. Antioxidation and Anti-Inflammatory Effect of the Fermented *Tetragonia tetragoniodes* extracts. *KFN International Symposium and Annual Meeting*, 2016. P. 391-391.
89. Kaprasob R., Kerdchoechuen O., Laohakunjit N., Sarkar D., Shetty K. Fermentation-based biotransformation of bioactive phenolics and volatile compounds from cashew apple juice by select lactic acid bacteria. *Process Biochemistry*, 2017. Vol. 59. P. 141-149.
90. Bonczar G., Reguła A., Grega T. The vitamin c content in fermented milk beverages obtained from ewe's milk. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, 2004. Vol. 7(1).
91. NIH, National Institutes of Health. Vitamin D fact sheet for health professionals. *National Institutes of Health Office of Dietary Supplements Web Site*, 2022.
92. Sossa K. E. Effect of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* on chemical, microbiological and sensory characteristics of fermented apple juice. *Food Science and Technology International*, 2017. Vol. 23(1). P. 55-62.
93. Chaves-López C. Lactic acid bacteria-mediated fermentation of fruit juices. In *Fermentation Processes*. CRC Press, 2018. P. 113-148.

ДОДАТОК А



МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ
ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ
ФАРМАЦЕВТИЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА БІОТЕХНОЛОГІЇ

СЕРТИФІКАТ

учасника

№315

Цим засвідчується, що

Мотренко І. Ю.

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

**«ПРОБЛЕМИ ТА ДОСЯГНЕННЯ
СУЧАСНОЇ БІОТЕХНОЛОГІЇ»**

(тривалість - 8 год)

24 березня 2023 р., м. Харків, Україна

В.о. ректора НФаУ,
д. фарм. н., проф.

Проректор з НПр,
д. фарм. н., проф.

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



Алла КОТВИЦЬКА

Інна ВЛАДИМИРОВА

Наталія ХОХЛЕНКОВА



III Міжнародна науково-практична
інтернет-конференція

ПРОБЛЕМИ ТА ДОСЯГНЕННЯ СУЧАСНОЇ БІОТЕХНОЛОГІЇ

24 березня 2023 р.
м. Харків, Україна

Аналіз властивостей ферментованого *Lactobacillus delbrueckii****ssp. Bulgaricus* яблучного соку****Мотренко І.Ю., Шидловська О.А.**

Київський національний університет технологій та дизайну, м. Київ, Україна

irina.motrenko55@gmail.com

Сучасні споживачі все більше цікавляться своїм особистим здоров'ям і очікують, що їжа, яку вони їдять, буде здоровою або навіть здатною запобігти хворобі. Здоров'я кишечника один з ключових важелів впливу на різноманітність функціональних харчових продуктів як в Україні, так і у всьому світі.

Молочно-ферментовані продукти нині вважаються оптимальними носіями пробіотичних штамів. Проте в останнє десятиліття ряд причин, таких як непереносимість лактози, алергія після вживання молочних продуктів та загальна тенденція до вегетаріанського харчування, перетворили дослідження функціональних продуктів на виробництво інноваційних, альтернативних середовищ для доставки пробіотиків. Таким чином, фруктові та овочеві соки розглядаються як основа для функціональних продуктів.

Ферментовані фрукти та овочі, в основному, є частиною азіатської харчової традиції більше, ніж у західних харчових культурах, але останнім часом на європейському ринку спостерігається тенденція до зростання кількості напоїв з пробіотиками (наприклад, соки, сидри).

У цьому сенсі фруктові соки сприймаються як потенційно здорова повноцінна їжа. Саме тому, вони стали новим досліджуваним середовищем для вивчення ферментуючої дії пробіотичних бактерій роду *Lactobacillus*, які найчастіше використовуються для ферментації соків.

Проте розробка технології ферментації немолочних продуктів, що містять пробіотики, є проблемою, оскільки їх життєздатність сильно залежить від факторів, притаманних харчовій матриці та харчовому процесу, таких як основні поживні речовини, кислотність середовища, наявність речовин інгібіторів, рівень кисню.

Дослідження бактерій роду *Lactobacillus* показали, що яблучний сік – найкращий субстрат для вивчення їх ферментуючої здатності.

Яблучний сік містить низку біологічно активних речовин, таких як поліфеноли, антоціани, полісахариди та антиоксиданти, активність та позитивна дія яких на організм людини значно підвищується після проходження процесу ферментації.

Нещодавні дослідження показали, що ферментація фруктових-овочевої сировини (в тому числі і яблучного соку) за використання *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *Bulgaricus* дозволяє доповнити продукти підвищеним вмістом вітаміну В12. Користь ферментованого яблучного соку для здоров'я численна і включаєв себе дію:

- протизапальну;
- антигіпертензивну;
- протипухлинну;
- антибактеріальну;
- протівірусну;
- антиоксидантну.

Ферментація яблучного соку підвищує його поживну цінність та збільшує час його зберігання порівняно з неферментованим соком. Подальше вивчення ферментації за використання *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *Bulgaricus* необхідно проводити для оптимізації процесу для збереження життєздатності клітин при холодному зберіганні та прийнятних органолептичних властивостей.

Інформація про користь ферментованих продуктів з рослинної сировини активно доповнюється, тому використання яблучного соку як відповідної альтернативи для приготування пробіотичних харчових продуктів і вивчення всіх нюансів ферментації за використання *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *Bulgaricus* стало одним з етапів вивчення біохімії та фізіології яблучно-молочного бродіння (MLF) облігатними гомоферментативними лактобактеріями.

Мельник Т.О., Чепіга А.М., Маркеева Н.В., Лісовський І.Л., Луців В.Р., Костецький І.Є.	269
Вплив діоксиду церію на ступінь ушкодження ДНК та загибель імунокомпетентних клітин за умов оксидативного стресу, індукованого перекисом водню	
Мешко В.В., Грушка Н.Г., Кондрацька О.А., Павлович С.І., Пількевич Н.О., Янчій Р.І.	271
Морфометричні показники трансгенних рослин пшениці озимої з надекспресією гена орнітин-δ-амінотрансферази	
Михальська С.І., Комісаренко А.Г., Дубровна О.В.	273
Дослідження впливу заквашувальних препаратів на вуглеводний склад низьколактозних кисломолочних продуктів	
Мінорова А.В., Рудакова Т.В., Крушельницька Н.Л., Наріжний С.А.	275
Аналіз властивостей ферментованого <i>Lactobacillus delbrueckii</i> ssp. <i>Bulgaricus</i> яблучного соку	
Мотренко І.Ю., Шидловська О.А.	278
Аналіз фармацевтичного ринку і складу місцевих анестетиків	
Найт Іжжа Ханса, Половко Н.П.	280
Актуальність викривання фітопрепаратів для лікувальння та профілактики хворих на пародонтоз	
Намірі Мохаммед, Зуйкіна Є.В.	281
Вплив заморожування на антирадикальну активність гемоглобіну інкапсульованого в композитні альгінатні мікроносії	
Нарожний С.В., Боброва О.М., Присталов А.І., Нардід О.А.	283
Вплив заморожування до -20 °С на властивості криогелів на основі полівінілового спирту	
Науменко Є.Й., Коваленко І.Ф.	285
Використання наночасток металів для сільського господарства	
Нетяга Ю.М., Волошина І.М.	287
Механічний стрес гликозильованих еритроцитів	
Ніпот О.Є., Єршова Н.А., Єршов С.С., Чабаненко О.О., Шпакова Н.М.	289
Використання шавлії мускатної у фармації	
Олійник О.О., Хохлова Л.М.	291
Біотехнологія виробництва слабоалкогольного напою з використанням комбучі	
Орехова П.Р., Масалітіна Н.Ю., Близнюк О.М.	292
Протимікробна активність диклофенаку натрія щодо грамозитивних мікроорганізмів	
Осолодченко Т.П., Мартинов А.В., Андреева І.Д., Рябова І.С.	295

ДОДАТОК В



ДОДАТОК Д

SCI-CONF.COM.UA

**MODERN RESEARCH IN
SCIENCE AND EDUCATION**



**PROCEEDINGS OF III INTERNATIONAL
SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE
NOVEMBER 9-11, 2023**

**CHICAGO
2023**

TABLE OF CONTENTS

AGRICULTURAL SCIENCES

1. *Iesipov O., Bondar V.* 19
FUEL BRIQUETTES FROM SOY STRAW AS A TYPE OF ALTERNATIVE ENERGY
2. *Nahornyi M. M., Fedelesh-Hladynets M. I.* 22
AN AGROBIOTECHNOLOGY FOR GROWING ENVIRONMENTALLY FRIENDLY GRAPE CLUSTERS
3. *Turovnik A. A., Fedelesh-Hladynets M. I.* 25
EFFECTIVENESS OF BIOLOGICAL PLANT PROTECTION PRODUCTS AGAINST FUSARIUM ROT PATHOGEN DURING POTATO STORAGE
4. *Борозан П. А., Мустяца С. И.* 28
СОЗДАНИЕ ПРОСТЫХ МОДИФИЦИРОВАННЫХ РАННЕСПЕЛЫХ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ
5. *Дунаєнко А. С., Юрченко К. Ю.* 38
ОБГРУНТУВАННЯ ТИПУ СЕПАРУЮЧОЇ ПОВЕРХНІ ДЛЯ ПНЕВМАТИЧНИХ ЗЕРНООЧИСНИХ МАШИН
6. *Карпенко О. В., Данилів І. О.* 41
ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ М'ЯСНИХ ХЛІБІВ В УМОВАХ ПРИВАТНИХ ПІДПРИЄМСТВ ПІВДНЯ УКРАЇНИ
7. *Приходько В. О., Гринівецька І. Г.* 47
ВПЛИВ БОБОВОГО КОМПОНЕНТУ І СХЕМИ СІВБИ НА ВИСОТУ РОСЛИН І ВРОЖАЙНІСТЬ КУКУРУДЗЯНОЇ СУМІШКИ НА СИЛОС

VETERINARY SCIENCES

8. *Ковальова О. М.* 51
ФАКТОРИ ПОШИРЕННЯ УРОЛІТІАЗІВ У ДРІБНИХ ТВАРИН

BIOLOGICAL SCIENCES

9. *Бурковський В. В., Погоріла І. О.* 57
ГАМЕТОПАТІЇ. БЛАСТОПАТІЇ. ЕМБРІОПАТІЇ
10. *Заводній Т. В., Дроздов О. А., Чаяло В. Я.* 62
ЕКОЛОГІЧНА ФІЛОСОФІЯ ТА ЇЇ РОЛЬ У ФОРМУВАННІ ЕКОЛОГІЧНОЇ СВІДОМОСТІ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ: ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ПЕДАГОГІЧНОЇ МАЙСТЕРНОСТІ
11. *Мотренко І. Ю., Шидловська О. А.* 69
ОГЛЯД НЕБЕЗПЕКИ ВИКОРИСТАННЯ БЕЗЛАКТОЗНИХ ПРОДУКТІВ

УДК 579.676/663.18

ОГЛЯД НЕБЕЗПЕКИ ВИКОРИСТАННЯ БЕЗЛАКТОЗНИХ ПРОДУКТІВ

Мотренко Ірина Юріївна,

студент

Шидловська Ольга Андріївна,

к.б.н., доцент

Київський національний університет технологій та дизайну

м. Київ, Україна

Анотація: Безлактозні продукти на сьогодні є єдиним варіантом харчування для осіб з непереносимістю лактози. Проте, важливо розуміти, що дані продукти можуть мати небезпеку при споживанні, пов'язану з високою калорійністю, жирністю. Також, безлактозні продукти можуть містити шкідливі речовини та алергени, такі як глютен, горіхи та різні консерванти. Тому, важливо розуміти необхідність розробки альтернативних функціональних продуктів.

Ключові слова: безлактозні продукти, глютен, консерванти, молоко, функціональні продукти

Безлактозні продукти – це продукти, виготовлені без використання лактози. Лактоза – дисахарид, що складається з галактози та глюкози [1]. Непереносимість лактози (LI) виникає, коли тонкий кишечник не виробляє достатньо ферментів лактази для перетравлення лактози [2]. Важливим є розуміння сучасних підходів корекції даного стану та продуктів, які означена група ризику може споживати. Метою роботи було дослідити доступні безлактозні продукти та оцінити можливу небезпеку їх використання. В роботі використовували методи синтезу, опису та аналізу наукової інформації.

Огляд захворювання на непереносимість лактози. Непереносимість лактози поширена в усьому світі, хоча її частота різна в різних країнах. За даними ВООЗ, в Європі непереносимість лактози має 12-17% населення, в

Україні – 15-35% дорослих. Непереносимість лактози має високу поширеність у всьому світі, коливаючись від 57% до 65% [3].

Цей стан виникає з однієї з двох причин: генетично детермінована неперсистенція лактази або наявність іншого шлунково-кишкового розладу [2]. Для цієї групи людей необхідно розробити спеціальні, безлактозні та низьколактозні молочні продукти. Перспективним напрямком розвитку молочної промисловості є цільове виробництво напоїв і продуктів, спеціально розроблених для людей з непереносимістю лактози.

Залежно від того, наскільки добре всмоктується лактоза в тонкій кишці, порушення всмоктування поділяють на: мальабсорбцію – часткова несприйнятливості до лактози, яка характеризується неповним її всмоктуванням стінками кишківника, та інтолерантність до лактози – повна несприйнятливості до неї організму. Симптоми непереносимості лактози зазвичай не виникають, якщо активність лактази перевищує 50%. Цей стан характерний для пацієнтів із порушенням всмоктування, які можуть безпечно споживати до 12 г лактози на день, що еквівалентно 250 мл молока, не порушуючи роботу шлунково-кишкового тракту [4].

Молочні продукти є невід’ємною частиною щоденного раціону. Але головною причиною відмови від молока є непереносимість молочного цукру (лактози). Тому актуальною є проблема виведення лактози з молока та молочних продуктів. Оскільки молоко та молочні продукти є цінними джерелами незамінних поживних речовин, їх виключення з раціону призведе до недостатнього надходження багатьох корисних речовин, що призведе до зниження фізичної працездатності та рівня стійкості до захворювань та інших несприятливих факторів зовнішнього середовища [5]. Тому перспективним вирішенням цієї проблеми є технологія створення молочних продуктів, вільних від лактози або зі зниженим її вмістом.

Небезпека споживання безлактозних продуктів. Шкода безлактозних продуктів не доведена. Натомість науково доведено, що безлактозна продукція зберігає більшість корисних властивостей звичайного молока, необхідних для

нормального функціонування організму, а саме: фосфор, калій, кальцій та вітаміни.

Шкода безлактозних продуктів може бути в тому, що вони приготовані з більшої кількості цукру та інших додаткових компонентів, які можуть бути шкідливими для здоров'я, якщо вони знаходяться в більшій концентрації. Також може бути небезпечним, якщо в людини є алергія на компонент, що входить до безлактозної продукції, це може бути соя, горіхи, глютен або консерванти.

Спостерігається збільшення попиту на продукти рослинного походження, оскільки відомо, що може існувати взаємозв'язок між овочевою дієтою та зниженням ризику таких патологій, як рак і серцево-судинні захворювання. Соеве, мигдальне та кокосове молоко є одними з найбільш споживаних рослинних молока. Соеве молоко без лактози та холестерину, багате білком та іншими важливими сполуками, може бути корисним для профілактики серцево-судинних захворювань; коагуляції соєвого білка можна сприяти додаванням заквасок, що дозволяє отримати йогуртоподібний продукт. Крім того, продукти, отримані з кокосового молока не містять лактози, холестерину та містять низьку кількість насичених жирних кислот; крім того, кокосове молоко показало більші антиоксидантні властивості порівняно з козячим і коров'ячим молоком [6].

Умовні причини шкоди від безлактозних продуктів:

1. Такі напої не можуть повністю замінити коров'яче молоко, тому що в них немає тваринного білка, який містить розчинні форми кальцію, який легко засвоюється організмом.

2. Деякі види рослинного молока мають у кілька разів більше жиру, ніж звичайне молоко. Кокосовий напій має жирність 24%, тоді як пастеризоване коров'яче молоко найчастіше 2,5 або 3,6%.

3. Горіхи – один з найсильніших алергенів, тому споживання напоїв з горіхів може призвести до харчової непереносимості.

4. У рослинне молоко можуть додавати різні рослинні олії, які не завжди корисні.

5. Містять харчові добавки: консерванти, стабілізатори та емульгатори. Але найголовніше, що виробники часто додають цукор, і на його шкоду вказують вітчизняні та зарубіжні експерти.

Кокосове молоко. Через надмірне споживання кокосового молока можуть виникнути різні проблеми зі здоров'ям, такі як гіпертонія, порушення роботи серця, підвищення кислотності шлунка, підвищення холестерину.

Гіпертонія. Перша проблема, яка виникне – це високий кров'яний тиск (гіпертонія). Це тому, що занадто багато кокосового молока може призвести до збільшення тригліцеридів, типу жиру, який організм може використовувати як резерв енергії. Це впливає на закупорку артерій і кровоносних судин.

Порушення роботи серця. Ще одна небезпека - підвищений ризик серцевих захворювань. Це пояснюється тим, що кокосове молоко постійно готується при високих температурах, що може спричинити накопичення шкідливих жирів у кокосовому молоці.

Підвищення кислотності шлунка. Порушення голодування кокосовим молоком може підвищити кислотність шлунка, особливо якщо ви їсте його на голодний шлунок. В результаті ця рідина може ускладнити перетравлення шлунком іншої їжі, тому біль у шлунку неминуча.

Підвищення холестерину. Цей стан виникає через накопичення в організмі насичених жирів. Тому не рекомендується споживати велику кількість кокосового молока та багаторазово нагрівати кокосове молоко.

Соєве молоко. Соєве молоко – це продукт рослинного походження, який є багатим джерелом поживних речовин. Однак соєві боби містять різноманітні шкідливі сполуки, включаючи алергени, антипоживні фактори та біогенні аміни (БА), які можуть переходити в соєве молоко.

Поширеність алергії, спричиненої сої, становить близько 1–6% у дітей молодше трьох років і близько 3–4% в дорослі. Ця алергія посилюється збільшення норми споживання сої і, як наслідок вищий вплив його білка на людину [7].

Соєвий білок (SP) виділяють із соєвих бобів, горох, конюшина. Хоча SP

має певний терапевтичний ефект, велике споживання або тривале споживання SP або сирих соєвих бобів є шкідливим для здоров'я. У цьому огляді це було помічено що соєвий білок негативно впливає на залози внутрішньої секреції; канцерогенний вплив на підшлункову, молочну і щитовидну залози; токсичний вплив на нирки і печінку; і алергічні реакції.

Побічні ефекти соєвого білка. Хоча вважається, що SP має різні позитивні ефекти на здоров'я людини, звіти показали, що споживання більших доз SP, ніж рекомендовано, може бути шкідливим. SP містить велику кількість біоактивних речовин сполучи з токсичними та/або шкідливими ефектами. В експериментальному дослідженні порушення роботи оболонки кишкової щіткової облямівки, атрофія мікрворсинок і зниження життєздатності епітеліальних клітин спостерігався при вживанні сирої сої. Дослідники виявили, що інгібітори трипсину та лектин є інгібіторами трипсину основні білки. Лектин зв'язується з кишечником епітелію і викликають шлунково-кишкові розлади зміна корпусного механізму.

Дослідження токсичності соєвого білка. Дослідники повідомили, що ін'єкції водного екстракту SP у кроликів і собак було визнано смертельним. сирий екстракт містить високу уреазну активність, токсичну речовину, які викликають смерть тварин. Загалом SP виробляє два ізоферменти уреаз. Специфічною для ембріона є уреаз синтезується лише в ембріоні, що розвивається, тоді як всюдисуща уреаз виявляється у всіх тканинах, а саме культивовані клітини, листя, ембріони, коріння та оболонки насіння. Показано підвищення рівня уреаз в SP антихарчовий ефект у щурів. Ін'єкція альбуміноподібна фракція, отримана із сирих соєвих бобів, була токсичною у морських свинок.

Вплив соєвого білка на ендокринні залози. Велика кількість SP містить низку фітоестрогенів такі як зеністеїн, біохалін А та дайдзеїн. Більшість з фітоестрогени є потенційно ендокринними руйнівними речовинами які порушують нормальну роботу гормонів, а також репродуктивна система. Це показали різні дослідження фітоестрогени мають значний вплив на статевий

розвиток з точки зору зміни часу статевого дозрівання, естрогенного циклу порушення функцій яєчників і гіпофіза а також дисфункції гіпоталамуса. Крім того, це було зазначено, що збільшення споживання SP виробляється шкідлива естрогенна та гойтрогенна діяльність [8].

Небезпека мигдального молока для здоров'я. Мигдаль вважається другим за популярністю горіхом у світі (після арахісу). Але він шкідливий при надлишку в раціоні. Так, регулярне вживання мигдалю може викликати проблеми з шлунково-кишковим трактом, якщо ви не п'єте достатньо води. Всім відомо, що клітковина зв'язує і виводить токсини з організму. Але надмірна кількість може позбавити організм запасів кальцію, магнію, цинку та заліза.

Шкідливий вплив мигдального молока на шлунок можливо тільки при використанні магазинних аналогів. Багато виробників додають в свою продукцію спеціальний загусник. Карагенан або карраген сприяє розвитку пухлинних захворювань, а також може перешкоджати нормальній роботі шлунково-кишкового тракту. В результаті можуть виникнути здуття живота, харчова алергія, запальні захворювання кишечника, виразка і навіть рак шлунка.

Калорійність мигдалю становить 645 ккал на 100 г: занадто висока, щоб зробити горіх регулярним перекусом. Якщо ви вживаєте їх регулярно, ви можете легко набрати вагу завдяки високому вмісту жирів у вашому раціоні.

Людам з алергією на горіхи та людям зі зниженою роботою щитовидної залози не можна пити цей напій.

Висновки. Безлактозні продукти є основним варіантом харчування для осіб з непереносимістю лактози, яка може бути генетично обумовленою або пов'язаною з іншими шлунково-кишковими розладами. Вони залишаються популярними завдяки поширенню непереносимості лактози в нашому світі. Ринок таких продуктів зростає через збільшення відомостей споживачів про їх використання та сприяння здоровому способу життя.

Також слід зазначити про ризики. Деякі безлактозні продукти можуть створити більшу кількість цукру та додаткові компоненти, які можуть бути шкідливими для здоров'я. Також, може виникнути реакція на деякі компоненти

таких продуктів, наприклад, на горіхи, глютен або консерванти.

Рослинне молоко, наприклад кокосовий напій, може мати більше жиру в складі, ніж звичайне коров'яче молоко, і додавання рослинних олій може вплинути на харчову цінність. Споживання соєвого білка також має обмеження, оскільки більші дози можуть мати негативний вплив на організм.

Таким чином, наявні безлактозні продукти є лише невеликою добіркою варіантів для осіб з непереносимістю лактози, що потребують серйозного підходу у виборі такого продукту та його споживанні. Для мінімізації ризиків для здоров'я необхідно розробляти альтернативні функціональні продукти.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Sharp, E., D'Cunha, N. M., Ranadheera, C. S., Vasiljevic, T., Panagiotakos, D. B., Naumovski, N. Effects of lactose-free and low-lactose dairy on symptoms of gastrointestinal health: A systematic review. *International Dairy Journal*. 2021. Vol. 114, P. 104936. URL: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104936> (дата звернення: 17.03.2023).
2. Facioni, M. S., Raspini, B., Pivari, F., Dogliotti, E., & Cena, H. Nutritional management of lactose intolerance: the importance of diet and food labelling. *Journal of translational medicine*. 2020. Vol. 18, P. 1-9. URL: <https://doi.org/10.1186/s12967-020-02429-2> (дата звернення: 17.03.2023).
3. Catanzaro R., Sciuto M., Marotta F. Lactose intolerance: An update on its pathogenesis, diagnosis, and treatment. *Nutrition Research*. 2021. Vol. 89. P. 23–34. URL: <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2021.02.003> (дата звернення: 17.03.2023).
4. Tetiana Y., Anton S. FORMATION OF THE DOMESTIC MARKET OF LACTOSE-FREE AND LOW-LACTOSE DAIRY PRODUCTS. THE INTERNATIONAL SCIENTIFIC-PRACTICAL JOURNAL "COMMODITIES AND MARKETS". 2021. Vol. 38, no. 2. P. 33–43. URL: [https://doi.org/10.31617/tr.knute.2021\(38\)03](https://doi.org/10.31617/tr.knute.2021(38)03) (дата звернення: 17.03.2023).
5. Оздоровче харчування : навч. посіб. / Карпенко П. О., та ін. ; за ред. П. О. Карпенка. Київ: Київ. нац. торг.- екон. ун-т, 2019. 628 с.

6. Froiio, F., Cristiano, M. C., Mancuso, A., Iamone, M., & Paolino, D. Vegetable-milk-based yogurt-like structure: Rheological properties influenced by gluten-free carob seed flour. *Applied Sciences*. 2020. Vol. 10, no. 19. P. 6963. URL: <https://doi.org/10.3390/app10196963> (дата звернення: 17.03.2023).
7. Mollakhalili-Meybodi N., Arab M., Zare L. Harmful compounds of soy milk: characterization and reduction strategies. *Journal of Food Science and Technology*. 2021. URL: <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05249-4> (дата звернення: 17.03.2023).
8. Sukalingam, K., Ganesan, K., Das, S., & Thent, Z. C. An insight into the harmful effects of soy protein: A review. . *La Clinica terapeutica*. 2015. Vol. 166, no. 3. P. 131–139. URL: <https://doi.org/10.7417/CT.2015.1843>