

ISSN 2786-8974 (Online)

2025 | 4

виходить з 2023 року

Науковий електронний журнал

Здоров'я людини і нації

Scientific e-Journal

Human and nation's health

Національний університет біоресурсів і природокористування України
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine



ISSN 2786-8974 (Online)

УДК 613:17.023.31/.32

ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ І НАЦІЇ

Електронний науковий журнал. № 4 (2025)*виходить 4 рази на рік*

*Рекомендовано до видання та поширення Вченою радою НУБіП України,
протокол № 5 від 27.11.2025 р.*

Засновник і видавець:

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Рік заснування: 2023,

рішенням Вченої ради НУБіП України від 25.10.2023, протокол № 4

Державна реєстрація:

Ідентифікатор медіа R40-02286. Рішення Національної Ради України з питань телебачення і
радіомовлення від 21.12.2023 р. № 1796, протокол № 31

Включено до категорії «Б» Переліку наукових фахових видань України
за спеціальністю 181 "Харчові технології" (технічні науки).

Наказ Міністерства освіти і науки України № 582 від 24.04.2024 р.***Інші спеціальності, за якими журнал приймає до публікації статті:****017 «Фізична культура і спорт» (освіта/педагогіка);**229 «Громадське здоров'я» (охорона здоров'я).*

**Журнал представлено у міжнародних наукометричних базах даних, репозиторіях та
пошукових системах:** Index Copernicus International, Google Scholar, Національна бібліотека
України імені В. І. Вернадського

Адреса редакції:

Національний університет біоресурсів і природокористування України
03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15. Тел.: +38 044 527 87 20.

E-mail: humanhealth@nubip.edu.ua<https://www.humanhealth.nubip.edu.ua>

ISSN 2786-8974 (Online)

UDC 613:17.023.31.32

HUMAN and NATION'S HEALTH**Electronic scientific journal. № 4 (2025)***Published 4 times a year*

*Recommended for publication and distribution the Academic Council NULES of
Ukraine, Minutes № 5 of November 27, 2025*

Founder and Publisher:

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Year of foundation: 2023,

by the decision of the Academic Council NULES of Ukraine, Minutes No.4,
dated 25.10.2023

State Registration:

Media identifier R40-02286. Decision of the National Council of Television and Radio
Broadcasting of Ukraine No.1796, Minutes No.31, dated 21.12.2023 p.

*Included in category "B" of the List of scientific and specialized publications of Ukraine
in specialty 181 "Food technology" (technical sciences).*

Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine No. 582 of April 24, 2024

Other specialties for which the journal accepts articles for publication:

017 «Physical education and sport» (education/pedagogy);

229 «Public health» (health).

**The journal is presented international scientometric databases, repositories and scientific
systems:** Index Copernicus International,
Google Scholar, Vernadsky National Library of Ukraine

Editors office address:

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
03041, 15 Heroiv Oborony, Kyiv, Ukraine. Phone +38 044 527 87 20.

E-mail: humanhealth@nubip.edu.ua

<https://www.humanhealth.nubip.edu.ua>

© National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 2024

Редакційна колегія:

Баль-Прилипко Лариса Вацлавівна	Доктор технічних наук, професор, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна (<i>головний редактор</i>);
Муштрук Михайло Михайлович	Кандидат технічних наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна (<i>заступник головного редактора</i>);
Мельник Вікторія Іванівна	Кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна (<i>відповідальний секретар</i>);
Альтанова Альона Борисівна	Кандидат педагогічних наук, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна;
Безкопильний Олександр Олександрович	Доктор педагогічних наук, доцент, Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, Україна;
Белікова Наталія Олександрівна	Доктор педагогічних наук, професор, Волинський національний університет імені Лесі Українки, Україна;
Бринзак Сава Савович	Кандидат наук з фізичного виховання, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна;
Василів Володимир Павлович	Кандидат технічних наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна;
Голембовська Наталія Володимирівна	кандидат технічних наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна;
Данилевич Мирослава Василівна	Доктор педагогічних наук, професор, Львівський державний університет фізичної культури імені Івана Боберського, Україна;
Древіцька Оксана Остапівна	Доктор медичних наук, професор, ННЦ «Інститут біології та медицини КНУ імені Тараса Шевченка, Україна;
Корнієнко Валентина Іванівна	Доктор біологічних наук, професор, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна;
Костенко Микола Петрович	Кандидат педагогічних наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна;
Ляхова Інна Миколівна	Доктор педагогічних наук, професор, Київський університет імені Бориса Грінченка, Україна;
Мартинчук Олександр Аркадійович	Кандидат медичних наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна;
Ніколаєнко Микола Станіславович	Phd, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна;
Паламарчук Ігор Павлович	Доктор технічних наук, професор, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна
Постой Руслана Вікторівна	Доктор ветеринарних наук, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна;
Путров Сергій Юрійович	Доктор філософських наук, професор, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна;
Слободянюк Наталія Михайлівна	Кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна;
Сущенко Людмила Петрівна	Доктор педагогічних наук, професор, Український державний університет імені Михайла Драгоманова, Україна;
Ткач Геннадій Федорович	Доктор медичних наук, професор, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна;
Устименко Ігор Миколайович	Кандидат технічних наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна;
Швець Олег Віталійович	Кандидат медичних наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна;
Шмаргун Віталій Миколайович	Доктор психологічних наук професор, Національний університет біоресурсів і природокористування України Україна;
Гарбузова Вікторія Юрївна	Доктор біологічних наук, професор, Сумський державний університет, Україна
Мирослава Качаньова	PhD, професор, Словацький університет сільського господарства в Нітрі, Словаччина;
Родіка Маргаоан	PhD, науковий співробітник, Університет сільськогосподарських наук та ветеринарної медицини Клуж-Напока, Румунія;
Томаш Гембаровський	PhD, доцент кафедри біоструктури та фізіології тварин, Вроцлавський університет наук про навколишнє середовище та життя, Польща;
Юстина Батьковська	доктор габілітований, професор Інституту біологічних основ тваринництва, Університет природничих наук, Польща.

Editorial Board:

Bal-Prylypko Larysa Vatslavivna	Doctor of Technical Sciences, Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine (<i>Editor-in-Chief</i>);
Mushtruk Mykhailo Mykhailovych	PhD in Technical Sciences, Associate Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine (<i>Deputy Editor-in-Chief</i>);
Melnyk Viktoriia Ivanivna	PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine (<i>Executive Secretary</i>);
Altanova Alona Borysivna	PhD in Pedagogy, Associate Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine;
Bezkopylnyi Oleksandr Oleksandrovych	Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Ukraine;
Bielikova Nataliia Oleksandrivna	Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Lesya Ukrainka Volyn National University, Ukraine;
Brynzak Sava Savovych	PhD in Sciences in Physical Education and Sports, Associate Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine;
Holembovska Nataliia Volodymyrivna	PhD in Technical Sciences, Associate Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine;
Vasyliv Volodymyr Pavlovych	PhD in Technical Sciences, Associate Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine;
Danylevych Myroslava Vasylivna	Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Lviv state university of physical culture named after Ivan Bobersky, Ukraine;
Drevitska Oksana Ostapivna	Doctor of Medical Science, Professor, Educational and Scientific Center "Institute of Biology and Medicine", Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine;
Korniienko Valentyna Ivanivna	Doctor of Biological Sciences, Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine;
Kostenko Mykola Petrovych	PhD in Pedagogy, Associate Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine;
Liakhova Inna Mykolivna, Martynchuk Oleksandr Arkadiiovych	Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Borys Grinchenko Kyiv University, Ukraine; PhD in Medical Sciences, Associate Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine;
Nikolaienko Mykola Stanislavovych	PhD, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine;
Palamarchuk Ihor Pavlovych	Doctor of Technical Sciences, Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine
Postoi Ruslana Viktorivna	Doctor of Veterinary Sciences, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine;
Putrov Serhii Yuriiovych	Doctor of Philosophical Sciences, Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine;
Slobodianiuk Nataliia Mykhailivna	PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine;
Sushchenko Liudmyla Petrivna	Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, National Pedagogical Dragomanov University, Ukraine;
Shvets Oleh Vitaliiiovych	PhD in Medical Sciences, Associate Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine;
Shmarhun Vitalii Mykolaiovych	Doctor of Psychological Sciences, Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine;
Tkach Hennadii Fedorovych	Doctor of Medical Sciences, Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine;
Ustymenko Ihor Mykolaiovych	PhD in Technical Sciences, Associate Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine;
Harbuzova Viktoriia Yuriivna	Doctor of Biological Sciences, Professor, Sumy State University, Ukraine;
Justyna Batkowska	Full professor, University of Life Sciences in Lublin – Institute of Biological Basis of Animal Production;
Margaoan Rodica	PhD, University of Agricultural Science and Veterinary Medicine Cluj-Napoca Calea Manastur;
Miroslava Kačániová	Full professor Slovak University of Agriculture in Nitra Rzeszow university;
Tomasz Gębarowski	PhD, adiunkt, Wrocław University of Environmental and Life Sciences, Poland.

ЗМІСТ

1. Іван Баль, Руслан Кононенко, Наталія Голембовська, Олександр Каніщев, Максим Рябовол Порівняльний аналіз харчової цінності прісноводних та морських гідробіонтів	7
2. Вікторія Кулик, Оксана Штонда Вплив фруктових-ягідних інгредієнтів на мікробіологічні показники натуральних напівфабрикатів	17
3. Ярослав Кислиця, Аліна Менчинська, Світлана Даниленко Застосування молочнокислої мікрофлори для формування безпечності соленої риби <i>Clarias Gariepinus</i>	30
4. Мар'яна Овчарук, Оксана Топчій, Алла Петрина Формування ламелярної структури емульсій на основі гідролізованого лецитину та стеарату сахарози	40
5. Олександр Панасюк, Лариса Баль-Прилипко, Ігор Устименко, Галина Толок, Анастасія Лялик Дослідження впливу ожинового пюре на якість та мікробіологічну стабільність соєвого йогурту під час зберігання	52
6. Лі Сюй, Аліна Менчинська Харчова та біологічна цінність білого амура (<i>Stenopharyngodon Idella</i>) як сировини для продуктів здорового харчування	62
7. Максим Власенко, Іван Баль, Руслан Кононенко, Наталія Голембовська, Сергій Лебський Огляд наукового обґрунтування застосування амаранту в технологіях рибних продуктів для геродієтичного харчування	72
8. Оксана Топчій, Тарас Буячок, Юлія Крижова, Ольга Чернюшок, Євгенія Шубіна Використання рослинної клітковини у технології м'ясних паштетів як чинник підвищення харчової цінності та стабільності продукту	84
9. Семен Толок Насіння чіа, кіноа та льону як функціональні інгредієнти сиркових паст	99
10. Ірина Берник, Ігор Драчук Теоретичні аспекти енергетичної складової ультразвукового диспергування емульсій	113
11. Максим Гудзенко, Віктор Сарана, Зінаїда Бурова, Дмитро Горенков Вплив параметрів пресування на окисну стабільність лляної олії	125

CONTENTS

1. Bal Ivan, Ruslan Kononenko, Nataliia HOLEMBOVSKA, Oleksandr Kanishchev Maksim Riabovol	
Comparative analysis of the nutritive value of freshwater and marine hydrobians.....	7
2. Viktoriia Kulyk, Oksana Shtonda	
Influence of fruit and berry ingredients on the microbiological indicators of natural semi-finished products	17
3. Yaroslav Kyslytsia, Alina Menchynska, Svitlana Danylenko	
Application of lactic acid bacteria for ensuring the safety of salted <i>Clarias Gariepinus</i>	30
4. Maryana Ovcharuk, Oksana Topchii, Alla Petryna	
Formation of the lamellar structure of emulsions based on hydrolyzed lecithin and stearate sucrose	40
5. Oleksandr Panasiuk, Larysa Bal-Prylypko, Ihor Ustymenko, Halyna Tolok Anastasiia Lialyk	
Research on the influence of dewberry pure on the quality and microbiological stability of soy yogurt during storage	52
6. Li Xu, Alina Menchynska	
Nutritive and biological value of white amural (<i>Ctenopharyngodon Idella</i>) as a raw material for healthy food product	62
7. Vlasenko Maksym, Bal Ivan, Kononenko Ruslan, HOLEMBOVSKA Nataliia, Lebsky Serhiy	
Scientific substitution of the use of amaranth in fish product technologies for herodietic nutrition	72
8. Oksana Topchii, Taras Buyachok, Yuliya Kryzhova, Olga Chernyushok, Yevheniya Shubina	
The use of vegetable fiber in the technology of meat pates as a factor in increasing the nutritional value and stability of the product	84
9. Semen Tolok	
Chia, quinoa, and flax seeds as functional ingredients in curd-based spreads	99
10. Iryna Bernyk, Igor Drachyk	
Theoretical aspects of the energy component of ultrasonic emulsion dispersion.....	113
11. Maksym Hudzenko, Viktor Sarana, Zinaida Burova, Dmytro Gorenkov	
Influence of pressing parameters on the oxidative stability of flaxseed oil.....	125

УДК 641.3:639.2

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.4.2025.07>

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ ПРІСНОВОДНИХ ТА МОРСЬКИХ ГІДРОБІНТІВ

Іван Миколайович Баль

PhD доктор філософії,

<https://orcid.org/0009-0007-1608-5263>

*Національний університет біоресурсів і природокористування України
03041, Україна, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15.*

Руслан Володимирович Кононенко

канд. вет. наук, доцент

<https://orcid.org/0000-0002-7818-258>

*Національний університет біоресурсів і природокористування України
03041, Україна, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15.*

Наталія Володимирівна Голембовська

канд. техн. наук, доцент

<https://orcid.org/0000-0001-8159-4020>

*Національний університет біоресурсів і природокористування України
03041, Україна, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15.*

Олександр Петрович Каніщев

PhD доктор філософії,

<https://orcid.org/0009-0006-5034-3695>

*Національний університет біоресурсів і природокористування України
03041, Україна, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15.*

Максим Віталійович Рябовол

PhD доктор філософії,

<https://orcid.org/0000-0003-0605-8708>

*Національний університет біоресурсів і природокористування України
03041, Україна, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15.*

Анотація. У статті наведено результати комплексного дослідження хімічного складу, амінокислотного профілю та жирнокислотного складу основних промислових видів прісноводних та морських риб, які становлять важливий сегмент сучасного рибного ринку та є перспективними джерелами повноцінних білків і ліпідів у харчуванні людини.

Мета роботи здійснити порівняльний аналіз хімічного складу та харчової цінності прісноводних і морських гідробіонтів, визначити їхню білкову та ліпідну цінність, особливості амінокислотного і жирнокислотного профілів, а також обґрунтувати рекомендації щодо раціонального використання різних видів рибної сировини у харчуванні.

Об'єктами дослідження обрано прісноводні види — короп, білий амур, товстолобик, а також морські види — тріску, форель та скумбрію.

При виконанні роботи використовували методи систематизації, аналізу і узагальнення інформації. Для пошуку наукових джерел використовували науково метричні бібліографічні бази даних: Scopus і Web of Science, пошукову систему Google Scholar.

Отримані результати свідчать, що енергетична цінність прісноводних риб коливається у межах 104,35–129,85 ккал/100 г, що дозволяє віднести їх до категорії високобілкових (15,60–18,91 %) і низько- або середньо-жирних продуктів (3,1–8,1 %). Доведено, що білки коропа та білого амуру характеризуються збалансованим складом незамінних амінокислот і не містять лімітуючих амінокислот, тоді як у товстолобика обмежувальними є валін та метіонін+цистин. У морських видів риб скор незамінних амінокислот перевищує показники «ідеального білка», що свідчить про їхню високу біологічну цінність. Аналіз жирнокислотного складу продемонстрував видові відмінності у співвідношенні насичених, моно- та поліненасичених

жирних кислот.

Дослідження мають важливе практичне значення для харчової промисловості, дієтології та аквакультури, оскільки підкреслюють необхідність раціонального поєднання риби різних видів у харчуванні людини з метою оптимального забезпечення організму незамінними амінокислотами та есенціальними жирними кислотами.

Ключові слова: прісноводні риби, морські гідробіонти, амінокислотний склад, жирні кислоти, ω -3 кислота.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE NUTRITIVE VALUE OF FRESHWATER AND MARINE HYDROBIANS

Ivan Bal

PhD Doctor of Philosophy,

<https://orcid.org/0009-0007-1608-5263>

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

03041, 15 Heroiv Oborony Str., Kyiv, Ukraine

Ruslan Kononenko

PhD in Veterinary Sciences, Associate Professor

<https://orcid.org/0000-0002-7818-2583>

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

03041, 15 Heroiv Oborony Str., Kyiv, Ukraine

Nataliia Holembovska

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

<https://orcid.org/0000-0001-8159-4020>

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

03041, 15 Heroiv Oborony Str., Kyiv, Ukraine

Oleksandr Kanishchev

PhD Doctor of Philosophy,

<https://orcid.org/0009-0006-5034-3695>

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

03041, 15 Heroiv Oborony Str., Kyiv, Ukraine

Maksim Riabovol

PhD Doctor of Philosophy,

<https://orcid.org/0000-0003-0605-8708>

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

03041, 15 Heroiv Oborony Str., Kyiv, Ukraine

Abstract. The article presents the results of a comprehensive study on the chemical composition, amino acid profile, and fatty acid composition of the main commercial species of freshwater and marine fish, which constitute a significant segment of the modern fish market and are promising sources of high-quality proteins and lipids in human nutrition.

The purpose of the work is to carry out a comparative analysis of the chemical composition and nutritional value of freshwater and marine aquatic organisms, to determine their protein and lipid value, features of amino acid and fatty acid profiles, and to substantiate recommendations for the rational use of various types of fish raw materials in nutrition.

The study's subjects included freshwater species, such as carp, grass carp, and silver carp, as well as marine species, including cod, trout, and mackerel. When performing the work, methods of systematization, analysis, and generalization of information were used. To search for scientific sources, scientifically metric bibliographic databases were used: Scopus, Web of Science, and Google Scholar.

The results obtained indicate that the energy value of freshwater fish ranges from 104.35 to 129.85 kcal/100 g, which allows us to classify them as high-protein (15.60–18.91%) and low- or

medium-fat products (3.1–8.1%). It has been proven that the proteins of carp and grass carp are characterized by a balanced composition of essential amino acids and do not contain limiting amino acids, while in silver carp the limiting ones are valine and methionine+cystine. In marine fish species, the ratio of essential amino acids exceeds the indicators of the “ideal protein”, which indicates their high biological value. Analysis of the fatty acid composition demonstrated species differences in the ratio of saturated, mono- and polyunsaturated fatty acids.

The research has significant practical implications for the food industry, dietetics, and aquaculture, as it highlights the importance of a rational combination of different fish species in human nutrition to provide the body with essential amino acids and essential fatty acids optimally.

Keywords: freshwater fish, marine hydrobionts, amino acid composition, fatty acids, ω -3 acid.

ВСТУП. У сучасних умовах питания забезпечення населення якісними та поживними харчовими продуктами набуває особливої ваги. Серед ресурсів тваринного походження важливе місце посідають гідробіонти — організми, що мешкають у водному середовищі. Вони є цінним джерелом високоякісного білка, поліненасичених жирних кислот, комплексу вітамінів і мінералів, необхідних для нормального функціонування організму людини (Holembovska & Vlasenko, 2022).

Порівняння харчової цінності морських і прісноводних гідробіонтів становить значний інтерес як у науковому, так і в практичному аспектах. Це зумовлено відмінностями у складі водного середовища, що формує специфічні особливості їхнього біохімічного складу та поживних властивостей. Так, морські види традиційно містять більші концентрації йоду та ω -3 жирних кислот, тоді як прісноводні риби мають інший мінеральний баланс і характеризуються більшою доступністю для споживачів у внутрішніх регіонах (Holembovska&Lebska, 2014).

Іхтіофауна України налічує близько 200 видів риб (за іншими даними — близько 180), з яких приблизно 110 мешкають у річкових екосистемах, а близько 180 — у морських. При цьому близько 90 видів одночасно зустрічаються в прибережних районах Чорного та Азовського морів і у впадаючих до них річках (Bal, 2025). Таке біорізноманіття створює широкі можливості для розвитку рибного господарства та проведення комплексних досліджень у цій сфері.

До ключових промислових видів прісноводної риби належать короп (лускатий і український рамчастий), товстолобик, білий амур, сазан, карась та кларієвий сом, харчову цінність яких висвітлено у численних дослідженнях.

Серед морських видів значну роль відіграють кефаль, оселедець, хамса, скумбрія та інші риби, що відрізняються високим вмістом жиророзчинних вітамінів і цінних поліненасичених жирних кислот (Bal et al., 2023).

Зростання попиту на дієтичні продукти та необхідність підвищення рівня продовольчої безпеки зумовлюють актуальність дослідження харчової цінності прісноводних і морських гідробіонтів. Це дозволяє оцінити їхній внесок у раціон людини, визначити переваги й обмеження різних груп, а також сформулювати рекомендації щодо оптимального використання цих ресурсів у харчуванні населення (Dorozhko&Holembovska, 2025).

Отже, проведення порівняльного аналізу харчової цінності прісноводних та морських гідробіонтів має вагоме теоретичне та практичне значення. Результати таких досліджень можуть бути використані у харчовій промисловості, дієтології та медицині для формування раціонів збалансованого харчування, а також сприятимуть ефективнішому використанню водних біоресурсів в Україні та за її межами.

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ. Кларієвий сом (*Clarias gariepinus*) протягом останніх трьох десятиліть широко поширився в аквакультурі багатьох країн. Він використовується як об'єкт ставового вирощування у тропічних та субтропічних регіонах, а також як вид індустріальної аквакультури у країнах з помірним кліматом (Kyslytsia&Menchynska, 2025). Природні місця

проживання цього виду включають прісні водойми тропічної Африки, Близького Сходу та Південно-Східної Азії.

Кларієвий сом є всеїдною, швидкоростучою та скоростиглою рибою, що починає розмножуватися у віці 7–8 місяців. Максимальна довжина риби може досягати 1,7 м, а маса тіла — до 60 кг. Наявність надзаябрового органу дозволяє кларієвому сому дихати атмосферним киснем і виживати у періоди пересихання водойм, що створює додаткові можливості для аквакультурного вирощування у штучних системах із високою щільністю посадки (Kyslytsia&Menchynska, 2025).

Африканський кларієвий сом (*Clarias gariepinus*) вважається перспективним видом для розвитку аквакультури в Україні. Він поєднує швидкий ріст, всеїдність та здатність витримувати високі щільності посадки завдяки наявності надзаябрового органу, що дозволяє дихати атмосферним повітрям. Використання рециркуляційних аквасистем робить можливим його вирощування в умовах помірного клімату та отримання кількох врожаїв товарної риби протягом року. Це створює передумови для збільшення виробництва вітчизняної рибної продукції та зниження частки імпоротної риби на внутрішньому ринку (Mykhalchuk & Kovalenko, 2024).

М'ясо кларієвого сома біле, щільне та ніжне, з приємним смаком, придатне для приготування різноманітних кулінарних виробів, сушіння та в'ялення. Цей вид є об'єктом як промислового рибальства, так і аквакультури. У тропічних регіонах його вирощують у відкритих ставках, басейнах та садках, тоді як у помірних широтах розводять переважно в рециркуляційних аквасистемах із контрольованою температурою, оскільки кларієвий сом швидко гине при воді нижче 11–12 °C (Zadorozhnyi, 2023).

Незнамов С.О. та Приведа І.О. стверджують, що кларієвий сом (*Clarias gariepinus*) є одним із найважливіших об'єктів аквакультури завдяки високій пластичності, здатності дихати атмосферним повітрям та швидкому росту, що робить його перспективним видом для індустріального вирощування (Neznamov & Priveda, 2020).

Кларієвий сом завдяки всеїдності, тобто здатності споживати як рослинну, так і тваринну їжу, легко пристосовується до різноманітних умов середовища. Овдійук провів численні дослідження, вивчаючи харчування *Clarias gariepinus*, і встановив цю рибу як всеїдну (Ovdiyuk, 2025).

Кларієвий сом характеризується швидким ростом, всеїдністю та невибагливістю до середовищних умов, що забезпечує йому легке пристосування до різних технологічних систем вирощування. Це робить його одним із провідних видів для розвитку промислового рибництва (Starko, 2023).

Кларієвий сом (*Clarias gariepinus*) є перспективним видом аквакультури завдяки швидкому росту, всеїдності та високій здатності до адаптації. Наявність надзаябрового органу забезпечує його вирощування у щільних посадках та в умовах рециркуляційних систем. Використання цього виду сприяє підвищенню виробництва якісної рибної продукції та зниженню залежності України від імпорту.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ – здійснення порівняльного аналізу харчової цінності прісноводних та морських гідробіонтів, визначення їхніх сильних сторін і перспектив включення у раціон людини з урахуванням біологічної та дієтичної цінності.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ. Матеріали та методи дослідження передбачають аналіз наукових джерел, що охоплюють сучасні праці з обраної тематики, містять дані про хімічний склад та харчову цінність прісноводних і морських риб. До аналізу були залучені публікації за 2022–2025 рр. До літературної бази віднесено наукові статті, дисертаційні роботи, рецензії, монографії та технічні звіти, присвячені вивченню рибної сировини. Пошук інформації здійснювався у провідних наукових базах даних — *Google Scholar*, *PubMed*, *Scopus* та *Web of Science* із застосуванням критеріїв актуальності та рецензованості матеріалів. Перевага

надавалася публікаціям із високим рівнем цитованості та сучасним науковим підходам.

Види риб — короп (*Cyprinus carpio*), білий амур (*Stenopharyngodon idella*), товстолобик (*Hypophthalmichthys molitrix*), тріска (*Gadus morhua*), форель (*Oncorhynchus mykiss*) та скумбрія (*Scomber scombrus*) — були обрані як найбільш поширені у світовому рибництві та такі, що суттєво різняться за видовими та екологічними характеристиками, що дозволяє забезпечити коректність порівняння між прісноводними та морськими видами.

Методологія оглядової роботи ґрунтується на системному підході до відбору, аналізу та узагальнення інформації з різних джерел. Літературні матеріали структурувалися залежно від хімічного складу та функціональної ефективності біологічно активних речовин у рибних продуктах. Проведений критичний аналіз дозволив виявити прогалини у наявних дослідженнях і окреслити перспективні напрями подальших наукових пошуків. На основі узагальнених результатів сформовано інтегроване бачення проблеми та розроблено рекомендації щодо вдосконалення технологій збагачення рибної продукції.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ. Енергетична цінність прісноводних риб залежить від виду, сезону вилову, розміру та статі особин. У середньому вона становить: у білого амура — 109,75 ккал, у коропа — 104,35 ккал, у товстолобика — 129,85 ккал. Основним фактором високої енергетичної цінності є вміст білка (15,60–18,91%), що дозволяє віднести ці види до високобілкових. За вмістом жиру (3,1–8,1%) вони належать до низько- та середньожирних риб. Середній показник енергетичної цінності (114,65 ккал/100 г) свідчить, що споживання прісноводних риб частково покриває добову потребу людини в енергії (2 500 ккал).

У таблиці 1 наведено порівняльна характеристика хімічного складу та енергетичної цінності прісноводних риб України.

Таблиця 1. Порівняльна характеристика хімічного складу м'яса сома та інших прісноводних

Масова частка, у % від загального хімічного складу	Назва риб		
	Кларієвий сом (Баль та ін., 2023)	Білий амур (Лебський, 2022)	Товстолобик (Лебський, 2022)
Вологи	75,20±0,30	77,50±1,90	75,6±1,55
Білка	16,80±0,35	17,10±0,30	18,70±0,99
Жиру	6,50±0,21	4,50±0,89	4,83±0,78
Золи	1,50±0,20	1,50±0,01	1,20±0,03
Енергетична цінність, кКал/100 г	125,70±10,21	108,90±8,32	118,27±11,53

Основні морські гідробіонти, які виловлюють українські рибаки та сировина, яка надходить імпортом, представлена на ринку України головним чином оселедцем, скумбрією, тріскою та іншими. Оцінка харчової цінності цих риб наведено у таблиці 2.

Таблиця 2. Оцінка харчової цінності основних морських риб на ринку України

Вміст, у % від загального хімічного складу	Назва риби		
	Оселедець (Дулька та ін., 2024)	Тріска (Дулька та ін., 2024)	Скумбрія (Дулька та ін., 2024)
Вологи	79,98	76,98	75,40
Білку	20,90	20,90	16,60
Жиру	0,25	0,25	6,60
Мінеральних речовин	1,35	1,45	1,38
Енергетична цінність, кКал/100 г	85,85	85,85	125,80

Як свідчать дані таблиці 2, хімічний склад м'язової тканини морських риб у цілому подібний до показників прісноводних видів, однак має видові особливості. При однаковому вмісті білка рівень жиру у сома та скумбрії практично співпадає, що зумовлює однакову енергетичну цінність їх м'яса — 125,80 ккал/100 г.

Біологічна цінність рибної сировини визначається кількістю та співвідношенням незамінних амінокислот (НАК) (Brandhorst&Longo, 2019). Для її оцінки традиційно застосовують порівняння якісного та кількісного складу НАК з рекомендаціями ФАО/ВООЗ. Підсумки порівняльного аналізу вмісту НАК у м'язовій тканині основних промислових видів прісноводних риб та їх відповідність «ідеальному білку» наведено в таблиці 3.

Таблиця 3. Порівняльна оцінка вмісту незамінних амінокислот білків м'язової тканини прісноводних риб і їх відповідність до рекомендацій ФАО/ВООЗ, г/100 г білку

Назва НАК	Сировина		
	Короп (Мазараки, 2014)	Білий амур (Лебський, 2022)	Товстолобик (Лебський, 2022)
AAE9, в т.ч.	50,38	45,09	32,60
VAL	6,47	4,19	2,24
ILE	4,71	4,90	3,68
LEU	10,58	8,80	7,38
MET+CYS	2,94	2,97	1,13
THR	5,29	4,60	2,63
PHE+TYR	7,64	7,96	5,63
THR	1,06	0,9	Сліди
LYS	11,17	10,29	7,23
HIS	0,52	0,48	2,68

У відповідності до останніх рекомендацій ФАО/ВООЗ сума НАК у ідеальному білку складає 27,70 г/100 г білку, що значно нижче у порівнянні з цим показником м'язової тканини усіх досліджуваних нами риб: у товстолобику 32,60, білого амуру – 32,60 і коропа – 50,38 г/100 г білку відповідно. Білок товстолобику характеризується присутністю таких лімітуючих НАК, як валін та метіонін+цистін. Скор цих кислот складає 57,44 та 51,36 % відповідно (рис. 1).

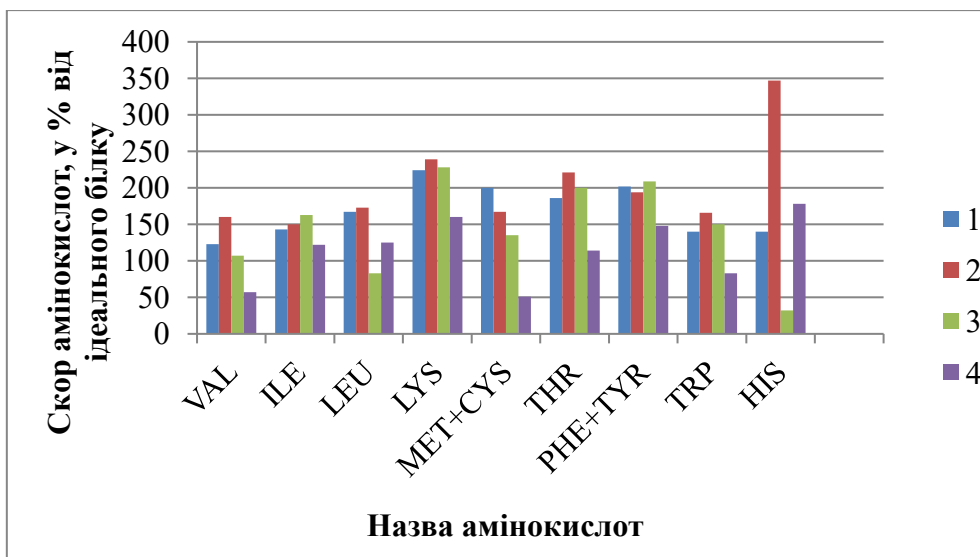


Рисунок 1. Скор амінокислот білку основних промислових прісноводних риб України. Позначення: 1 - *C. gariepinus*; 2 - *C. carpio*; 3 - *C. idella*; 4 - *H. Molitrix*.

З рисунка 1 видно, що у складі білка коропа та білого амуру не виявлено лімітуючих незамінних амінокислот. Це свідчить про вищу збалансованість амінокислотного складу м'язової тканини цих риб у порівнянні з товстолобиком. Порівняльні дані щодо біологічної цінності білка основних промислових морських риб за скором незамінних амінокислот представлені на рисунку 2.

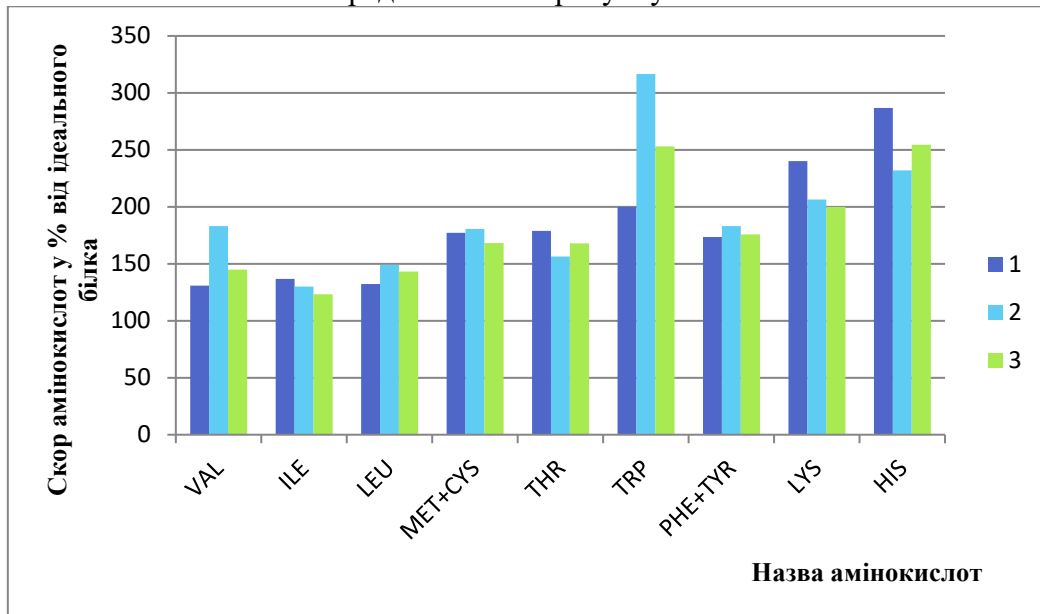


Рисунок 2. Порівняльна оцінка біологічної цінності білку основних промислових морських риб за скором незамінних амінокислот

Позначення: 1 – *Gadus morhua*, 2 – *Salmo trutta*, 3 – *Scomber scomber*.

Отримані результати свідчать, що білки таких морських риб, як тріска, форель і скумбрія, відзначаються високою біологічною цінністю. Встановлено, що скор усіх незамінних амінокислот у цих видів перевищує показники «ідеального білка», при цьому жодна з амінокислот не є лімітуючою.

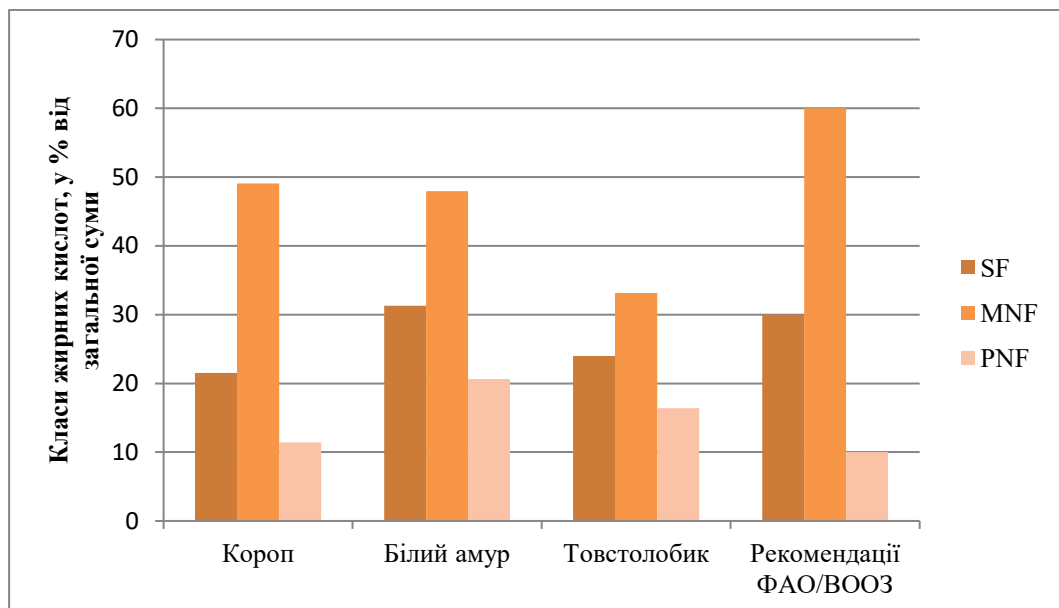


Рисунок 3. Порівняльний аналіз співвідношення окремих класів жирних кислот у ліпідах прісноводних риб та їх відповідність рекомендаціям ФАО/ВООЗ

Жирнокислотний склад ліпідів є ключовим фактором, який визначає їх фізіологічну роль та фізико-хімічні властивості. Харчова цінність ліпідів обумовлюється не лише кількістю, а й співвідношенням окремих класів та індивідуальних жирних кислот, особливо поліненасичених ω -3 і ω -6.

Як видно з рис. 2, жирнокислотний профіль ліпідів різних видів риб має істотні відмінності як за сумарним вмістом окремих класів кислот, так і за рівнем есенціальних. Зокрема, у білого амуру загальна кількість ненасичених жирних кислот відповідає рекомендаціям FAO/WHO, тоді як у коропа цей показник нижчий на 28,30 %, а у товстолобика — на 20,10 %.

Встановлено, що рівень мононенасичених жирних кислот (МНЖК) у всіх досліджених видів риб є нижчим від рекомендованого: у коропа — на 18,20 %, у білого амуру — на 20,10 %, а у товстолобика — на 44,73 %. Загальний вміст поліненасичених жирних кислот (ПНЖК) у ліпідах відповідає нормативам FAO/WHO лише у коропа. Для білого амуру та товстолобика цей показник суттєво перевищує рекомендовані значення (20,65 та 16,39 % проти 10 % відповідно). Особливо важливими є ПНЖК родини ω -3, оскільки їх вживання позитивно впливає на імунну систему, сприяє профілактиці та терапії серцево-судинних захворювань, деяких видів онкопатологій, а також підвищує когнітивні функції (Afshin et al., 2019; O'Keefe J.H. & Harris W.S., 2025; Baker et al., 2022; (Holembovska, 2021).

Відповідно до рекомендацій FAO/WHO, споживання 250 мг суми ейкозапентаєнової (ЕПК) та докозагексаєнової (ДГК) кислот, 2 г α -ліноленової кислоти (18:3 ω -3) і 10 г лінолевої кислоти (18:2 ω -6) забезпечує нормалізацію ліпідного обміну.

У складі ліпідів білого амуру домінує кислота 18:2 ω -6 (10,60 %), тоді як у коропа та товстолобика провідною є 18:3 ω -3 (4,91 і 9,62 % відповідно). Вміст ЕПК та ДГК у прісноводних видів риб є незначним: ЕПК — 0,55 % (короп), 0,57 % (білий амур) та 1,45 % (товстолобик); ДГК — 0,43 %, 0,82 % і 0,33 % відповідно. Отже, вживання прісноводної риби не може повною мірою забезпечити потребу організму людини в цих есенціальних жирних кислотах.

Отримані результати свідчать, що жирнокислотний профіль прісноводних видів риб має як позитивні характеристики, так і певні обмеження щодо забезпечення організму есенціальними ліпідами. Незважаючи на достатній загальний вміст ПНЖК, який у коропа відповідає, а у білого амуру та товстолобика навіть перевищує нормативи FAO/WHO, їхня якісна структура є не оптимальною. Надлишок ПНЖК за відсутності належного рівня МНЖК може призводити до дисбалансу у співвідношенні ω -6/ ω -3, що, згідно з даними сучасних досліджень, асоціюється з підвищеним ризиком запальних процесів, метаболічного синдрому та серцево-судинних порушень (O'Keefe J.H. & Harris W.S., 2025).

Особливо критичною є недостатня кількість ейкозапентаєнової (ЕПК) та докозагексаєнової (ДГК) кислот у досліджених прісноводних видах. Згідно з численними клінічними та епідеміологічними дослідженнями, саме ці омега-3 кислоти забезпечують протизапальні властивості, регуляцію ліпідного обміну, кардіопротекторний ефект і нормальний розвиток нервової тканини (Innes & Calder, 2020; Tomczyk et al., 2025). Недостатній рівень ЕПК і ДГК у харчуванні пов'язують із підвищеним ризиком серцево-судинних захворювань, зниженням когнітивних функцій, а також погіршенням загального метаболічного статусу (Mozaffarian & Wu, 2011).

Оскільки встановлено, що короп, білий амур і товстолобик містять лише 0,33–1,45 % ЕПК та 0,33–0,82 % ДГК, їх споживання не може забезпечити рекомендовану добову потребу — щонайменше 250 мг ЕПК+ДГК, визначену FAO/WHO для підтримання нормальної фізіологічної функції організму.

Таким чином, з огляду на наукові дані та отримані результати, вживання прісноводної риби хоча й є цінним джерелом ПНЖК загалом, однак недостатньо для повного задоволення фізіологічної потреби людини в довголанцюгових омега-3 кислотах. Це обґрунтовує

необхідність поєднання її в раціоні з морськими видами риб або альтернативними джерелами ПНЖК.

ВИСНОВКИ. Проведений аналіз засвідчив, що хімічний склад та харчова цінність прісноводних і морських риб мають як спільні характеристики, так і помітні відмінності, зумовлені видовою специфікою. Енергетична цінність прісноводних риб (короп, білий амуру, товстолобик) становить 104,35–129,85 ккал/100 г, що дозволяє віднести їх до продуктів із високим вмістом білка (15,60–18,91 %) та низьким або помірним вмістом жиру (3,1–8,1 %). Найбільш повноцінними за амінокислотним складом є білки коропа та білого амура, оскільки у них відсутні лімітуючі амінокислоти. Для товстолобика ж обмежувальними є валін і метіонін+цистин. Морські види риб (тріска, форель, скумбрія) відзначаються ще вищим скором незамінних амінокислот, що перевищує рівень «еталонного» білка.

Склад жирних кислот також різниться залежно від виду. У білого амуру співвідношення ненасичених жирних кислот відповідає рекомендаціям ФАО/ВООЗ, тоді як у коропа та товстолобика цей показник є нижчим. Водночас вміст поліненасичених жирних кислот у білого амуру та товстолобика перевищує рекомендовані норми. Особливо важливими є ПНЖК родини ω -3, що забезпечують профілактичний і лікувальний ефект споживання риби. У прісноводних видів рівень ейкозапентаєнової та докозагексаєнової кислот залишається недостатнім, що не дозволяє повністю покрити добову потребу людини в цих сполуках.

Отже, як прісноводна, так і морська риба є важливим джерелом високоякісних білків і жирів. Для формування збалансованого раціону доцільно поєднувати різні види рибної продукції, що дає змогу оптимально забезпечити організм людини незамінними амінокислотами та поліненасиченими жирними кислотами.

Подяки. Немає.

Конфлікт інтересів. Немає.

References

- Afshin A., Sur P.J., Fay K.A., Cornaby L., Ferrara G. (2019). Health effects of dietary risks in 195 countries, 1990-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease study 2017. *Lancet*. 2019. P. 1958–1972.
- Baker, M.T., Lu, P., Parrella, J.A., & Leggette, H.R. (2022). Consumer acceptance toward functional foods: A scoping review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3), article number 1217. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031217>
- Bal I. (2025). Research on the quality and safety indicators of fish pastes of increased biological value during storage. *Health of Man and Nation*, 3(2), P. 105-113.
- Bal I., Lebskyj, S., Tolok, G., Ustymenko, I., & Kyslytsia, Ya. (2023). State and prospects of fish processing technologies. *Animal Science and Food Technology*, 14(4), P. 9-25. <https://doi.org/10.31548/animal.4.2023.09>
- Bal I.M., Slobodyanyuk N.M., Lebsky S.O. (2023). Technological characteristics of the Clary catfish. Current issues of the present and post-war restoration of agriculture and ecology: expert and analytical components of the formation of the food strategy of Ukraine: a collection of materials based on the results of the scientific and practical conference on the occasion of the 20th anniversary of the ULYABP of the Agricultural and Industrial Complex of the National University of Agricultural Sciences of Ukraine. Kyiv: National University of Agricultural Sciences of Ukraine, 2023. P. 24-26. URL: http://quality.ua/wp-content/uploads/2023/10/zbirnik.mat_konf_ulyabp_2023.pdf
- Brandhorst, S., & Longo, V.D. (2019). Protein quantity and source, fasting-mimicking diets, and longevity. *Advances in Nutrition*, 10(4), pp. 340–350. <https://doi.org/10.1093/advances/nmz079>
- Dorozhko V., & Golembowska, N. (2025). Improving the technology of fish pastes with the addition of non-traditional raw materials. *Human and National Health*, 3(2), P. 7-18.

- Dulka O. S., Prybylsky V. L., Shydlovska O. B., Ishchenko T. I., Korzhos K. S. (2024). Technology of fish dishes using non-traditional plant raw materials. 2024 Food Industry No. 35. P. 24-37
- Holembovska N.V., Lebska T.K. (2014). Nutritional value of carp and silver carp of autumn catch. *Food Industry of Agriculture and Food Industry*. 2014. No. 2. P. 11 – 15
- Holembovska, N., & Vlasenko, A. (2022). Research of changes in quality indicators of fish pate with non-traditional raw materials. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 24(97), P. 9-13. <https://doi.org/10.32718/nvlvet-f9702>
- Holembovska, N., Tyshchenko, L., Slobodyanyuk, N., Israelian, V., Kryzhova, Y., Ivaniuta, A., Pylypchuk O., Menchynska, A., Shtonda, O., & Nosevych, D. (2021). Use of aromatic root vegetables in the technology of freshwater fish preserves. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 15, 296–305. <https://doi.org/10.5219/1581>
- Innes, J. K., & Calder, P. C. (2020). Marine omega-3 (N-3) fatty acids for cardiovascular health: an update for 2020. *International journal of molecular sciences*, 21(4), 1362.
- Kyslytsia Y., & Menchynska, A. (2025). African catfish (*Clarias Gariepinus*) as a promising raw material for healthy food products. *Human and National Health*, 3(1), P. 88-99.
- Lebsky S. (2022). Quality of lipid-carotenoid concentrate from the Black Sea shrimp *Palaemon adspersus* Rathke, 1837. *Goods and Markets*. No. 2 (42). P. 79–87.
- Mazaraki A.A., Lebska T.K., Sydorenko O.V., Nikolayenko S.M., Prytulska N.V. (2014). Innovative technologies of fish processing: monograph. Kyiv: KNTEU. 432 p.
- Mozaffarian, D., & Wu, J. H. (2011). Omega-3 fatty acids and cardiovascular disease: effects on risk factors, molecular pathways, and clinical events. *Journal of the American College of Cardiology*, 58(20), 2047-2067.
- Mykhalchuk, P. S., & Kovalenko, V. O. (2024). African clary catfish – a promising object of industrial aquaculture in Ukraine. Collection of theses of master's students of the National University of Life Resources and Environmental Management of Ukraine: collection of scientific papers of the conference of master's students. Kyiv: NUBiP of Ukraine. P. 60-62
- Neznamov, S. O., & Pryveda, I. O. (2020). Clariya catfish – a promising object of aquaculture. “Innovative approaches to the formation and management of anthropogenic and natural ecosystems of southern Ukraine”. Materials of the scientific and practical Internet conference of teachers, young scientists and higher education students. March 18 - 19, Kherson, P. 34-36.
- O'Keefe J.H., Harris W.S. N-3 fatty acids (EPA and DHA) and cardiovascular health: updated review of mechanisms and clinical outcomes. *Current Atherosclerosis Reports*. 2025. Vol. 27, Article 13. <https://doi.org/10.1007/s11883-025-01363-2>
- Ovdiyuk, V. M. (2025). Theoretical aspects of the Claria catfish (*Clarias gariepinus*) as a biological species through the prism of modern research. *Tavria Scientific Bulletin. Series: Agricultural Sciences*, 2(143), P. 337-346.
- Starko M. (2023). Assessment of the possibility of cage cultivation of the catfish *clarias gariepinus* in the cooling pond of the South Ukrainian NPP. Problems of environmental protection and ecological safety: Collection of scientific works of the Ukrainian National Institute of Nuclear Energy; V. N. Karazin KhNU. Issue 45. P. 136-142.
- Tomeczyk, M., Kowalska, A., Dzitkowska-Zabielska, M., Calder, P. C., Fisk, H. L., Kulczyński, B., & Antosiewicz, J. (2025). Changes in erythrocyte fatty acid profile after 12 weeks of omega-3 fatty acid (EPA+ DHA) supplementation and endurance training in amateur runners. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 102710.
- Zadorozhny M. V. (2023). Peculiarities of hardening of young *Clarias* catfish (*Clarias Gariepinus*) for cultivation in natural conditions of northern Ukraine. *Tavria Scientific Bulletin*, (132), P. 352-357.

Отримано 09.06.2025 р., прийнято до друку 21.10.2025 р.

УДК 663.8-027.38:579.67

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.4.2025.17>

ВПЛИВ ФРУКТОВО-ЯГІДНИХ ІНГРЕДІЄНТІВ НА МІКРОБІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ НАТУРАЛЬНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ

Вікторія Костянтинівна Кулик

здобувач

<https://orcid.org/0000-0002-6900-6967>

Національний університет біоресурсів і природокористування України,
03041, вул. Виставкова, 16, м. Київ, Україна

Оксана Анатоліївна Штонда

кандидат технічних наук, доцент

<https://orcid.org/0000-0002-7085-6133>

Національний університет біоресурсів і природокористування України,
03041, вул. Виставкова, 16, м. Київ, Україна

Анотація. У статті досліджено антимікробну ефективність натуральних інгредієнтів – порошку ягід журавлини, чорної смородини та бальзамічного оцту у технології маринованих м'ясних напівфабрикатів із м'яса дичини. Метою роботи було оцінити вплив натуральних маринадів на мікробіологічні показники м'ясних маринованих напівфабрикатів, зокрема на рівень загального мікробного обсіменіння, наявність бактерій групи кишкової палички, стафілококів, а також патогенних мікроорганізмів, таких як *Salmonella spp.* Зразки натуральних напівфабрикатів виготовляли із стегової частини м'яса дикого кабана, із додаванням порошку журавлини у першому зразку, чорної смородини у другому та бальзамічного оцту у третьому, за контроль прийнято зразок без додавання маринаду. У досліджених зразках визначали кількість мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів, яка на першу добу становила $2,3 \times 10^6$ КУО/г. у контрольному зразку, $2,8 \times 10^6$ КУО/г. - першому, $9,7 \times 10^5$ КУО/г. – другому та $4,6 \times 10^5$ КУО/г. – третьому зразку, на п'яту добу у контрольному зразку - $7,9 \times 10^7$ КУО/г., першому - $1,2 \times 10^8$ КУО/г., другому - $7,1 \times 10^7$ КУО/г., третьому - $3,0 \times 10^7$ КУО/г. У зразках не виявлені бактерії групи кишкових паличок (коліформи) в 1,0 г, сульфитредукуючі клостридії, КОУ в 0,01 г. та патогенні мікроорганізми, зокрема бактерії роду *Salmonella*, в 25,0 г. як на початку, так і наприкінці зберігання. Дослідження підтвердили ефективність використання та стримуючі властивості на розмноження мікроорганізмів бальзамічного оцту, порошоків чорної смородини і журавлини у технології натуральних напівфабрикатів із м'яса дичини. Результати дослідження показали, що використання маринадів на основі ягід із високим вмістом фенольних сполук та органічних кислот сприяє істотному зниженню мікробного навантаження. Отримані дані свідчать про перспективність застосування природних антимікробних компонентів для підвищення мікробіологічної безпеки та подовження терміну зберігання м'ясних напівфабрикатів із дичини.

Ключові слова: м'ясо дикого кабана, мікробіологічне забруднення, маринад, бальзамічний оцет, чорна смородина, журавлина.

UDC 663.8-027.38:579.67

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.4.2025.17>

INFLUENCE OF FRUIT AND BERRY INGREDIENTS ON THE MICROBIOLOGICAL INDICATORS OF NATURAL SEMI-FINISHED PRODUCTS

Viktoriia Kulyk

postgraduate student

<https://orcid.org/0000-0002-6900-6967>

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
03041, Vystavkova Str., 16, Kyiv, Ukraine

Oksana Shtonda

PhD in Technical Sciences, Associate Professor

<https://orcid.org/0000-0002-7085-6133>

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
03041, Vystavkova Str., 16, Kyiv, Ukraine

Abstract. The article investigates the antimicrobial efficacy of natural ingredients – cranberry powder, blackcurrant, and balsamic vinegar in the technology of marinated meat semi-finished products from game meat. The aim of this work was to assess the effect of natural marinades on the microbiological indicators of marinated meat semi-finished products, specifically on the level of total microbial contamination, the presence of bacteria belonging to the *Escherichia coli* group, staphylococci, as well as pathogenic microorganisms such as *Salmonella* spp.

Samples of natural semi-finished products were made from the thigh part of wild boar meat, with the addition of cranberry powder in the first sample, blackcurrant in the second, and balsamic vinegar in the third. The control sample was taken without the addition of marinade. The number of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms was determined in the studied samples, which on the first day was 2.3×10^6 CFU/g. in the control sample, 2.8×10^6 CFU/g. - the first, 9.7×10^5 CFU/g. - the second and 4.6×10^5 CFU/g. - the third sample, on the fifth day in the control sample - 7.9×10^7 CFU/g., the first - 1.2×10^8 CFU/g., the second - 7.1×10^7 CFU/g., the third - 3.0×10^7 CFU/g. The samples did not contain bacteria of the *Escherichia coli* group (coliforms) at 1.0 g, sulfite-reducing clostridia at 0.01 g, and pathogenic microorganisms, particularly bacteria of the genus *Salmonella*, at 25.0 g, both at the beginning and at the end of storage. The research confirmed the effectiveness of the use and inhibitory properties of balsamic vinegar, blackcurrant, and cranberry powders in the technology of natural semi-finished game meat products. The study's results showed that using marinades based on berries with a high content of phenolic compounds and organic acids leads to a significant reduction in the microbial load. The data obtained indicate the potential for using natural antimicrobial components to enhance microbiological safety and extend the shelf life of semi-finished game meat products.

Keywords: wild boar meat, microbiological contamination, marinade, balsamic vinegar, black currant, cranberry.

ВСТУП. Виробництво харчових продуктів ґрунтується на переробленні сировини, що містить органічні сполуки, які можуть слугувати поживним середовищем для мікроорганізмів. Цей фактор зумовлює вагоме значення мікробіологічних досліджень у харчовій промисловості. Мікроорганізми можуть впливати на якість харчової продукції як позитивно, беручи участь у процесах ферментації, так і негативно — спричиняючи псування продукції або утворення токсичних метаболітів. Останній аспект має особливе значення, оскільки мікробіологічне забруднення здатне викликати погіршення органолептичних властивостей, зміну зовнішнього вигляду та харчової цінності продукту. У ряді випадків мікроорганізми продукують токсичні сполуки, що становлять загрозу для здоров'я споживача. Таким чином, контроль мікробної контамінації є критично важливим на всіх етапах виробництва, зберігання та реалізації харчових продуктів, оскільки запобігає як економічним втратам, так і потенційним ризикам для здоров'я населення.

Кабінетом Міністрів України схвалено Стратегію розвитку системи охорони здоров'я на період до 2030 року та затверджено операційний план заходів з її реалізації у 2025-2027 роках, одним із завдань якої є забезпечення функціонування систем харчування та споживчого захисту, що гарантують рівний доступ населення до безпечних, якісних, екологічно чистих і

здорових продуктів харчування протягом усього життя (відповідно до Розпорядження Кабінету Міністрів України № 34-р (2025)).

Харчові отруєння мікробного походження є актуальною проблемою соціального та економічного значення, оскільки вживання забруднених мікробіологічно харчових продуктів спричиняє захворювання населення. Близько 10 тисяч випадків захворювань на сальмонельоз реєструють кожного року в Україні, орієнтовно від 16 % до 22 % у рік на 100 тисяч мешканців (Dubinina et al., 2018).

Використання рослинної сировини при виробництві натуральних м'ясних напівфабрикатів може спричинити потрапляння таких бактерій, як кишкова паличка (*E. coli*), сальмонела та грибків *Botrytis*, *Phytophthora*, *Fusarium*, що можуть викликати харчові отруєння.

Видовий склад мікробіоти сировини значною мірою визначається умовами її зберігання, за оптимальних параметрів температури та вологості мікробіологічний профіль залишається відносно стабільним. Проте за умов підвищеної температури та вологості спостерігається загибель більшості епіфітної мікрофлори, тоді як мікроскопічні гриби, зокрема плісняві, починають домінувати.

Мікробіологічний контроль відіграє важливу роль при обґрунтуванні термінів зберігання, умов реалізації та безпечності м'ясних продуктів. Вченими встановлено, що показники загального мікробного обсіменіння та наявність санітарно-показових бактерій безпосередньо пов'язані з розвитком процесів псування і ризиком харчових токсикоінфекцій (Varcenilla et al., 2022). Крім того, дослідження мікробіологічних показників дають змогу оцінити ефективність технологічних операцій, санітарного стану обладнання та умов виробництва, що є невід'ємним елементом системи управління безпечністю харчових продуктів НАССР (Panea & Ripoll, 2020).

Особливу увагу приділяють мікробіологічному контролю маринованих м'ясних напівфабрикатів, оскільки маринад може як пригнічувати, так і стимулювати ріст мікрофлори в залежності від складу, рН та температури зберігання. Додавання натуральних інгредієнтів із антимікробними властивостями таких, як рослинні екстракти, поліфеноли та органічні кислоти, здатне уповільнити псування продукту та підвищити мікробіологічну стабільність (Mafe et al., 2024). Тому дослідження впливу маринування на мікробіологічні характеристики м'ясних напівфабрикатів є актуальним як з наукової, так і з практичної точки зору.

У зв'язку з цим для зниження ризиків, пов'язаних з патогенними бактеріями та їх токсинами, які становлять потенційну загрозу здоров'ю населення, необхідно здійснювати мікробіологічний контроль як на етапі приймання сировини, так і під час виробництва готової продукції.

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ. Ключовими аспектами для будь яких розвинених країн є безпечність харчових продуктів. Для забезпечення конкурентоспроможності на світовому ринку виробники дотримуються суворих вимог щодо якості та безпечності харчової продукції. При розробленні нових виробів із м'ясної сировини обов'язково досліджуються мікробіологічні показники.

У роботі (Skrypnyk, V., and Molchanova, N. 2024) досліджено вплив двостороннього смаження м'ясних виробів виготовлених із м'яса лопаткової частини яловичини під тиском із застосуванням функціонально замкнених ємностей на показники мікробіологічного забруднення. Запропонований спосіб дозволяє зменшити тривалість теплової обробки м'ясних продуктів, при цьому здійснюється бактерицидна дія на мікроорганізми та забезпечується відповідність санітарно-гігієнічним нормам.

Науковці (Borodai, A. B., et al. 2023) проводили дослідження показників якості, фракційний склад органічних кислот у фруктовій сировині та вплив на мікробіологічні показники органічних кислот фруктових соків у складі маринадів для напівфабрикатів та готової продукції. Результати мікробіологічних досліджень показали, що органічні кислоти,

присутні в соках і пюре, уповільнюють ріст мікроорганізмів, що забезпечує мікробіологічну безпеку маринадів та м'ясних напівфабрикатів. Досліджено, як фруктові соки впливають на мікробіологічну активність при обробці свинини та яловичини. Виявлено, що найвираженішу антимікробну дію мають соки журавлини та хеномелесу. Оброблення м'ясних напівфабрикатів з яловичини супроводжувалося зменшенням кількості мікроорганізмів з $0,9 \cdot 10^3$ до $6,0 \cdot 10^2$ КУО/г, а зі свинини — з $1,0 \cdot 10^3$ до $6,7 \cdot 10^2$ КУО/г. Доведено, що додавання органічних кислот у харчові технології сприяє не лише зниженню мікробного навантаження, але й позитивно впливає на ключові споживчі характеристики, зокрема, ніжність м'ясної сировини та рівень втрат під час термічної обробки. Найкращі результати за цими показниками досягнуті при використанні маринадів на основі соків хеномелесу та журавлини. Завдяки вмісту антиоксидантів ці соки уповільнюють окислення міоглобіну та гемоглобіну у м'ясі яловичини та свинини, що не лише підвищує його органолептичні властивості, а й надає продукту приємного фруктового аромату.

У ході досліджень впливу плодів чорноплідної горобини у складі маринаду для виготовлення напівфабрикатів із м'яса птиці встановлено, що вміст мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів у контрольному зразку перевищував гранично допустимий рівень - $1,9 \times 10^3$ КУО/г при нормі 1×10^3 КУО/г, що не відповідає встановленим санітарним вимогам. У дослідних зразках напівфабрикатів з м'яса птиці загальний рівень бактеріального обсіменіння залишався в межах допустимих значень. Санітарно-показову мікрофлору у кількості 0,1 г продукту не виявлено. Було встановлено, що застосування маринадів на основі соку плодів чорноплідної горобини у поєднанні з вакуумною упаковкою сприяє збереженню мікробіологічної якості виробів протягом 15 діб за температури зберігання $0 \dots 4^\circ\text{C}$ (Simonova, I. et al. 2023).

Застосування натуральних рослинних компонентів у маринадах для м'яса є перспективною альтернативою традиційним рецептурам. Завдяки високій природній антиоксидантній активності та значному вмісту фенольних сполук, такі маринади підвищують стійкість м'ясної сировини до окислювальних процесів. Крім того, вони сприяють зниженню мікробного забруднення харчових продуктів та позитивно впливають на ключові споживчі характеристики — ніжність, смакові властивості та зменшення втрат під час термічної обробки.

У праці (Huba, S. O., et al., 2025) проаналізовані дослідження науковців щодо структурних та сенсорних властивостей м'ясної тканини після застосування різних маринадів на основі солодкого базиліку, рослинних соків (імбирного та ананасового), порошку з плодів шипшини у різних концентраціях, цибулевого соку, пива, а також з додаванням пробіотичних культур (*Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus rhamnosus*). Результати дослідження продемонстрували позитивний вплив маринування на текстуру м'яса, зокрема зменшення жорсткості та пружності, а також покращення ніжності й соковитості. Такі зміни зумовлені структурною перебудовою тканини — покращенням форми м'язових волокон і зменшенням товщини сполучної тканини.

Досліджено вплив на органолептичні, технологічні та мікробіологічні характеристики яблучного та лимонного соків у маринаді для м'яса птиці. У маринованих м'ясних продуктах зафіксовано виражений антимікробний ефект порівняно зі зразками без застосування маринаду, незалежно від типу маринаду. Найменше зниження мікробної активності спостерігалось у смажених виробах. Яблучний сік продемонстрував ефективність як маринадна основа: він сприяє покращенню мікробіологічної стабільності м'яса птиці, надає привабливих сенсорних властивостей і забезпечує добрі технологічні показники продукту. Його дія посилюється у поєднанні з лимонним соком. (Augustyńska-Prejsnar et al., 2023).

Наукові дані свідчать, що маринування із застосуванням натуральних компонентів, збагачених органічними кислотами або ефірними амінокислотами, ефективно пригнічує ріст таких поширених харчових патогенів, як *Campylobacter spp.* та *Salmonella spp.* у м'ясі птиці, а також сприяє їх інактивації. Окрім зменшення патогенної мікрофлори, маринування

демонструє здатність подовжувати термін зберігання продукції та покращувати її смакові характеристики.

Однак у випадках, коли зниження кількості патогенів відбувається виключно за рахунок дії органічних кислот, ефірних амінокислот або вина, виникають сумніви щодо збереження привабливості продукту для споживача після обробки. Тому важливо досягти антимікробного ефекту без шкоди для органолептичних властивостей. У поєднанні з іншими методами консервування мариновання здатне підвищити чутливість патогенів до додаткових обробок. Таким чином, за умови грамотного підбору складу маринаду і його комбінації з іншими технологічними процесами, маринади можуть виступати ефективним, економічно доступним засобом покращення мікробіологічної безпеки та стабільності м'ясної продукції (Meneses and Teixeira, 2022).

Проведені мікробіологічні дослідження зразків маринованих напівфабрикатів із м'яса свинини, баранини та курятини показали, що продукція вважається якісною, оскільки у всіх зразках не було виявлено бактерій групи кишкової палички (коліформ) у 0,001 г, стафілококів - у 0,01 г, а також патогенних мікроорганізмів, зокрема *Salmonella* та *Listeria monocytogenes*, у 25 г продукту (Krasnikov et al., 2023).

Фрукти та ягоди завдяки високому вмісту біологічно активних речовин, зокрема органічних кислот, фенольних сполук, антоціанів, флавоноїдів і вітамінів, демонструють помітну антимікробну активність щодо широкого спектра патогенних та умовно-патогенних мікроорганізмів (Gyawali and Ibrahim, 2014). Наукові дослідження підтверджують, що екстракти та соки багатьох фруктів і ягід здатні інгібувати ріст бактерій родів *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* та інших збудників харчових отруєнь. Фруктові компоненти можуть бути ефективно використані як натуральні інгредієнти у маринадах, покращуючи мікробіологічну безпеку м'ясної продукції без застосування синтетичних консервантів. Завдяки поєднанню антимікробної дії та позитивного впливу на сенсорні властивості, екстракти фруктів і ягід розглядаються як перспективна альтернатива традиційним методам збереження харчових продуктів.

Фрукти та ягоди, зокрема чорна горобина (*Aronia melanocarpa*), чорна смородина (*Ribes nigrum*), журавлина (*Vaccinium macrocarpon*), малина та голубика, багаті на фенольні сполуки, антоціани, таніни й органічні кислоти. Ці біоактивні компоненти відіграють ключову роль у пригніченні росту харчових патогенів, модулюванні утворення біоплівки і підвищенні мікробіологічної безпеки (Meremäe et al., 2024; Nowak, D., et al., 2022).

За результатами дослідження (Meremäe et al., 2024), етанольні та водні екстракти чорноплодної горобини, чорної смородини та горобини виявили активність проти *S. aureus*, *L. monocytogenes*, *E. coli* та *C. jejuni*. Основні сполуки, зокрема кварцетин і антоціани, забезпечують значну антимікробну активність, особливо проти грам-позитивних бактерій (пріоритет чутливості: *S. aureus* > *L. monocytogenes* > *E. coli*). Етанольні екстракти показали нижчі значення, ніж водні.

У роботі (Meremäe et al., 2024) було проаналізовано вплив різних рослинних порошків — таких як чорна смородина, аронія, горобина, яблуко, томати, часник і ревень — на мікробіологічну динаміку зростання мікроорганізмів у зразках фаршу зі свинини та яловичини під час зберігання в умовах холодильника. Кількісне визначення загальної кількості аеробних мікроорганізмів, дріжджів, пліснявих грибів та бактерій роду *Pseudomonas* здійснювалося за стандартизованими методиками. Для встановлення поліфенольного складу рослинних порошків та м'ясних зразків з додаванням олії застосовували метод вискоєфективної рідинної хроматографії з мас-спектрометрією (HPLC-MS). Антиоксидантна активність порошків оцінювалася за допомогою спектрофотометричного аналізу.

Результати показали, що поліфенольні профілі зразків зі свинини та яловичини з додаванням олії були подібними, як і характер росту мікрофлори. Найвищі значення антиоксидантної здатності спостерігалися у порошках ягід з високим вмістом антоціанів. Серед усіх досліджуваних рослинних порошків найефективнішим у пригніченні мікробного

росту був порошок ревеню, за яким за ефективністю слідував порошок з вичавок чорної смородини. У цілому всі рослинні порошки, що вивчалися, продемонстрували потенціал для підвищення функціональної цінності подрібнених м'ясних продуктів завдяки вираженим антимікробним та антиоксидантним властивостям.

Ефективність застосування рослинних екстрактів як природних антиоксидантів у м'ясопереробній галузі досліджено у науковій праці (Rodionova, K. 2022). Використано аналітичний підхід, що передбачав аналіз факторів, які призводять до зниження якості та безпечності харчової продукції під час зберігання. У роботі розглянуто доцільність використання натуральних біологічно безпечних антиоксидантів у технологіях обробки м'ясної сировини. Встановлено, що додавання біоантиоксидантів сприяє зменшенню процесів окислення та мікробної контамінації, що, у свою чергу, позитивно впливає на збереження якості м'яса і м'ясних виробів. Згідно з аналізом літературних джерел, екстракти пряно-ароматичних рослин (розмарин, зелений чай, шавлія, гвоздика, гірчиця, мускатний горіх, солодка, імбир, часник), а також ягід (чорна смородина, журавлина, полуниця, гранат, маки, годжі, виноград, барбарис, слива) та їхні композиції мають значний потенціал як природні антиоксиданти для забезпечення тривалого зберігання харчових продуктів. Активний розвиток органічного тваринництва в Україні зумовлює необхідність відмови від синтетичних консервантів у виробництві та потребує запровадження жорсткого контролю за їх використанням на м'ясопереробних підприємствах.

У раціональному харчуванні людини підкреслюється важлива роль фруктів та овочів, які є джерелом біоактивних фітохімічних речовин. Серед фруктів особлива увага, завдяки низці документально підтверджених властивостей для здоров'я, приділяється журавлині. Ці ягоди характеризується високим вмістом антиоксидантних фенольних сполук, які можуть підтримувати природну антиоксидантну захисну систему організму (Baranowska and Bartoszek, 2016).

Використання ягідних екстрактів або соку як натуральних консервантів у маринадах і обробці продукції може суттєво підвищити мікробіологічну безпеку харчового продукту. Високий вміст поліфенолів не лише гальмує патогени, а й забезпечує антиоксидантний захист проти окислення.

Антиоксиданти та органічні кислоти є двома важливими компонентами смаку та користі для здоров'я фруктових оцтів. Науковці (Liu et al., 2019) досліджували антиоксидантну активність, фенольні профілі та вміст органічних кислот у 23 фруктових оцтах. Серед 23 фруктових оцтів найвищу антиоксидантну активність виявлено у бальзамічному оцті з Модени (Galletti), Aceto Balsamico di Modena (Monari Federzoni), червоному винному оцті (Kühne) та червоному винному оцті (Galletti). Крім того, поліфеноли та органічні кислоти можуть бути відповідальними за антиоксидантну активність фруктових оцтів. Найбільш поширеними фенольними сполуками у фруктових оцтах були галова кислота, протокатехова кислота, хлорогенова кислота, каваова кислота, *n*-кумарова кислота, а винна кислота, яблучна кислота, молочна кислота, лимонна кислота та бурштинова кислота – найбільш поширеними органічними кислотами. Загалом, фруктові оцти багаті на поліфеноли та органічні кислоти і можуть бути хорошим джерелом антиоксидантів у їжі.

Фенольні сполуки, органічні кислоти та мікробні метаболіти, а також високий вміст кислот є основними причинами антимікробної активності оцту проти різних мікроорганізмів. Антимікробний ефект оцту може змінюватися залежно від сировини, способу виробництва та часу обробки оцту. Досліджувалися антимікробні ефекти традиційно вироблених оцтів з різних джерел, таких як ягідний, деревний, виноградний, яблучний, гранатовий, медовий, чорничний, рисовий, а також промислово вироблені оцти. Як результат, оцти мають антимікробну дію на різні грамнегативні та грампозитивні мікроорганізми (Gökırmaklı et al., 2019).

Досліджено вплив різних видів бальзамічного оцту на pH м'яса свинини під час зберігання. Встановлено, що бальзамічний оцет пригнічує розвиток бактерій у маринованих зразках напівфабрикатів (Shtonda O., and Kulyk V., 2022).

У дослідженні (Bakir et al., 2017) було вивчено вміст антиоксидантів та антимікробну активність 18 зразків оцту. Для цього було визначено загальний вміст флавоноїдів та загальний вміст фенолів. Також проаналізовано загальну антиоксидантну здатність оцтів за допомогою чотирьох різних тестів ABTS, CUPRAC, DPPH та FRAP. Дані отримані в результаті аналізу антиоксидантів, показали, що бальзамічний оцет мав найвищий вміст флавоноїдів, а також найвищу антиоксидантну здатність. Серед усіх досліджених зразків оцту найпоширенішими фенольними сполуками були галова кислота, протокатехова кислота та п-гідроксибензойна кислота. Крім того, антимікробну активність різних оцтів проти *Staphylococcus aureus*, *Salmonella Typhimurium* та *Escherichia coli* оцінювали за допомогою методу диско-дифузії; результати якого були пов'язані з вмістом оцтової кислоти та значеннями pH зразків оцту. Бальзамічний оцет знову був визначений як зразок з найвищою антимікробною активністю, який продемонстрував сильну антибактеріальну активність проти *S. Typhimurium*. Антибактеріальна активність оцтів може бути частково пов'язана як з вмістом оцтової кислоти та значеннями pH, так і з вмістом фенолів.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ – визначення впливу фруктових порошків та бальзамічного оцту на мікробіологічні показники натуральних напівфабрикатів із м'яса дикого кабана.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ. Досліджено зразки натуральних напівфабрикатів з м'яса дикого кабана із додаванням фруктових інгредієнтів, до трьох зразків додавали підготовлені суміші маринадів, за контрольний зразок прийнято напівфабрикат без маринаду.

При виготовленні зразків використовували такі компоненти: м'ясо дикого кабана, гірчичний порошок, сушений часник та цибулю, чорний мелений перець, копчену паприку, розмарин, мускатний горіх, сіль кухонну, цукор, порошок сушених плодів чорної смородини та журавлини, бальзамічний оцет чорної смородини. Маринування зразків проводили упродовж 24 годин при температурі +4°C.

Мікробіологічні дослідження проводили згідно ДСТУ 8720:2017 «Вироби ковбасні та продукти з м'яса. Методи визначення мікробного забруднення» зокрема: бактерії групи кишкових паличок (коліформи) в 1,0 г, при температурі +37°C протягом 48 год., кількість мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів (МАФАНМ), КУО/г, при температурі +30°C протягом 72 год., сульфїтредукувальні клостридії, КОУ в 0,01 г, при температурі +43°C протягом 48 год. патогенні мікроорганізми, зокрема бактерії роду *Salmonella*, в 25,0 г, при температурі +37°C протягом 48 год., у відділі аналітичних досліджень та якості харчової продукції інституту продовольчих ресурсів НААН України.

Обробка отриманих результатів мікробіологічних досліджень здійснювалася відповідно до вимог ДСТУ ISO 7218:2007 «Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Загальні вимоги щодо досліджень», а також методичних положень ISO 4833-1:2013, які регламентують визначення кількості мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів. Після проведення посівів та інкубування проводили підрахунок колоній на чашках Петрі. Для підвищення достовірності вимірювань аналіз проводили у трьох паралельних повторюваннях, після чого обчислювали середнє значення. Загальну кількість колонієутворюючих одиниць розраховували з урахуванням ступеня розведення дослідного матеріалу та об'єму інокуляту.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ОБГОВОРЕННЯ. Мікробіологічний контроль м'ясних напівфабрикатів є критичним етапом забезпечення харчової безпеки, адже такі продукти, що зазвичай зазнають мінімальної теплової обробки, є особливо вразливими до

контамінації мікроорганізмами, включаючи патогени, які можуть викликати харчові отруєння (Вруківа, 2024). Мікробіологічний моніторинг також забезпечує підтримання якості продукту і термінів зберігання — він дозволяє прогнозувати розвиток псувної флори, встановлювати дати «придатний до» та оптимізувати умови зберігання. Визначення складу мікробіоти і рівнів контамінації дає змогу впроваджувати превентивні заходи та уникати збитків.

Результати мікробіологічних досліджень маринованих натуральних м'ясних напівфабрикатів при температурі зберігання 4 ± 2 °C без пакування представлені у таблиці 1.

Таблиця 1. Мікробіологічні показники зразків натуральних напівфабрикатів із м'яса дикого кабана на першу добу виготовлення

Показник, одиниці вимірювання	Результати досліджень			
	Контроль	Зразок № 1	Зразок № 2	Зразок № 3
Бактерії групи кишкових паличок (коліформи) в 1,0 г.	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Кількість мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів (МАФАНМ), КУО/г.	$2,3 \times 10^6$	$2,8 \times 10^6$	$9,7 \times 10^5$	$4,6 \times 10^5$
Сульфітрeredукувальні клостридії, КОУ в 0,01 г.	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Патогенні мікроорганізми, зокрема бактерії роду <i>Salmonella</i> , в 25,0 г.	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено

Відповідно до отриманих результатів досліджень можна зазначити, що в жодному із зразків не виявлено патогенної мікрофлори. Кількість мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів у досліджуваних зразках у перший день коливається від $4,6 \times 10^5$ КУО/г. до $2,8 \times 10^6$ КУО/г. Можна відмітити значний вплив додавання бальзамічного оцту та порошку чорної смородини, оскільки кількість мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів зменшилась на $1,8 \times 10^6$ КУО/г. у зразку № 3, на $1,3 \times 10^6$ КУО/г. у зразку № 2, а найбільшу кількість МАФАНМ мав зразок № 1 на $0,5 \times 10^6$ КУО/г. у порівнянні із контрольним зразком.

Значна кількість досліджень підтверджує що псування продукту відбувається при наявності бактерій у кількості від 10^7 — 10^8 в 1 г. Гранична концентрація мікроорганізмів здебільшого залежить від температури зберігання та вихідної мікробіоти, здатної розмножуватись у заданих температурних умовах. При первинному обсіменінні м'яса у 10^4 КУО/г. та температурі 0 °C-1 °C термін зберігання становить від 7 до 9 діб, у 10^5 КУО/г. від 3 до 4 діб, у 10^8 КУО/г. до 1 доби. Охолоджене м'ясо за температури 5 °C псується через розвиток гнильних процесів, які викликають аеробні та анаеробні мезофільні мікроорганізми із активними протеолітичними властивостями (Shao та ін., 2021).

Результати досліджень зразків маринованих напівфабрикатів упродовж зберігання п'яти діб при температурі зберігання 4 ± 2 °C без пакування наведені у таблиці 2.

За результатами проведених досліджень на п'яту добу встановлено що в усіх зразках відсутня патогенна мікрофлора. Найбільшу кількість мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів мав контрольний зразок, що на $4,1 \times 10^7$ КУО/г. більше ніж у зразку № 1, на $0,8 \times 10^7$ КУО/г. у зразку № 2 та на $4,9 \times 10^7$ КУО/г. у зразку № 3. Отримані дані свідчать про інгібуючу дію використовуваних інгредієнтів для маринування натуральних напівфабрикатів із м'яса дикого кабана.

Таблиця 2. Мікробіологічні показники зразків натуральних напівфабрикатів із м'яса дикого кабана на п'яту добу виготовлення

Показник, одиниці вимірювання	Результати досліджень			
	Контроль	Зразок № 1	Зразок № 2	Зразок № 3
Бактерії групи кишкових паличок (коліформи) в 1,0 г.	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Кількість мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів (МАФАНМ), КУО/г.	$7,9 \times 10^7$	$1,2 \times 10^8$	$7,1 \times 10^7$	$3,0 \times 10^7$
Сульфітредукувальні клостридії, КОУ в 0,01 г.	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Патогенні мікроорганізми, зокрема бактерії роду <i>Salmonella</i> , в 25,0 г.	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено

Порівнюючи дані результатів кількості мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів на п'яту та першу добу встановлено, що у контрольному зразку зросла кількість МАФАНМ на $7,7 \times 10^7$ КУО/г., у зразку № 1 на $1,2 \times 10^8$ КУО/г., що характерно для процесів псування м'яса, а у зразках № 2 на $7,0 \times 10^7$ КУО/г. та № 3 на $2,9 \times 10^7$ КУО/г. що свідчить про уповільнення процесів псування.

Досліджено вплив фруктового соку апельсину та яблучного пюре із застосуванням вакуумування при виготовленні напівфабрикатів із м'яса дичини, зокрема кабана та косулі на мікробіологічні показники, такі як чисельність мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів, наявність бактерій групи кишкової палички, сальмонел, а також вміст дріжджів і пліснявих грибів. За підсумками дослідження встановлено, що всі зразки м'яса відповідають вимогам безпечності: сальмонели та БГКП не виявлено, а кількісні показники інших мікроорганізмів залишаються в межах допустимих норм. Також спостерігається зменшення кількості пліснявих грибів, що свідчить про позитивний вплив соку апельсину, яблучного пюре та вакуумної обробки на зниження мікробного забруднення м'ясної сировини (Sutkovych, T., and Polozhyshnykova, L. 2018).

Дослідження (Nowak, D., et al., 2022) порівнювали антимікробну активність соків із журавлини, чорноплідної горобини, обліпихи та японської айви. Засоби з журавлини та обліпихи продемонстрували найвищу активність проти грам-негативних бактерій, тоді як соки із шипшини та чорноплідної горобини виявилися ефективнішими проти грам-позитивних штамів (*S. aureus*, *E. faecalis*).

Дослідження показали, що концентрований сік журавлини ефективно пригнічує ріст збудників сечових інфекцій: грам-позитивні бактерії (*S. aureus*, *E. faecalis*) більш чутливі, ніж грам-негативні (*E. coli*, *P. aeruginosa*); стримування біоплівкоутворення у *S. aureus* до 45–55 % при субінгібіторних концентраціях (Yatsiuk et al., 2018).

ВИСНОВКИ. Для розширення асортименту натуральних м'ясних напівфабрикатів виготовлено та досліджено зразки із м'яса дикого кабана маринованого у суміші спецій з додаванням порошку ягід журавлини, чорної смородини та бальзамічного оцту. Застосування рослинних компонентів у складі маринаду є науково обґрунтованим, оскільки ягоди містять природні органічні кислоти, фенольні сполуки, дубильні речовини та флавоноїди, що проявляють антибактеріальну та антиоксидантну дію. Проведені мікробіологічні дослідження доводять ефективність використання рослинних компонентів у маринадах, за рахунок органічних складових, які пригнічують розвиток мікроорганізмів, про що свідчить відсутність патогенної мікрофлори та значно менша кількість мезофільних аеробних і факультативно

анаеробних мікроорганізмів упродовж всього періоду дослідження. Отримані дані свідчать, що введення ягідних порошків та бальзамічного оцту у маринад не лише покращує органолептичні характеристики продукту, але й уповільнює розвиток псувної мікрофлори, що сприяє подовженню терміну зберігання м'ясного напівфабрикату без використання синтетичних консервантів. Таким чином, технологія маринування із застосуванням натуральних рослинних інгредієнтів дозволяє виробляти безпечний, екологічно орієнтований та конкурентоспроможний продукт, який відповідає сучасним вимогам харчової безпеки та запитам споживачів на натуральність і високу біологічну цінність продукції. Для кращої простежуваності динаміки змін мікробіологічних показників заплановані ґрунтовніші дослідження.

Подяки. Автори статті вдячні відділу аналітичних досліджень та якості харчової продукції Інституту продовольчих ресурсів НААН України за допомогу в проведенні мікробіологічних досліджень.

Конфлікт інтересів. Немає.

References

- Antoniewicz, J., Jakubczyk, K., Kwiatkowski, P., Maciejewska-Markiewicz, D., Kochman, J., Rębacz-Marón, E., & Janda-Milczarek, K. (2021). Analysis of Antioxidant Capacity and Antimicrobial Properties of Selected Polish Grape Vinegars Obtained by Spontaneous Fermentation. *Molecules*, 26(16), 4727. <https://doi.org/10.3390/molecules26164727>
- Augustyńska-Prejsnar, A., Kačaniová, M., Ormian, M., Topczewska, J., & Sokołowicz, Z. (2023). Quality and Microbiological Safety of Poultry Meat Marinated with the Use of Apple and Lemon Juice. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(5), 3850. <https://doi.org/10.3390/ijerph20053850>
- Bakir, S., Devencioglu, D., Kayacan, S., Toydemir, G., Karbancioglu-Guler, F., & Capanoglu, E. (2017). Investigating the antioxidant and antimicrobial activities of different vinegars. *European Food Research and Technology*, 243(12), 2083–2094. <https://doi.org/10.1007/s00217-017-2908-0>
- Baranowska, M., & Bartoszek, A. (2016). Antioxidant and antimicrobial properties of bioactive phytochemicals from cranberry. *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej*, 70, 1460–1468. <https://doi.org/10.5604/17322693.1227896>
- Barcenilla, C., Álvarez-Ordóñez, A., López, M., Alvseike, O., & Prieto, M. (2022). Microbiological Safety and Shelf-Life of Low-Salt Meat Products—A Review. *Foods*, 11(15), 2331. <https://doi.org/10.3390/foods11152331>
- Borodai, A. B., Horobets, O. M., Khomych, H. P., Levchenko, Yu. V., & Matsuk, Yu. A. (2023). Use of fruit raw materials as a source of organic acids in the technology of small-piece meat semi-finished products. *Journal of Chemistry and Technologies*, 30(4), 613–626. <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v30i4.260055>
- Borysiuk, A., Polak-Berecka, M., Czerwonka, M., & Golec, M. (2022). Antimicrobial properties of fruit juices and their application in food preservation. *Plant Foods for Human Nutrition*, 77(4), 528–536. <https://doi.org/10.1007/s11130-022-00983-2>
- Brykova, T. (2024). HACCP system in the production of semi-finished products. *International scientific-practical journal commodities and markets*, 50(2), 93–109. [https://doi.org/10.31617/2.2024\(50\)07](https://doi.org/10.31617/2.2024(50)07)
- Cabinet of Ministers of Ukraine. (2025, January 12). *Rozporiadzhennia № 34-p pro skhvalennia Kontseptsii formuvannia zdorovoho kharchuvannia naseleння* [Order No. 34-p on the approval of the Concept of healthy nutrition formation]. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/34-2025-%D1%80#Text>
- Davies, C. V., Gerard, L. M., Soldá, C. A., Corrado, M. B., & Arteaga, M. C. C. (2021). Blueberry balsamic vinegar: bioactive compounds and antioxidant activity during processing and

- assessment of diverse evaporation techniques for juice. *Brazilian Journal of Food Technology*, 24. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.19020>
- DSTU 8720:2017. (2017). *Sausage products and meat-based products. Methods for determining microbial contamination*. Kyiv: Ministry of Economic Development and Trade of Ukraine.
- DSTU ISO 7218:2007. (2007). *Microbiology of food and animal feed. General requirements for research*. Kyiv: Derzhspozhyvstandart of Ukraine.
- Dubinina, N., Tishchenko, I., & Dubinina, Y. (2018). *Foodborne toxicoinfections caused by Salmonella*. In *Mechanisms of pathological processes and diseases development and their pharmacological correction* (p. 86). National University of Pharmacy (NFaU).
- Gallique, M., Wei, K., Maisuria, V. B., Okshevsky, M., McKay, G., Nguyen, D., & Tufenkji, N. (2021). Cranberry-Derived Proanthocyanidins Potentiate β -Lactam Antibiotics against Resistant Bacteria. *Applied and Environmental Microbiology*, 87(10). <https://doi.org/10.1128/aem.00127-21>
- Gazda, P., & Glibowski, P. (2024). Advanced Technologies in Food Processing—Development Perspective. *Applied Sciences*, 14(9), 3617. <https://doi.org/10.3390/app14093617>
- Gökırmaklı, Ç., Budak, H. N., & Güzel-Seydim, Z. B. (2019). Sirkenin Antimikrobiyel Etkisi. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 7(10), 1635. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v7i10.1635-1640.2708>
- Gyawali, R., & Ibrahim, S. A. (2014). Natural products as antimicrobial agents. *Food Control*, 46, 412–429. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.05.047>
- Huba, S. O., Tyshchenko, V. I., & Bozhko, N. V. (2025). Marinades for meat semi-finished products based on natural ingredients. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Mechanization and Automation of Production Processes*, (1) (59), 17–24. <https://doi.org/10.32782/msnau.2025.1.3>
- ISO 4833-1:2013. (2013). *Microbiology of the food chain — Horizontal method for the enumeration of microorganisms — Part 1: Colony count at 30 °C by the pour plate technique*. Geneva: ISO.
- Jangid, H., Shidiki, A., & Kumar, G. (2025). Cranberry-derived bioactives for the prevention and treatment of urinary tract infections: antimicrobial mechanisms and global research trends in nutraceutical applications. *Frontiers in Nutrition*, 12. <https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1502720>
- Kašpar, M., Bajer, T., Bajerová, P., & Česla, P. (2022). Comparison of Phenolic Profile of Balsamic Vinegars Determined Using Liquid and Gas Chromatography Coupled with Mass Spectrometry. *Molecules*, 27(4), 1356. <https://doi.org/10.3390/molecules27041356>
- Koutsoumanis, K., Allende, A., Alvarez-Ordóñez, A., Bover-Cid, S., Chemaly, M., De Cesare, A., Herman, L., Hilbert, F., Lindqvist, R., Nauta, M., Peixe, L., Ru, G., Simmons, M., Skandamis, P., Suffredini, E., Blagojevic, B., Van Damme, I., Hempen, M., Messens, W., & Bolton, D. (2023). Microbiological safety of aged meat. *EFSA Journal*, 21(1). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.7745>
- Kranz, S., Guellmar, A., Olschowsky, P., Tonndorf-Martini, S., Heyder, M., Pfister, W., Reise, M., & Sigusch, B. (2020). Antimicrobial Effect of Natural Berry Juices on Common Oral Pathogenic Bacteria. *Antibiotics*, 9(9), 533. <https://doi.org/10.3390/antibiotics9090533>
- Krasnikov, S., Koreneva, Zh., Rud, V., & Tarasenko, L. (2023). *Safety and quality of marinated meat "Shashlik" produced by "Myastoriya" LLC*. Agrarian Bulletin of the Black Sea Littoral, (106). <https://doi.org/10.37000/abbsl.2023.106.10>
- Latoch, A., Czarniecka-Skubina, E., & Moczowska-Wyrwisz, M. (2023). Marinades Based on Natural Ingredients as a Way to Improve the Quality and Shelf Life of Meat: A Review. *Foods*, 12(19), 3638. <https://doi.org/10.3390/foods12193638>
- Liu, Q., Tang, G.-Y., Zhao, C.-N., Gan, R.-Y., & Li, H.-B. (2019). Antioxidant Activities, Phenolic Profiles, and Organic Acid Contents of Fruit Vinegars. *Antioxidants*, 8(4), 78. <https://doi.org/10.3390/antiox8040078>

- Mafe, A. N., Edo, G. I., Makia, R. S., Joshua, O. A., Akpogheli, P. O., Gaaz, T. S., Jikah, A. N., Yousif, E., Isoje, E. F., Igbuku, U. A., Ahmed, D. S., Essaghah, A. E. A., & Umar, H. (2024). A review on food spoilage mechanisms, food borne diseases and commercial aspects of food preservation and processing. *Food Chemistry Advances*, 5, 100852. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100852>
- Meneses, R., & Teixeira, P. (2022). Marination as a Hurdle to Microbial Pathogens and Spoilers in Poultry Meat Products: A Brief Review. *Applied Sciences*, 12(22), 11774. <https://doi.org/10.3390/app122211774>
- Meremäe, K., Raudsepp, P., Rusalepp, L., Anton, D., Bleive, U., & Roasto, M. (2024). In Vitro Antibacterial and Antioxidative Activity and Polyphenolic Profile of the Extracts of Chokeberry, Blackcurrant, and Rowan Berries and Their Pomaces. *Foods*, 13(3), 421. <https://doi.org/10.3390/foods13030421>
- Meremäe, K., Rusalepp, L., Sünter, A., Raudsepp, P., Anton, D., Mäesaar, M., Elias, T., Püssa, T., & Roasto, M. (2024). Microbial Growth Inhibition Effect, Polyphenolic Profile, and Antioxidative Capacity of Plant Powders in Minced Pork and Beef. *Foods*, 13(19), 3117. <https://doi.org/10.3390/foods13193117>
- Nowak, D., Gośliński, M., & Kłębukowska, L. (2022). Antioxidant and Antimicrobial Properties of Selected Fruit Juices. *Plant Foods for Human Nutrition*. <https://doi.org/10.1007/s11130-022-00983-2>
- Onopiuk, A., Kołodziejczak, K., Marcinkowska-Lesiak, M., Wojtasik-Kalinowska, I., Szpicer, A., Stelmasiak, A., & Poltorak, A. (2021). Influence of Plant Extract Addition to Marinades on Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Formation in Grilled Pork Meat. *Molecules*, 27(1), 175. <https://doi.org/10.3390/molecules27010175>
- Panea, B., & Ripoll, G. (2020). Quality and Safety of Meat Products. *Foods*, 9(6), 803. <https://doi.org/10.3390/foods9060803>
- Peshuk, L. V., Kyrylov, Yu. Ye., Shtyk, I. I., & Chernushenko, O. O. (2023). Technology of marinated game meat semi-finished products with an emphasis on sophistication and functionality. *Journal of Chemistry and Technologies*, 30 (4), 639–651. <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v30i4.268176>
- Ramos, B., Brandão, T. R. S., Teixeira, P., & Silva, C. L. M. (2014). Balsamic vinegar from Modena: An easy and effective approach to reduce *Listeria monocytogenes* from lettuce. *Food Control*, 42, 38–42. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.01.029>
- Rodionova, K. (2022). Efficiency of Using Plant Antioxidants in the Meat Processing Industry. *Scientific Horizons*, 25(9). [https://doi.org/10.48077/scihor.25\(9\).2022.75-83](https://doi.org/10.48077/scihor.25(9).2022.75-83)
- Shao, L., Chen, S., Wang, H., Zhang, J., Xu, X., & Wang, H. (2021). Advances in understanding the predominance, phenotypes, and mechanisms of bacteria related to meat spoilage. *Trends in Food Science & Technology*, 118, 822–832. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.11.007>
- Shtonda O., Kulyk V. Influence of balsamic vinegar on the quality indicators of natural semi-finished pork meat products. *Animal Science and Food Technology*. 2022. Vol. 13, no. 3. URL: [https://doi.org/10.31548/animal.13\(3\).2022.59-66](https://doi.org/10.31548/animal.13(3).2022.59-66)
- Simonova, I., Halukh, B., Drachuk, U., & Basarab, I. (2023). Improvement of poultry meat marinated semi-finished product technology. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 25(99), 61–68. <https://doi.org/10.32718/nvlvet-f9911>
- Skrypnyk, V., & Molchanova, N. (2024). Study of meat with a high content of connective tissue based on microbiological indicators after double-sided pressure frying using functionally sealed containers. In *New Technologies and Equipment of Food and Processing Industries* PDAU, 56–59. <http://dspace.puet.edu.ua/handle/123456789/13831>
- Stobnicka, A., & Gniewosz, M. (2017). Antimicrobial protection of minced pork meat with the use of Swamp Cranberry (*Vaccinium oxycoccos* L.) fruit and pomace extracts. *Journal of Food Science and Technology*, 55(1), 62–71. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2770-x>

- Sutkovych, T., & Polozhyshnykova, L. (2018). Innovative approaches in the technology of cooking game meat dishes. *Scientific Bulletin of Poltava University of Economics and Trade. Series: Technical Sciences*, 85(1), 57–63.
- Trajković, M., Kitić, D., Mihajilov-Krstev, T., Šavikin, K., Randelović, M., Milutinović, M., Branković, S., Kitić, N., & Miladinović, B. (2023). Antimicrobial activity evaluation of black currant (*Ribes nigrum* L.) variety Čačanska crna juice and extract. *Acta Facultatis Medicae Naissensis*, 40(2), 208–216. <https://doi.org/10.5937/afmnai40-41954>
- Wyżga, B., Skóra, M., Wybraniec, S., & Hąc-Wydro, K. (2023). Study on the effect of blackcurrant extract – based preservative on model membranes and pathogenic bacteria. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 109806. <https://doi.org/10.1016/j.abb.2023.109806>
- Yatsiuk, K. M., Feodorovska, M. I., & Kutsyk, R. V. (2018). The investigation of the cranberry (*Vaccinium oxycoccos* L.) concentrated juice antimicrobial activity. *Farmatsevtichniy zhurnal*, (1), 84–92. <https://doi.org/10.32352/0367-3057.1.17.11>

Отримано 22.09.2025 р., прийнято до друку 29.11.2025 р.

УДК 604.2:661.74:664.951.2

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.4.2025.30>

ЗАСТОСУВАННЯ МОЛОЧНОКИСЛОЇ МІКРОФЛОРИ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ БЕЗПЕЧНОСТІ СОЛЕНОЇ РИБИ *CLARIAS GARIEPINUS*

Ярослав Олександрович Кислиця

аспірант

<https://orcid.org/0009-0005-2223-8428>

Національний університет біоресурсів і природокористування України

03041, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, Україна

Аліна Анатоліївна Менчинська

кандидат технічних наук, доцент

<https://orcid.org/0000-0001-8593-3325>

Національний університет біоресурсів і природокористування України

03041, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, Україна

Світлана Григорівна Даниленко

доктор технічних наук, професор

<https://orcid.org/0000-0003-4470-4643>

Національний університет біоресурсів і природокористування України

03041, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, Україна

Анотація. У статті наведено результати дослідження впливу молочнокислих бактерій (МКБ) на показники якості та безпечності філе африканського кларієвого сома (*Clarias gariepinus*). Досліджено мікробіологічну безпеку, активність води (aw) та рівень рН соленого напівфабрикату протягом 5-денного періоду зберігання. Як біозахисні агенти застосовувалися *Lactobacillus plantarum* та комбінація *Lactobacillus casei* з *Lactobacillus rhamnosus*. Контрольний зразок не оброблявся бактеріями. Метою дослідження було встановити ефективність використання лактобактерій для покращення показників якості та безпечності рибної продукції.

За результатами мікробіологічного аналізу встановлено повну відсутність патогенних та умовно-патогенних мікроорганізмів у дослідних зразках після оброблення молочнокислими бактеріями *Lactobacillus plantarum* та зразку обробленому *Lactobacillus casei* з *Lactobacillus rhamnosus*, тоді як у контрольному зразку виявлено наявність бактерій групи кишкової палички. Зменшення активності води в оброблених зразках відбувалося поступово протягом зберігання – з початкових значень у межах 0,909–0,955 до 0,602–0,724 на п'ятий день. Таке зниження свідчить про метаболічну активність лактобактерій, зокрема утворення органічних кислот і екзополісахаридів, що зв'язують вільну воду й ускладнюють ріст мікроорганізмів.

Визначено динаміку зміни рН у філе: у контрольному зразку рН коливалося в межах 6,19–6,36, тоді як у зразках з LAB зафіксовано тенденцію до незначного підвищення або стабілізації цього показника (максимальне значення – 6,66). Така поведінка рН є важливою для забезпечення стабільного кислотно-лужного середовища, що додатково обмежує розвиток небажаної мікрофлори.

Таким чином, отримані результати підтверджують доцільність і ефективність застосування молочнокислих бактерій у технологіях обробки та зберігання філе *Clarias gariepinus*. Молочнокислі бактерії сприяють комплексному покращенню мікробіологічної безпеки, фізико-хімічної стабільності та є перспективною природною альтернативою хімічним консервантам для забезпечення продовженого терміну зберігання рибної сировини.

Ключові слова: африканський кларієвий сом, молочнокислі бактерії, мікробіологічна безпека, активність води, рН, біотехнологічна обробка

UDC 604.2:661.74:664.951.2

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.4.2025.30>

APPLICATION OF LACTIC ACID BACTERIA FOR ENSURING THE SAFETY OF SALTED CLARIAS GARIEPINUS

Yaroslav Kyslytsia

Postgraduate student

<https://orcid.org/0009-0005-2223-8428>

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv

03041, Heroiv Oborony Street, 15, Kyiv, Ukraine

Alina Menchynska

PhD in Technical Sciences, Associate Professor

<https://orcid.org/0000-0001-8593-3325>

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv

03041, Heroiv Oborony Street, 15, Kyiv, Ukraine

Svitlana Danylenko

Doctor of Technical Sciences, Professor

<https://orcid.org/0000-0003-4470-4643>

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv

03041, Heroiv Oborony Street, 15, Kyiv, Ukraine

Abstract. This article presents the results of a study on the effects of lactic acid bacteria (LAB) on the quality and safety indicators of African catfish (*Clarias gariepinus*) fillets. Microbiological safety, water activity (aw), and pH levels of the salted semi-finished product were monitored over a 5-day storage period. As bioprotective agents, *Lactobacillus plantarum* and a combination of *Lactobacillus casei* with *Lactobacillus rhamnosus* were used. The control sample was not treated with bacteria. The aim of the study was to evaluate the effectiveness of LAB application in improving the quality and safety of fish products.

Microbiological analysis showed a complete absence of pathogenic and opportunistic microorganisms in the LAB-treated samples, while in the control sample, coliform bacteria were detected. A gradual decrease in water activity was observed in the treated samples—from initial values of 0.909–0.955 to 0.602–0.724 on the fifth day of storage. This reduction reflects the metabolic activity of LAB, particularly the production of organic acids and exopolysaccharides, which bind free water and hinder microbial growth.

The dynamics of pH changes were also evaluated: in the control sample, pH ranged from 6.19 to 6.36, while in LAB-treated samples, a trend toward slight increase or stabilization was noted (maximum value – 6.66). This may be attributed to the fermentative activity of LAB, the buffering capacity of fish proteins, and the generation of low-molecular compounds during storage. Such pH behavior plays a significant role in maintaining a stable acid-base environment, which additionally inhibits the development of undesirable microflora.

Thus, the obtained results confirm the feasibility and effectiveness of using lactic acid bacteria in the processing and storage of *Clarias gariepinus* fillets. LAB treatment contributes to the comprehensive improvement of microbiological safety and physicochemical stability, representing a promising natural alternative to chemical preservatives for extending the shelf life of fish raw materials.

Keywords: African catfish, lactic acid bacteria, microbiological safety, water activity, pH, biotechnological treatment.

ВСТУП. У сучасних умовах важливим завданням є створення харчових продуктів, які поєднують високу харчову цінність з безпечністю. Від якості та безпечності продуктів

безпосередньо залежить стан здоров'я споживачів, тому пріоритет надається технологіям, що дозволяють мінімізувати мікробіологічні ризики без використання синтетичних консервантів. Особливо це актуально для продукції з риби, яка є біологічно цінною, але вразливою до швидкого псування. Впровадження сучасних біотехнологічних підходів, зокрема застосування молочнокислих бактерій, відкриває нові можливості для підвищення стабільності рибної сировини під час зберігання.

Споживання риби асоціюється зі зниженням ризику розвитку метаболічного синдрому, онкологічних захворювань, дегенеративних уражень сітківки ока та психічних розладів, таких як депресія (Sisovic et al., 2017; Zang et al., 2018). Крім того, риба є джерелом вітаміну D, вітаміну B12, йоду та селену, що сприяють зміцненню кісток, кровотворенню та стабільному функціонуванню щитоподібної залози. Водночас актуальним є пошук нових джерел рибної сировини для виробництва функціональних продуктів із високим вмістом білка та низькою калорійністю. У цьому контексті перспективним об'єктом є африканський кларієвий сом (*Clarias gariepinus*), який характеризується високою харчовою цінністю, хорошими смаковими якостями та економічною ефективністю вирощування. Його культивування активно розвивається у країнах Азії, Африки та Європи (Kyslytsia & Menchynska, 2025). Завдяки високому вмісту білка, ненасичених жирних кислот і низькому вмісту жиру, ця риба є оптимальною сировиною для створення продуктів здорового харчування.

Сучасна харчова наука й технології спрямовані на створення безпечних рибних продуктів із мінімальним вмістом солі та без використання шкідливих консервантів. Впроваджуються інноваційні технологічні рішення, зокрема використання природних антимікробних агентів, біоконсервації, високого тиску, ферментації, модифікованої газової атмосфери, що дозволяють забезпечити мікробіологічну стабільність без негативного впливу на харчову цінність та органолептичні властивості. Серед природних методів перспективним напрямом є застосування молочнокислих бактерій як біозахисних культур, здатних інгібувати патогенні мікроорганізми, стабілізувати кислотно-лужний баланс і знижувати активність води, що особливо актуально при зберіганні рибної сировини.

Однією з проблем при зберіганні рибної сировини є швидке мікробіологічне псування. У зв'язку з цим особливу увагу привертають біотехнологічні підходи до збереження її якості, зокрема використання молочнокислих бактерій (МКБ) як природного біозахисного чинника. МКБ здатні пригнічувати ріст патогенних мікроорганізмів завдяки синтезу органічних кислот, перекису водню, бактеріоцинів та екзополісахаридів, а також впливати на активність води (*aw*), яка є одним із ключових параметрів мікробіологічної стабільності (Hassan et al., 2021).

Крім активності води, не менш важливим показником якості харчових продуктів, зокрема рибної сировини, є рівень рН. Зміни цього параметра впливають на функціонування ферментних систем, активність патогенів та інтенсивність окислювальних процесів у м'язовій тканині. Молочнокислі бактерії, продукуючи органічні кислоти, перекис водню, бактеріоцини та екзополісахариди, змінюють кислотність середовища, що пригнічує розвиток патогенів і збільшує тривалість зберігання рибної сировини (Silva et al., 2018; García-González et al., 2019; Labuza & Altunakar, 2021).

Таким чином, дослідження впливу молочнокислих бактерій на мікробіологічну безпеку та фізико-хімічні показники рибної сировини, зокрема активність води та рівень рН, є важливим напрямом у забезпеченні якості та подовженні термінів зберігання продуктів із африканського сома.

Мета дослідження полягала у встановленні ефективності біотехнологічного оброблення філе африканського кларієвого сома (*Clarias gariepinus*) із застосуванням молочнокислих бактерій *Lactobacillus plantarum* та комбінації *L. casei* з *L. rhamnosus* як природного біозахисного чинника для підвищення мікробіологічної стабільності, стабілізації фізико-хімічних показників і подовження терміну зберігання рибної сировини без використання хімічних консервантів.

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ. Молочнокислі бактерії (МКБ) є широко досліджуваними мікроорганізмами з точки зору їх антагоністичних властивостей до патогенів та псувальної мікрофлори у продуктах тваринного походження. Їх застосування у рибній промисловості, зокрема при зберіганні філе африканського кларієвого сома (*Clarias gariepinus*), викликає значний науковий інтерес. У роботі Mercy Olorunshola та співавт. (2025) було продемонстровано, що штами МКБ, виділені з кишківника африканського сома, мають антимікробну активність щодо мультирезистентних ентеробактерій, таких як *Enterobacter cancerogenus* та *Enterobacter cloacae* (Olorunshola et al., 2025). Автори зафіксували зони інгібування діаметром понад 20 мм, що свідчить про перспективність таких ізолятів для біозахисту рибної продукції.

Інше дослідження, проведене Nurhayati та ін. (2023), зосереджене на ізоляції LAB із кишечника дикого *Clarias gariepinus*. Ідентифіковані штами *Lactococcus lactis* і *Weissella confusa* продемонстрували антагоністичну дію проти *Edwardsiella ictaluri* – типового збудника бактеріальної септицемії у сомових (Nurhayati et al., 2023). Дослідники вказують на доцільність використання таких LAB як пробіотиків не лише для профілактики хвороб, а й для покращення якості зберігання сировини.

Подібні результати наведено в інших роботах, де LAB, виділені з риби або морепродуктів, проявляють антимікробну дію щодо *Aeromonas hydrophila*, *Salmonella enterica*, *Pseudomonas* spp. і *Listeria monocytogenes*. Водночас, окрім антагоністичних властивостей, LAB сприяють стабілізації фізико-хімічних параметрів продукту, зокрема активності води (*aw*) та pH.

Активність води (*aw*) вважається одним із ключових чинників, що визначає мікробіологічну стабільність рибної сировини.

Окрім *aw*, важливим фактором стабільності рибної сировини є рівень pH, який впливає на активність ферментів, чутливість білкових структур до гідролізу, а також на здатність мікроорганізмів до розмноження. Молочнокислі бактерії, продукуючи органічні кислоти, перекис водню, бактеріюцини та екзополісахариди, змінюють кислотність середовища, що пригнічує розвиток патогенів і збільшує тривалість зберігання рибної сировини (Silva et al., 2018; García-González et al., 2019; Labuza & Altunakar, 2021).

Таким чином, pH та активність води виступають не лише критеріями мікробіологічної стабільності продукту, а й важливими індикаторами ефективності застосування біозахисних технологій. У випадку з африканським кларієвим сомом, з огляду на його високу харчову цінність та популярність в аквакультурі, актуальним є дослідження динаміки зміни *aw* і pH під впливом різних штамів молочнокислих бактерій. Поєднання мікробіологічного контролю з фізико-хімічними показниками дозволяє забезпечити не лише безпеку, а й підвищити стабільність та терміни зберігання рибної сировини без використання хімічних консервантів.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ. У дослідженні використано філе африканського кларієвого сома (*Clarias gariepinus*), вирощеного в умовах рециркуляційної аквакультури. Рибу забивали у віці 9 місяців. Філе обробляли на філе одразу після патрання, охолоджували до температури 0–2 °C.

У якості біозахисних агентів застосовували наступні штами молочнокислих бактерій: *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei* • *Lactobacillus rhamnosus*.

Штами використовували як індивідуально, так і у складі комбінованих заквасок. Концентрація робочої суспензії становила 10⁸ КУО/мл. Обробку здійснювали шляхом занурення шматків філе у бактеріальні суспензії протягом 10 хвилин при температурі 4 °C. Контрольний зразок не обробляли.

Після оброблення зразки зберігалися у стерильних полімерних контейнерах при температурі +4 °C. Спостереження проводили протягом 5 діб. Відбір проб здійснювали у такі дні: 1 (після оброблення), 2, 3, 4, 5 день зберігання. Для оцінки мікробіологічної безпеки визначали: кількість молочнокислих бактерій (МБК), наявність бактерій групи кишкової

палички (БГКП), патогенних мікроорганізмів, у тому числі *Salmonella* spp. та *Staphylococcus aureus*.

Аналіз проводили згідно з вимогами ДСТУ 30726:2006, ДСТУ ISO 4833:2006, ДСТУ ISO 6579-1:2021. Посіви виконували на селективні живильні середовища. Результати виражали у КУО/г або за фактом наявності/відсутності мікроорганізмів у певному об'ємі.

Активність води (*aw*) у зразках вимірювали за допомогою аналізатора активності води HygroLab C1 (Rotronic, Швейцарія). Перед дослідженням зразки витримували до стабілізації температури при 20 °С. Для кожного зразка проводили щонайменше три вимірювання. Похибка методу не перевищувала $\pm 0,003$ *aw*.

Рівень рН визначали потенціометричним методом за допомогою лабораторного рН-метра рН-150МІ (Україна) з комбінованим електродом. Вимірювання проводили у подрібненому зразку філе, попередньо гомогенізованому у співвідношенні 1:10 з дистильованою водою. Перед вимірюванням прилад калібрували буферними розчинами з рН 4,0 і 7,0. Кожне вимірювання проводили у трьох повтореннях, результати виражали у середньому значенні з точністю $\pm 0,01$ рН.

Отримані дані обробляли за допомогою методів описової статистики з розрахунком середнього арифметичного значення та стандартного відхилення. Побудову графіків і візуалізацію результатів здійснювали у програмному середовищі Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ. Мікробіологічна оцінка філе *Clarias gariepinus* після оброблення LAB наведена в таблиці 1.

Таблиця 1. Мікробіологічна оцінка м'яса кларієвого сома

Зразок	БГКП (колі-форми), г	МБК, КУО/Г	<i>Staph. aureus</i> ,	Патогенні мікроорганізми, у т.ч. <i>Salmonella</i>
Контроль	Наявні в 0,1 г	$1,0 \cdot 10^3$	Відсутні в 1 г	Відсутні в 25 г
<i>Lactobacillus casei</i> + <i>Lactobacillus rhamnosus</i>	Наявні в 0,1 г	$4,0 \cdot 10^6$	Відсутні в 1 г	Відсутні в 25 г
<i>Lactobacillus plantarum</i>	Відсутні в 1 г	$5,3 \cdot 10^6$	Відсутні в 1 г	Відсутні в 25 г

Джерело: розроблено автором на основі досліджень згідно ДСТУ 30726:2006, ДСТУ ISO 4833:2006, ДСТУ ISO 6579-1:2021.

Мікробіологічні дані, наведені у таблиці 1, свідчать про суттєві позитивні зміни у санітарному стані філе африканського кларієвого сома після біооброблення молочнокислими бактеріями *Lactobacillus plantarum*. У цьому зразку повністю відсутні бактерії групи кишкової палички, не виявлено *Staphylococcus aureus* та патогенних мікроорганізмів, включаючи *Salmonella* spp.

Оброблення комбінацією *L. casei* + *L. rhamnosus* не дало позитивного ефекту щодо бактерій групи кишкової палички. Присутність БГКП може свідчити про незначну залишкову контамінацію або конкуренцію між компонентами закваски на ранньому етапі колонізації.

Кількість молочнокислих бактерій (МБК) становила $4,0 \cdot 10^6$ КУО/г у зразку з комбінацією *L. casei* + *L. rhamnosus* і $5,3 \cdot 10^6$ КУО/г у зразку з *L. plantarum*, що вказує на активне розмноження LAB у тканині риби та створення несприятливих умов для розвитку умовно-патогенної мікрофлори. Ці показники узгоджуються з попередніми дослідженнями, де LAB характеризувалися високим рівнем колонізації субстрату при температурі 4–6 °С (Gaggia et al., 2011).

Контрольний зразок, який не зазнавав обробки LAB, виявився мікробіологічно нестабільним: БГКП були виявлені вже у 0,1 г продукту, а кількість молочнокислих бактерій

становила лише $1,0 \cdot 10^3$ КУО/г. Така низька кількість LAB у контрольному зразку свідчить про відсутність захисної мікрофлори, яка могла б конкурувати з контамінантами та пригнічувати їх ріст. Виявлення кишкової палички у незначній масі продукту вказує на високий рівень фонові контамінації, що є типовим для риби без спеціальної обробки.

В цілому, результати підтверджують ефективність LAB у якості біозахисного чинника. Їх антагоністична дія реалізується через синтез молочної кислоти, перекису водню, бактеріоцинів, а також за рахунок зниження рН середовища і конкуренції за субстрат. У зразках з *L. plantarum* спостерігається повна елімінація патогенної мікрофлори, що свідчить про високу ефективність цих штамів у забезпеченні мікробіологічної безпеки продукції.

Отримані дані узгоджуються з висновками Olorunshola et al. (2025), які вказували на здатність LAB, ізольованих із кишечника африканського сома, пригнічувати ріст мультирезистентних ентеробактерій.

Таким чином, результати мікробіологічної оцінки свідчать про перспективність застосування LAB у переробці африканського сома. Особливо ефективною виявилась дія *L. Plantarum*.

Активність води (water activity, aw) є одним із ключових фізико-хімічних показників, що визначає доступність вільної води у харчовому продукті для росту та розмноження мікроорганізмів. Вона характеризує енергійний стан води і виражається у відносній величині – від 0 (відсутність доступної води) до 1,0 (вільна вода). На відміну від вологості, яка визначає загальний вміст води в продукті, aw дає уявлення саме про ту частку вологи, яка може бути використана мікроорганізмами для своєї життєдіяльності.

Більшість патогенних бактерій розвиваються при $aw > 0,91$, дріжджі – при $aw > 0,88$, а плісняві гриби – при $aw > 0,75$. Зниження цього показника нижче критичних меж дозволяє пригнічувати ріст небажаної мікрофлори та подовжити термін зберігання продукції. Саме тому контроль за aw є важливою складовою при розробці технологій зберігання, консервування та пакування харчових продуктів (García-González et al., 2019; Labuza & Altunakar, 2021; Fadhel et al., 2022).

Зведені дані змін активності води протягом досліджуваного періоду представлені на рисунку 1.

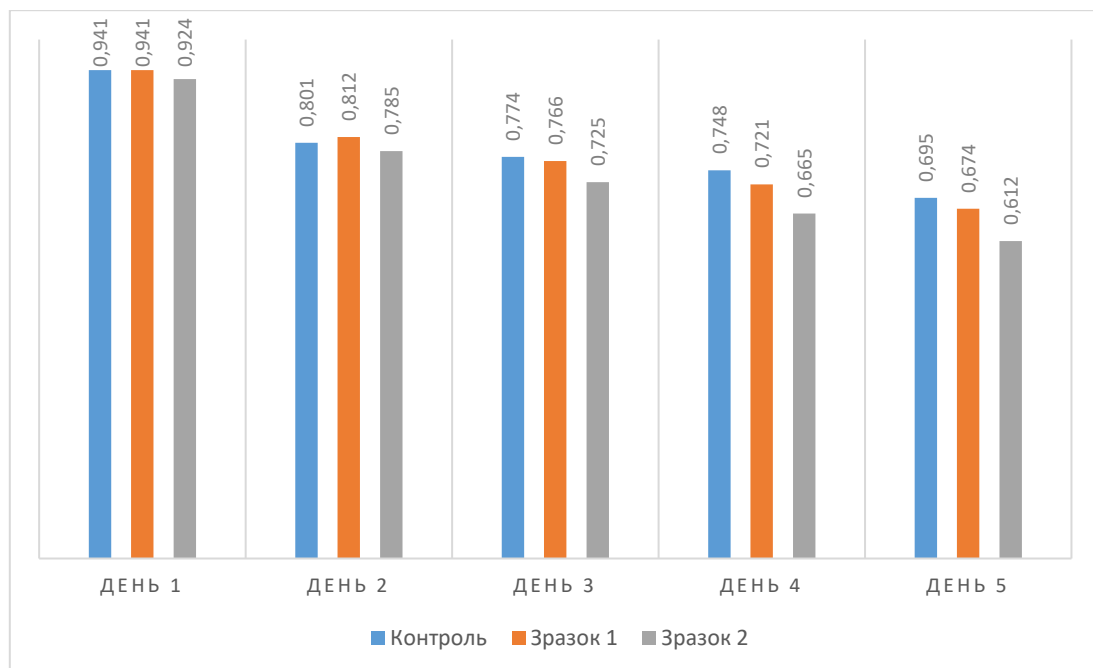


Рисунок 1. Динаміка зміни активності води соленого м'яса кларієвого сома
Джерело: розроблено автором.

У численних дослідженнях відзначається, що застосування LAB у процесі ферментації або біообробки рибної сировини сприяє поступовому зниженню активності води. Наприклад, Gaggia та ін. (2011) наводять дані щодо зменшення a_w з 0,96 до 0,75–0,80 в умовах зберігання при 4–6 °C. Це зниження обумовлено метаболічною активністю LAB, які продукують органічні кислоти, екзополісахариди та інші речовини, що зв'язують вільну воду та змінюють осмотичні характеристики середовища.

Отримані результати свідчать про активну метаболічну діяльність LAB у м'язовій тканині африканського сома. Зменшення a_w є наслідком продукції органічних кислот, екзополісахаридів та зміни осмотичного тиску, що узгоджується з сучасними дослідженнями щодо біозахисних механізмів LAB у рибній продукції (Silva et al., 2018; García-González et al., 2019; Fadhel et al., 2022).

Таке зниження активності води не лише обмежує ріст патогенів, але й сприяє формуванню стабільних умов зберігання без потреби у хімічних консервантах.

У день біооброблення активність води (a_w) у дослідних зразках становила в межах 0,909–0,955, що є типовим значенням для свіжої рибної сировини. Протягом усього періоду зберігання (5 днів при температурі +4 °C) у зразках, оброблених молочнокислими бактеріями, спостерігалось поступове зниження a_w .

Найбільш виражене зменшення активності води було зафіксовано у зразку, обробленому *Lactobacillus plantarum*, де на п'ятий день a_w становила 0,612. Це свідчить про високу здатність даного штаму активно зв'язувати вільну воду, що є критичним фактором у стримуванні розвитку патогенної мікрофлори.

Комбінація *Lactobacillus casei* та *L. rhamnosus* забезпечила також суттєве зниження a_w – до 0,674, проте цей показник був дещо вищим, ніж у зразку з *L. plantarum*. У контрольному зразку, який не піддавався обробці LAB, a_w залишалася вищою і становила 0,695, що вказує на меншу мікробіологічну стабільність соленого продукту без біооброблення.

Динаміка змін рН у контрольному та дослідних зразках наведена на рисунку 2.

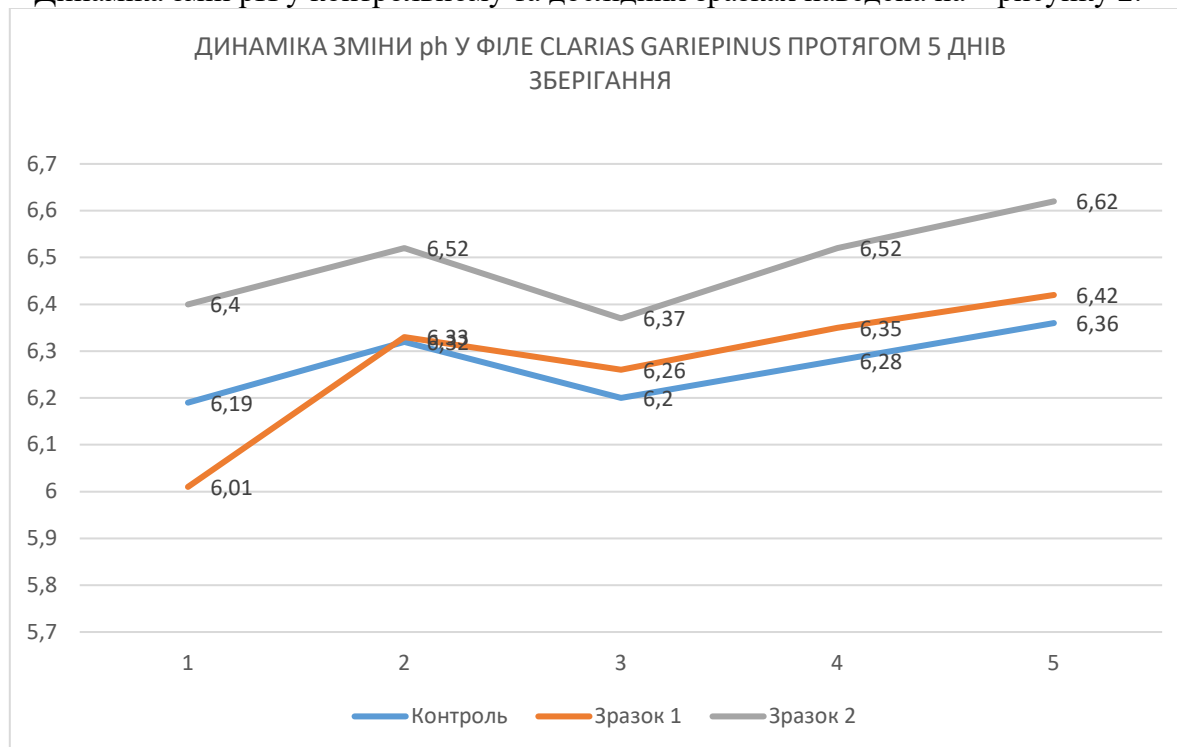


Рисунок 2. Динаміка зміни рН середовища соленого м'яса кларієвого сома

Джерело: розроблено автором

Графік зміни рН у філе *Clarias gariepinus* протягом п'яти днів зберігання демонструє чіткі відмінності між контрольним зразком та зразками, обробленими молочнокислими

бактеріями (рисунк 2). У контрольному зразку початкове значення рН становило 6,19, після чого відзначалося незначне зростання до 6,36 на п'ятий день. Така динаміка є типовою для рибної сировини без біозахисної обробки і свідчить про автолітичні процеси, пов'язані з розпадом білкових сполук і вивільненням основ, зокрема аміаку та амінів. Ці сполуки зумовлюють поступове лужне зміщення рН середовища, що водночас створює сприятливі умови для розвитку псувної мікрофлори.

Результати демонструють, що LAB сприяють зниженню активності води внаслідок метаболічних процесів, таких як утворення органічних кислот та екзополісахаридів, які здатні зв'язувати вільну воду й знижувати водоутримувальну здатність середовища. Це є важливим фактором у пригніченні росту умовно-патогенної мікрофлори та подовженні терміну придатності продукту.

Дослідження показує, що LAB мають стабілізуючий ефект як на a_w , так і на рН, особливо у рибних продуктах, які зберігаються в умовах охолодження. У ферментованій рибі, зокрема у продуктах із *Clarias gariepinus*, рівень рН може або знижуватися за рахунок активного утворення кислот, або стабілізуватися завдяки буферним властивостям білків, що залежить від штаму LAB і часу зберігання (Sánchez-Martín et al., 2025).

У дослідному зразку 1, який було оброблено комбінацією *Lactobacillus casei* та *L. rhamnosus*, спостерігалось стабільне і поступове підвищення рН: від 6,01 у перший день до 6,42 на п'ятий день зберігання. Помірне зростання цього показника може бути пов'язане з утворенням LAB деяких лужних метаболітів – зокрема амінокислот, пептидів або слідів аміаку, – які утворюються внаслідок протеолітичної активності, але не досягають рівня, небезпечного для якості продукції. У той же час, LAB обмежують розвиток сторонньої мікрофлори, підтримуючи загальну кислотно-лужну рівновагу.

Зразок 2, оброблений *Lactobacillus plantarum*, характеризувався найвищим рівнем рН на старті – 6,40, і демонстрував чітку тенденцію до помірного зростання до 6,62 на завершальному етапі зберігання. Такий рівень може бути обумовлений буферною ємністю білкових структур, а також активністю LAB у перерозподілі іонів амонію та впливі на білковий баланс.

Загалом, зразки, оброблені LAB, демонстрували стабільніші значення рН із менш вираженими коливаннями, ніж контроль. Це свідчить про позитивний вплив LAB на кислотно-лужний баланс, а також їхню здатність пригнічувати активність протеолітичної псувної мікрофлори. У поєднанні зі зниженням a_w та відсутністю патогенних мікроорганізмів та БГКП, така поведінка рН є додатковим підтвердженням ефективності LAB як біозахисного інструменту у зберіганні рибної сировини.

Загалом, результати свідчать, що LAB сприяють підтриманню кислотно-лужного балансу в межах, які не є сприятливими для розвитку патогенної та псувної мікрофлори. Це узгоджується з даними які зазначали, що вплив LAB на рН може варіювати залежно від штаму, типу середовища та умов культивування, проте загалом сприяє підвищенню мікробіологічної стабільності. Таким чином, стабілізація рН у дослідних зразках є додатковим чинником, який підтверджує ефективність застосування LAB для зберігання філе *Clarias gariepinus* і забезпечення його мікробіологічної безпеки (Silva et al., 2018; Dabadé et al., 2021; Fadhel et al., 2022).

Згідно з сучасними дослідженнями, LAB впливають не лише на активність води, але й на рН рибної сировини завдяки утворенню органічних кислот, екзополісахаридів і низькомолекулярних метаболітів. Це сприяє стабілізації кислотно-лужного балансу, пригніченню розвитку псувної мікрофлори та підвищенню безпечності охолодженої продукції. Зокрема, Silva et al. (2018) довели, що культури *Lactobacillus plantarum* і *L. casei* здатні зменшувати активність води (a_w) і підтримувати рН у межах 6,2–6,6 у рибній сировині, забезпечуючи мікробіологічну стабільність без використання консервантів. Подібні результати наведені у дослідженні Dabadé et al. (2021), де оброблення африканського сома

культурами LAB дало змогу знизити мікробне навантаження та стабілізувати pH протягом охолодженого зберігання.

У роботі Olorunshola et al. (2025) наведені докази того, що LAB, ізольовані з кишечника африканського сома, мають антимікробну активність проти мультирезистентних патогенів – *Enterobacter spp.* і *Salmonella*, що співвідноситься з нашими результатами, хоча в тій роботі не розглядалася зміна aw і pH. Nurhayati et al. (2023) також підтвердили ефективність LAB у пригніченні *Edwardsiella ictaluri* – типової патогенної флори у сомів.

Зіставлення з даними інших дослідників підтверджує, що LAB, зокрема *L. plantarum*, проявляють широкий антагоністичний спектр дії, не погіршуючи сенсорні та фізико-хімічні властивості рибної сировини.

Таким чином, отримані нами дані підтверджують високий потенціал молочнокислих бактерій як природного біозахисного чинника у зберіганні рибної продукції. Особливістю нашого дослідження є комплексний підхід, що включає одночасне оцінювання мікробіологічної безпеки, активності води (aw) та динаміки зміни pH у філе африканського кларієвого сома *Clarias gariepinus*. Це дозволяє всебічно оцінити ефективність застосування LAB як альтернативи традиційним методам консервування.

У порівнянні з іншими науковими роботами, наші результати демонструють, що найбільш ефективним щодо стабілізації мікробіоти та фізико-хімічного стану рибної сировини є використання *Lactobacillus plantarum*. Водночас застосування комбінації *Lactobacillus casei* з *L. rhamnosus* також виявило значний біозахисний потенціал, що підтверджує доцільність подальших досліджень цих штамів для біотехнологічної обробки рибної продукції.

ВИСНОВКИ. Проведено комплексне дослідження впливу молочнокислих бактерій на мікробіологічну безпеку, активність води (aw) та рівень pH у соленому філе африканського кларієвого сома (*Clarias gariepinus*) протягом п'яти днів охолодженого зберігання. Встановлено, що біооброблення філе африканського сома із застосуванням LAB дозволяє ефективно знизити бактеріальне навантаження, забезпечити мікробіологічну стабільність соленої продукції, суттєво зменшити активність води та pH без використання хімічних консервантів.

Результати мікробіологічних досліджень показали позитивний ефект використання *Lactobacillus plantarum* для знищення бактерій групи кишкової палички, що свідчить про перспективність використання LAB у якості природних біозахисних агентів у технології зберігання рибної сировини.

За результатами досліджень фізико-хімічних показників встановлено, що найбільш виражене зменшення активності води було зафіксовано у зразку, обробленому *Lactobacillus plantarum*, де на п'ятий день aw становила 0,612. Це свідчить про високу здатність даного штаму активно зв'язувати вільну воду, що є критичним фактором у стримуванні розвитку патогенної мікрофлори. Комбінація *Lactobacillus casei* та *L. rhamnosus* забезпечила також суттєве зниження aw – до 0,674. В результаті визначення pH, продемонстровано помірне, контрольоване підвищення значень до 6,62–6,66 у LAB-зразках, тоді як у контролі pH залишалося нижчим, але без ознак стабільності. Така динаміка pH у LAB-зразках свідчить про сприятливу біохімічну рівновагу, яка перешкоджає розмноженню патогенної мікрофлори.

Отримані результати підтверджують, що *Lactobacillus plantarum* та комбінація *L. casei* + *L. rhamnosus* мають виражений біозахисний потенціал. Їх застосування забезпечує стабілізацію ключових фізико-хімічних параметрів філе та дозволяє уникнути використання хімічних консервантів. Таким чином, LAB можуть бути ефективно застосовані для покращення безпеки та якості рибної продукції.

Подяки. Автори статті вдячні відділу аналітичних досліджень та якості харчової продукції Інституту продовольчих ресурсів НААН України за допомогу в проведенні мікробіологічних досліджень.

Конфлікт інтересів. Немає.

References

- Appleton, K. M., Rogers, P. J., & Ness, A. R. (2010). Is there a role for n-3 long-chain polyunsaturated fatty acids in the regulation of mood and behaviour? *Proceedings of the Nutrition Society*, 69(4), 554–567. <https://doi.org/10.1017/S0029665110003383>
- Baik, I., Abbott, R. D., Curb, J. D., & Shin, C. (2010). Intake of fish and n-3 fatty acids and future risk of metabolic syndrome. *Journal of the American Dietetic Association*, 110(7), 1018–1026. <https://doi.org/10.1016/j.jada.2010.04.014>
- Dabadé, D. S., Douny, C., Scippo, M.-L., & Kpoclou, Y. E. (2021). Microbial safety and spoilage of African catfish during chilled storage: Effect of lactic acid bacteria treatment. *LWT*, 148, 111730. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111730>
- Fadhel, S. Z., Al-Nasser, H. A., & Kareem, R. M. (2022). Effect of water activity on microbial growth and shelf-life of fish-based products. *Foods*, 11(4), 502. <https://doi.org/10.3390/foods11040502>
- FAO. (2022). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2022: Towards Blue Transformation*. Rome: FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>
- García-González, L., Geeraerd, A. H., & Devlieghere, F. (2019). Water activity, microbial stability and biopreservation in seafood. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(5), 1461–1489.
- Gaggia, F., Mattarelli, P., & Biavati, B. (2011). Probiotics and prebiotics in animal feeding for safe food production. *International Journal of Food Microbiology*, 141(Suppl.), S15–S28. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.02.031>
- Kyslytsia, O., & Menchynska, N. (2025). African catfish (*Clarias gariepinus*) as a promising raw material for healthy food production. *Human and Nation's Health*, 1, 90–92
- Labuza, T. P., & Altunakar, B. (2021). Water activity and food preservation: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 113, 343–355. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.05.006>
- Silva, C. C. G., Silva, S. P. M., & Ribeiro, S. C. (2018). Lactic acid bacteria as natural biopreservatives in seafood: mechanisms and applications. *Frontiers in Microbiology*, 9, 1823. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01823>
- Morris, M. C., Tangney, C. C., Wang, Y., Sacks, F. M., Barnes, L. L., Bennett, D. A., & Aggarwal, N. T. (2016). MIND diet slows cognitive decline with aging. *Alzheimer's & Dementia*, 11(9), 1015–1022. <https://doi.org/10.1016/j.jalz.2014.04.010>
- Nurhayati, A. P. D., Zulaika, E., Amin, M., Setiawan, E., & Wijaya, Z. M. (2023). Isolation and screening of lactic acid bacteria producing anti-Edwardsiella from the gastrointestinal tract of wild catfish. *Open Agriculture*, 8(1), 20220212. <https://doi.org/10.1515/opag-2022-0212>
- Olorunshola, M. M., Agidigbi, T. S., & Adeniyi, B. A. (2025). Antimicrobial activity of lactic acid bacteria isolated from the gut of African catfish (*Clarias gariepinus*) against multi-drug-resistant resident pathogens. *BMC Microbiology*, 25, Article 410. <https://doi.org/10.1186/s12866-025-04139-5>
- Sánchez-Martín, J., Serrano-Heredia, S. M., Possas, A., Valero, A., & Carrasco, E. (2025). Evaluation of the antimicrobial effect of bioprotective LAB cultures against *Listeria monocytogenes* in cold-smoked rainbow trout. *Foods*, 14(11), 1951. <https://doi.org/10.3390/foods14111951>
- Sisović, D., Živković, M., & Bajić, M. (2017). Fish consumption and prevention of cardiovascular diseases. *Medicinski Glasnik*, 14(2), 214–220. <https://doi.org/10.17392/900-17>
- Tacon, A. G. J., & Metian, M. (2013). Fish matters: Importance of aquatic foods in human nutrition and global food supply. *Reviews in Fisheries Science*, 21(1), 22–38. <https://doi.org/10.1080/10641262.2012.753405>
- Zang, J., Yu, H., Zhu, Z., Lu, Y., & Jiang, Y. (2018). Fish consumption and coronary heart disease: Meta-analysis. *Nutrients*, 10(12), 1931. <https://doi.org/10.3390/nu10121931>

Отримано 08.07.2025 р., прийнято до друку 23.10.2025 р.

УДК 664.1.049

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.2.2025.40>

ФОРМУВАННЯ ЛАМЕЛЯРНОЇ СТРУКТУРИ ЕМУЛЬСІЙ НА ОСНОВІ ГІДРОЛІЗОВАНОГО ЛЕЦИТИНУ ТА СТЕАРАТУ САХАРОЗИ

Мар'яна Тарасівна Овчарук

аспірантка кафедри технології м'яса і м'ясних продуктів

<https://orcid.org/0009-0000-4922-6324>

e-mail: newkraftbeer@ukr.net

Національний університет харчових технологій

01033 м. Київ, вул. Володимирська, 68, Україна

Оксана Анатоліївна Топчій

кандидатка технічних наук, доцентка, доцентка кафедри технології м'яса і м'ясних продуктів

<https://orcid.org/0000-0002-4832-2709>

e-mail: oksanatopchiy@ukr.net

Національний університет харчових технологій

01033 м. Київ, вул. Володимирська, 68, Україна

Алла Богданівна Петрина

кандидатка технічних наук, доцентка, доцентка кафедри технології м'яса і м'ясних продуктів

<https://orcid.org/0009-0007-5366-5742>

e-mail: alabogd@ukr.net

Національний університет харчових технологій

01033 м. Київ, вул. Володимирська, 68, Україна

Анотація. Емульсійні технології відіграють ключову роль у сучасній харчовій індустрії як засіб текстурування та інкапсуляції активів. Ламелярні емульсії можуть використовуватися у харчовій промисловості як стабілізатори, текстуроутворювачі та носії біоактивних речовин. Основні напрямки – це функціональні продукти з контрольованим вивільненням вітамінів, антиоксидантів, омега-3 жирних кислот та пробіотиків. Водночас проблема підбору ефективних емульгуючих систем, зокрема на основі відомих поверхнево-активних речовин природного походження, залишається актуальною.

Для дослідження було використано моделі емульсій із різними комбінаціями емульгаторів. Вимірювали поверхневий натяг у системах, що містили 2% гідролізованого лецитину, 2% стеарату сахарози та їхню комбінацію. Також проведено оптичну мікроскопію для підтвердження формування ламелярних структур. Спостереження здійснювали одразу після охолодження емульсії до температури 22 ± 2 °C та через 24 години після приготування, щоб оцінити процес самовпорядкування.

Виявлено, що комбінація гідролізованого лецитину та стеарату сахарози демонструє виражену синергічну дію: спостерігається ефективніше зниження міжфазного натягу порівняно з використанням кожного емульгатора окремо. Оптимальне співвідношення компонентів становить 1,00 % гідролізованого лецитину та 0,75 % стеарату сахарози. Емульсія з 30 % жирової фази, створена на основі цієї системи, характеризується високою в'язкістю, пластичною текстурою, стабільністю та задовільними органолептичними властивостями. Мікроскопічні дослідження підтвердили наявність ламелярних структур, які утворюються в процесі охолодження емульсії.

Отримані результати свідчать про синергічну взаємодію між лецитином і стеаратом сахарози, що зумовлює формування термодинамічно стабільних ламелярних структур. Такі емульсії демонструють добру адгезію до поверхонь, що є важливим для застосування у

харчових продуктах — зокрема в намазках і кондитерських начинках. Завдяки термостабільності ці системи можуть бути використані в технологічних процесах із помірним нагріванням, таких як пастеризація чи інкапсуляція біоактивів без руйнування структурної організації.

Ключові слова: ламелярна харчова емульсія, сурфактант, косурфактант, синергетична суміш, поверхневий натяг, стабільність емульсії

UDC 664.1.049

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.2.2025.40>

FORMATION OF THE LAMELLAR STRUCTURE OF EMULSIONS BASED ON HYDROLYZED LECITHIN AND STEARATE SUCROSE

Maryana Ovcharuk

Postgraduate student of the Department of Meat and Meat Products Technology

<https://orcid.org/0009-0000-4922-6324>

e-mail: newkraftbeer@ukr.net

National University of Food Technologies

01033, 68 Volodymyrska Str., Kyiv, Ukraine

Oksana Topchii

Ph.D. (Engineering)

<https://orcid.org/0000-0002-4832-2709>

e-mail: oksanatopchii@ukr.net

National University of Food Technologies

01033, 68 Volodymyrska Str., Kyiv, Ukraine

Alla Petryna

Ph.D. (Engineering)

<https://orcid.org/0009-0007-5366-5742>

e-mail: alabogd@ukr.net

National University of Food Technologies

01033, 68 Volodymyrska Str., Kyiv, Ukraine

Abstract. Emulsion technologies play a key role in the modern food industry as a means of texturizing and encapsulating assets. Lamellar emulsions can be used in the food industry as stabilizers, texturizers and carriers of bioactive substances. The main directions are functional products with controlled release of vitamins, antioxidants, omega-3 fatty acids and probiotics. Today, the problem of finding active emulsifying systems, in particular based on known surfactants, remains relevant.

Model emulsions containing different combinations of emulsifiers were prepared and analyzed. Surface tension was measured in systems containing 2% hydrolyzed lecithin, 2% sucrose stearate, and their combination. Optical microscopy was employed to confirm the formation of lamellar structures. Observations were carried out immediately after cooling the emulsions to 22 ± 2 °C and after 24 hours of storage to evaluate self-assembly processes.

The combination of hydrolyzed lecithin and sucrose stearate exhibited pronounced synergistic behavior, resulting in more efficient interfacial tension reduction compared to each emulsifier used separately. The optimal emulsifier ratio was determined as 1.00% hydrolyzed lecithin and 0.75% sucrose stearate. The emulsion with a 30% fat phase prepared on this basis demonstrated high viscosity, plastic texture, stability, and satisfactory organoleptic properties. Microscopic analysis confirmed the presence of lamellar structures formed during the cooling process.

The results indicate a synergistic interaction between lecithin and sucrose stearate, leading to the formation of thermodynamically stable lamellar structures. Such emulsions exhibit strong

adhesion to surfaces, which is advantageous for applications in food systems such as spreads and confectionery fillings. Due to their thermal stability, these emulsions can also be used in processing operations involving moderate heating, such as pasteurization or encapsulation of bioactives, without structural degradation.

Keywords: lamellar food emulsion, surfactant, cosurfactant, synergistic mixture, surface tension, emulsion stability

ВСТУП. Емульсії як дисперсні системи, в яких одна рідка фаза (зазвичай жирової природи) диспергована у другій (водній) у вигляді краплин певного розміру, мають фундаментальне значення в харчовій промисловості. В харчовій промисловості емульсії широко застосовуються як носії жиророзчинних інгредієнтів, текстуроутворювачі й засоби контролю ротового відчуття. За останні два десятиліття зростає інтерес до емульсій не лише як технологічної матриці, але й як систем інкапсуляції, що підвищують стабільність і біодоступність функціональних компонентів (омега-3, вітаміни, антиоксиданти, пробіотики) (Xu et al., 2024).

Ламелярними (lamellar liquid crystals, LLC) називають емульсії або гібридні системи, у яких поверхнево активні молекули самовкладаються у паралельні двошари (ламели) у безперервній фазі або навколо краплин, що призводить до появи гель-подібної структурованої системи (Moraes et al., 2018). Такі емульсії здатні надавати йогуртам, соусам, морозиву чи кремам ніжну, стабільну структуру без додаткових жирів чи модифікованого крохмалю (Leser, 2017).

Ламелярні структури можуть забезпечувати повільне/контрольоване вивільнення активу та стати основою спеціальних продуктів харчування. Вони можуть інкапсулювати жиророзчинні вітаміни (A, D, E, K), каротиноїди, поліненасичені жирні кислоти (омега-3) і забезпечувати їх захист від окиснення та повільне вивільнення у травному тракті. Зокрема, перспективним є застосування LLC як носіїв пробіотиків, які дозволяють доставляти активи саме в кишківник (Bufalini and Campardelli, 2025).

В харчовій промисловості конкретні застосування емульсій включають соуси і майонези (покращення текстури, стабілізація жирової фази, доставка жиророзчинних вітамінів), молочні та рослинні напої/кремери (інкапсуляція жиророзчинних вітамінів, заміна жиру, поліпшення ротового відчуття), кондитерські наповнювачі й креми (контроль реології, термостійкість у випічці) та функціональні батончики чи енергетичні продукти (емульсійні прошарки для доставки омега-3 чи антиоксидантів).

Традиційний майонез – класичний приклад стабілізованої О/В-емульсії, де жирові краплини дисперговані у водній фазі; емульгування забезпечують фосфоліпіди яєчного жовтка та інші поверхнево-активні компоненти. Емульсійна структура визначає реологічні характеристики, сенсорні відчуття і стабільність до фазового розшарування під час зберігання (Taslikh et al., 2022).

Емульсійні гелі застосовують для відтворення жирової фази в продуктах-аналогах м'яса: тонкодисперсні жирові краплини у білково-полісахаридній матриці формують структуру, що під час термічної обробки демонструє подібну до жиру плавність і соковитість (Kothuri et al., 2025). Такий підхід дозволяє зменшити кількість твердих тваринних жирів, керувати випаровуванням води під час приготування і знижувати кулінарні втрати.

Наявні роботи (Uriho et al., 2024) демонструють, що емульсії на основі білкових оболонок можуть ефективно захищати як вітамінні, так і ліпофільні компоненти під час випічки; такі системи зберігають антиоксидантну активність і покращують утримання поліненасичених жирів у готовому продукті.

Серед поверхнево-активних речовин, що застосовуються у харчовій промисловості, особливе місце належить фосфоліпідам, зокрема лецитину E322 (Mortensen et al., 2017.). Стандартний лецитин є сумішшю фосфоліпідів, тоді як гідролізований лецитин утворює лізофосфоліпіди, що змінюють гідрофільно-ліпофільний баланс та можуть підвищувати

термостабільність емульсійних систем, сприяючи формуванню гідратованих ламелярних фаз (Rahim et al., 2025). У свою чергу, сахарозні ефіри – наприклад стеарати сахарози – є неіонними емульгаторами харчового призначення, які відзначаються варіабельністю HLB (гідрофільно-ліпофільного балансу) залежно від ступеня етерифікації та довжини жирного ланцюга (Cholakova and Tcholakova, 2024).

Використання синергетичних емульгуючих сумішей, тобто комбінацій двох або більше емульгаторів із різними структурно-функціональними властивостями, має низку суттєвих переваг порівняно з використанням моноемульгаторів. Такі суміші дозволяють створювати більш стабільні, пластичні та функціональні емульсійні системи, що особливо важливо у харчовій промисловості.

З точки зору регуляторики, лецитини та сахарозні ефіри широко дозволені як харчові добавки, проте у відкритих джерелах відсутня інформація про колоїдно-хімічні властивості їх сумішей та властивості виготовлених на їх основі емульсій.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ – дослідити формування та стабільність ламелярної емульсії, створеної на основі синергетичної суміші гідролізованого лецитину та стеарату сахарози, з'ясувати їх взаємодію в міжфазному шарі, вплив співвідношення емульгаторів на міжфазний натяг і структурно-текстурні властивості емульсії, а також виявити процеси самоукладання ламелярних структур під час охолодження системи.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ. Для одержання ламелярної структури в роботі використано суміш з основного емульгатора та косурфактанта. Обраний основним емульгатором гідролізований лецитин формує плоскі бішари, аналогічні біомембранам, що забезпечують контрольоване вивільнення активів та утворює стійкі гідратовані фази типу L_α при кімнатній температурі.

Гідролізований лецитин є сумішшю фосфоліпідів фосфатидилхоліну, фосфатидилетаноламіну та фосфатидилсерину, а також продуктів їх розщеплення, як показано на рисунку 1.

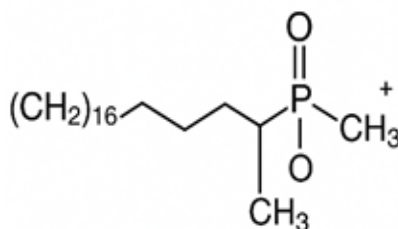


Рисунок 1. Структурна формула молекули лецитину (фрагмент)

Гідролізований лецитин краще розчиняється у воді (у порівнянні з нативним лецитином), що обумовлює його використання в харчовій промисловості в якості емульгатора. Традиційно норма внесення лецитину знаходиться на рівні 2,0–10,0 % і може бути знижена при використанні косурфактанта.

Косурфактант стеарат сахарози завдяки полігідроксильній частині сахарози формує водневі зв'язки з водною фазою, а стеариновий ланцюг – з ліпідною, що сприяє високій стабільності та пластичності ламелярного шару (Uchiyama et al. (2016)). Його хімічна формула не має одного конкретного запису через те, що це полімер, де сахароза може бути естерифікована стеариновою кислотою по-різному. Структурна формула стеарату сахарози на рисунку 2 представлена в загальному вигляді і показує один з варіантів будови сполуки, утвореної з сахарози та стеаринової кислоти, де стеаринова кислота приєднується до сахарози через складноєфірний зв'язок.

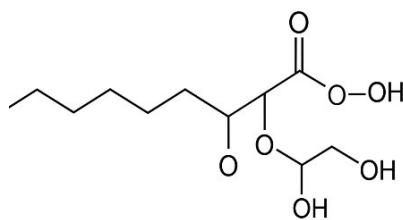


Рисунок 2. Структурна формула молекули стеарату сахарози (один з можливих варіантів)

Виготовлення емульсій проводили згідно наступного порядку:

1. Нагрівали водну і олійну фазу з емульгаторами до температури 65–70 °С.
2. Механічна обробка проводилась за повільного перемішування на швидкості 60 хв⁻¹.
3. Охолоджували до температури 22±2 °С зі швидкістю не більше 1 °С/хв.

Органолептичну оцінку зразків емульсій проводили за показниками зовнішнього вигляду, кольору та запаху. Визначення здійснювали в дегустаційній кімнаті за нейтрального освітлення (денне дифузне світло) при температурі 20–22 °С. Проби об'ємом близько 50 мл відбирали у прозорі скляні ємності. Колір оцінювали на білому фоні, запах – шляхом короткого вдиху з відстані 2–3 см від поверхні зразка. Оцінювання здійснювала комісія з восьми експертів. Результати фіксували за якісними ознаками «відповідає» / «не відповідає».

Визначення рН проводили потенціометричним методом за допомогою електронного рН-метра з комбінованим скляним електродом. Калібрування приладу виконували за двома або двома буферними розчинами з рН 4,01; 6,86 при температурі аналізу. Перед вимірюванням 50 мл г емульсії ретельно перемішували до однорідності. Електрод занурювали у пробу так, щоб активна частина була повністю покрита зразком, уникаючи утворення повітряних бульбашок. Відлік рН здійснювали після стабілізації показів (15–30 с). Кожен зразок аналізували тричі, результати подано як середнє арифметичне ± стандартне відхилення.

Колоїдну та термостабільність оцінювали відповідно до вимог ДСТУ 4560:2006 «Майонези. Правила приймання та методи випробування». Стійкість визначали як відсутність розшарування після впливу фізичного та термічного чинників, що моделюють умови руйнування емульсії. Для цього зразки емульсії об'ємом 10 мл піддавали термічному впливу / центрифугуванню, передбаченому методикою стандарту. Після охолодження проби візуально оцінювали на наявність ознак коалесценції, флокуляції чи виокремлення олійної фази. Емульсія вважалася стабільною за відсутності будь-яких проявів розшарування.

В'язкість емульсії визначали за допомогою ротаційного віскозиметра при температурі 20 ± 0,5 °С. Зразки попередньо витримували протягом 30 хв для стабілізації температури. Вимірювання проводили при різних швидкостях обертання шпинделя (10–100 об/хв), фіксуючи ефективну в'язкість при кожному значенні градієнта зсуву. Для кожного зразка виконували три повторні вимірювання, результати усереднювали та виражали у Паскаль-секундах (Па·с). Прилад калібрували стандартними в'язкісними еталонами перед початком кожної серії досліджень.

Визначення поверхневого натягу проводили шляхом зважування крапель рідини, які повільно відриваються від носика капіляра, що занурений у досліджувану рідину. Вага однієї краплі використовується для розрахунку коефіцієнта поверхневого натягу за відповідною формулою, що враховує вагу краплі, довжину зовнішнього кола капіляра та силу тяжіння, обчислюється коефіцієнт поверхневого натягу.

Мікроструктуру емульсії досліджували за допомогою монокулярного біологічного мікроскопа SIGETA UNITY 40×–400×. Для аналізу на предметне скло наносили невелику краплю емульсії (~10 мкл), накривали покривним скельцем і спостерігали під збільшенням 100–400×. Зразок попередньо розводили дистильованою водою 1:10 для уникнення скупчення краплин. Зображення фіксували цифровою камерою, після чого аналізували морфологію і розмірну дистрибуцію краплин за допомогою програмного забезпечення ImageJ. Для кожного

зразка досліджували не менше десяти полів зору, визначаючи середній діаметр, медіану та стандартне відхилення розміру частинок.

Усі вимірювання проводили не менше ніж у трьох повторностях ($n \geq 3$). Результати статистично обробляли методами описової статистики з використанням середнього арифметичного (M) та стандартного відхилення (SD). Для перевірки достовірності відмінностей між вибірками застосовували однофакторний дисперсійний аналіз (ANOVA) з подальшим тестом Тьюкі. Відмінності вважали статистично значущими при рівні $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ОБГОВОРЕННЯ. Для оцінки взаємного впливу двох емульгаторів на стабільність емульсії побудовано математичну модель повного факторного експерименту другого порядку ПФЕ 2^2 . Математична модель залежності функції відгуку (стабільності емульсії Y) від концентрацій двох емульгаторів (x_1 і x_2) у вигляді полінома другого порядку має такий вигляд: $Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2$ (рисунок 3).

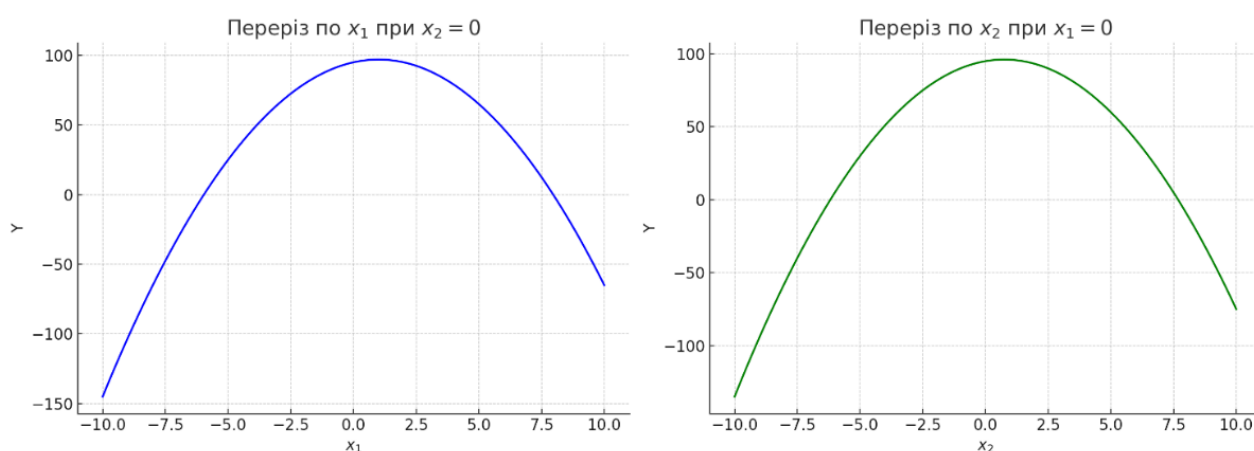


Рисунок 3. Залежність функції відгуку від змінних факторів

Джерело: розроблено автором

Позитивні значення b_1 і b_2 свідчать, що збільшення кожного з емульгаторів підвищує стабільність. Позитивний b_{12} означає, що їхня спільна дія синергетична – суміш стабілізує систему краще, ніж кожен емульгатор окремо. Одночасне збільшення обох концентрацій дає більше, ніж простий сумарний ефект лінійних членів. Практично це означає, що суміш емульгаторів може працювати краще, ніж кожен окремо.

За фіксованого значення $x_2=0$ (ліва панель) крива має виражену вгнуту форму, при цьому максимум спостерігається поблизу $x_1=1$, після чого значення Y поступово знижується. За фіксованого $x_1=0$ (права панель) також простежується вгнута парабола з максимумом приблизно при $x_2=0,75$, після чого відбувається спад. Отже, оптимальним співвідношенням досліджуваних емульгаторів є: гідролізований лецитин – 1,00 %, стеарат сахарози – 0,75 %.

Для перевірки одержаних значень було виготовлено емульсію з вмістом жирової фази 30%.

Емульсія представляє собою однорідну, кремоподібну масу світложовтого кольору без видимих домішок і повітряних бульбашок. Колоїдна стабільність та термостабільність виготовленої емульсії високі, отже система зберігає структурну цілісність при термічних обробках і під час зберігання. Оскільки емульсія без запаху, вона добре приймає ароматизатори, а жиророзчинні аромати та кольори будуть інкапсульовані й стабільні. В'язкість 38,5 Па·с відповідає густій, пластичній текстурі (аналог консистенції щільного крем-спреду або густого майонезу), що забезпечує хорошу формоутримуючу здатність і повільне текуче вивільнення активів.

Таблиця 1. Органолептичні і фізико-хімічні показники емульсії

Показник	Значення
Зовнішній вигляд	Однорідна кремоподібна маса без домішок і пухирців повітря
Колір	Світложовтий
Запах	Без запаху
pH	5,7
Колоїдна стабільність	Стабільна
Термостабільність	Стабільна
В'язкість, Па·с	38,5

Така емульсія може бути використана для виробництва соусів і заправок густої текстури, придатних для намазування, з жиророзчинними вітамінами або омега-3. Висока в'язкість і пластичність емульсії дають однорідну консистенцію в паштетах і крем-спредах та забезпечує захист активів від псування киснем повітря. Емульсія також може стати ідеальною основою для молочно-рослинних десертів кремоподібної текстури та пластичних кондитерських кремів і начинок.

Певні відмінності спостерігаються у порівнянні з дослідженням Kothuri et al., (2025), які вивчали емульсійні гелі як структуроутворювачі в *рослинних м'ясних аналогах*. Хоча обидва дослідження розглядають стабільність емульсій, ця робота фокусується на *ламельарних системах*, придатних для використання у спредах і кондитерських начинках, тоді як дослідження Kothuri орієнтоване на білкові матриці рослинного походження.

Великий інтерес становить вивчення впливу емульгаторів на зміну поверхневого натягу на межі поділу фаз емульсії, що визначає структуру та стабільність емульсійного харчового продукту. Тому наступні дослідження проводили на межі олія–вода, оскільки саме адсорбція поверхнево-активних речовин на цій межі відіграє ключову роль у стабілізації емульсійних систем. Для проведення експерименту готували серію емульсій, стабілізованих досліджуваними поверхнево-активними речовинами в їх мінімальній активній кількості, рекомендованій виробником. А саме: гідролізований лецитин 2% (рекомендовано 2–6%) і стеарат сахарози 2% (рекомендовано 2–10%). Варіювання концентрації емульгаторів дозволяло оцінити їхній вплив на міжфазний натяг та формування стабільної міжфазної плівки. На рисунку 4 наведені величини міжфазного натягу систем, що містять різні кількості гідролізованого лецитину та стеарату сахарози, а також їх синергетичної суміші 1:0,75 одразу після охолодження емульсії до температури оточуючого середовища та через 24 години після виходу на температуру 22 ± 2 °C.

На поданому графіку наведено значення міжфазного натягу на межі поділу фаз для систем, стабілізованих різними емульгаторами: гідролізованим лецитином, стеаратом сахарози та їхньою сумішшю. Як видно з результатів, одразу після виготовлення емульсії 2% гідролізований лецитин забезпечує зниження міжфазного натягу до приблизно 17 мН/м, тоді як 2% стеарат сахарози демонструє дещо вищий показник – близько 24 мН/м. Найнижче значення міжфазного натягу спостерігається для комбінованої системи, що містить 1% гідролізованого лецитину та 0,75% стеарату сахарози – приблизно 2 мН/м.

Окремі емульгатори знижують міжфазний натяг лише до певного рівня, але у комбінації їхні молекули можуть більш щільно адсорбуватись на межі поділу фаз. Це призводить до утворення більш щільного і стабільного міжфазного шару. Таким чином, поєднання двох емульгаторів в оптимальному співвідношенні сприяє значному зниженню міжфазного натягу на межі олія–вода, що вказує на синергетичний ефект у процесі стабілізації емульсій. Отримані результати підтверджують доцільність використання змішаних систем поверхнево-активних речовин для підвищення стабільності емульсійних структур.

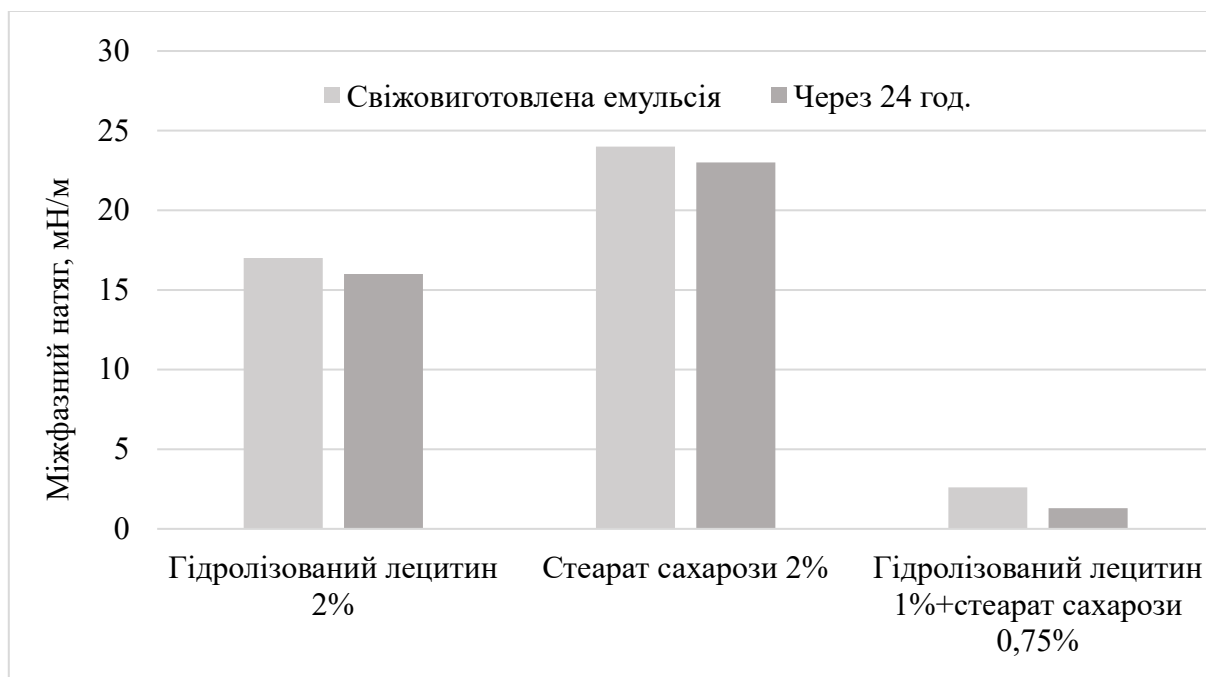


Рисунок 4. Значення поверхневого натягу сумішей емульгаторів

Джерело: розроблено автором

На поданому графіку наведено значення міжфазного натягу на межі поділу фаз для систем, стабілізованих різними емульгаторами: гідролізованим лецитином, стеаратом сахарози та їхньою сумішшю. Як видно з результатів, одразу після виготовлення емульсії 2% гідролізований лецитин забезпечує зниження міжфазного натягу до приблизно 17 мН/м, тоді як 2% стеарат сахарози демонструє дещо вищий показник – близько 24 мН/м. Найнижче значення міжфазного натягу спостерігається для комбінованої системи, що містить 1% гідролізованого лецитину та 0,75% стеарату сахарози – приблизно 2 мН/м.

Окремі емульгатори знижують міжфазний натяг лише до певного рівня, але у комбінації їхні молекули можуть більш щільно адсорбуватись на межі поділу фаз. Це призводить до утворення більш щільного і стабільного міжфазного шару. Таким чином, поєднання двох емульгаторів в оптимальному співвідношенні сприяє значному зниженню міжфазного натягу на межі олія–вода, що вказує на синергічний ефект у процесі стабілізації емульсій. Отримані результати підтверджують доцільність використання змішаних систем поверхнево-активних речовин для підвищення стабільності емульсійних структур.

Це узгоджується з оглядом Cholakova and Tcholakova (2024), які розглядали сахарозні естери як багатофункціональні емульгатори. Обидва дослідження відзначають синергічну взаємодію сахарозних ефірів з іншими амфіфільними сполуками, однак відмінністю цієї роботи є акцент на гідрофільно-ліпофільному балансі (HLB), що визначає здатність до утворення ламелярних структур у харчових емульсіях.

Мінімальний міжфазний натяг спостерігається після 24 годин витримування. Це вказує на високу термодинамічну стабільність системи та її потенційну придатність для створення ламелярних емульсій у харчовій промисловості.

Подібно до висновків Rahim et al., 2025, які досліджували ліпосомальні системи інкапсуляції з підвищеною стабільністю, результати цього дослідження також підтверджують високу стабільність емульсій під час зберігання та при помірному нагріванні. Водночас, на відміну від роботи (Rahim et al., 2025), у цій роботі основна увага приділяється *харчовим емульсійним системам*, а не наноліпосомам, характерним для фармацевтичних або косметичних застосувань.

Під час охолодження ламелярної емульсії відбувається низка фізико-хімічних процесів, які зумовлюють формування впорядкованої структури з високою стабільністю. На початковому етапі, коли температура системи поступово знижується після емульгування, зменшується кінетична енергія молекул як у водній, так і в жировій фазі. Це призводить до зниження рухливості молекул емульгаторів (наприклад, гідролізованого лецитину чи стеарату сахарози) і сприяє їхній саморганізації на межі поділу фаз.

Молекули амфіфільних емульгаторів, що мають як гідрофільні, так і гідрофобні ділянки, орієнтуються таким чином, щоб гідрофільні головки контактували з водною фазою, а гідрофобні хвости – із жировою. При зниженні температури ентропійний внесок зменшується, і система прагне до мінімізації вільної енергії. У результаті молекули емульгатора самоукладаються у впорядковані двошарові структури – ламели, які чергуються з тонкими прошарками води.

Цей процес супроводжується поступовим ущільненням міжфазного шару, формуванням кристалоподібних або рідкокристалічних структур. Внаслідок цього підвищується механічна міцність міжфазного бар'єра, зменшується швидкість коалесценції жирових крапель, а отже, зростає колоїдна і термічна стабільність емульсії.

Одержані дані добре корелюють з результатами інших дослідників. Tippetts M. and Martini S. (2009) на прикладі емульсії типу О/В, де ліпідна фаза являла собою суміш безводного молочного жиру та соєвої олії, а сироватковий білок використовувався як емульгатор виявили, що швидкість охолодження є одним з важливих факторів дестабілізації.

Anne-Laure Fameau et al., 2024, на прикладі емульсії з довголанцюгових жирних спиртів С16, С18 та їх суміші, поєднаних з поверхнево-активною речовиною цетилтриметиламонію хлоридом встановили, що швидкість охолодження має вирішальне значення для утворення мікроструктури та властивостей пластинчастої гелевої мережі.

Reiner et al., (2022) виявили, що охолодження з повільними та помірними швидкостями ($0,1\text{--}50\text{ K/хв}^{-1}$), як це спостерігається в типових резервуарах з перемішуванням, викликало самоформування крапель під час кристалізації і призводило до утворення пластинкоподібних частинок та волокон, форма яких помітно відрізнялась від сферичної. Навпаки, швидке охолодження, яке спостерігається в теплообмінниках, призводило до появи переважно сферичних форм.

Таким чином, типовий технологічний сценарій одержання ламелярної емульсії може бити описаний наступним чином:

1. Для початку формування ламелярної фази потрібне нагрівання до температури плавлення емульгатора (часто $60\text{--}75\text{ }^{\circ}\text{C}$).

2. Як вказано в роботі (Wu et al., 2023), на відміну від класичних емульсій О/В та В/О, надмірно високі зсувні зусилля на етапі гомогенізації можуть руйнувати ламелярну структуру. Використана нами швидкість 60 хв^{-1} виявилась достатньою для утворення ламелярної структури через 24 години після завершення емульгування.

3. Синергетична суміш з 1% гідролізованого лецитину і 0,75% стеарату сахарози спочатку остаточно формує емульсію під час охолодження і дозрівання, коли відбувається перехід у ламелярний стан. При повільному охолодженні молекули емульгатора самоукладаються у ламелярні двошари, формуючи гелеву мережу, що підтверджено зображеннями поляризованої світлової мікроскопії/

На рисунку 5 представлені характерні об'єкти, які демонструють візерунок у формі «мальтійського хреста», що є результатом подвійного променезаломлення в сфероліті емульсії. Візерунок «мальтійського хреста» виникає саме під поляризаційним мікроскопом під час проходження світла крізь сфероліт тому, що структури всередині сфероліту орієнтовані радіально.

Аналогічні закономірності простежуються у дослідженні Taslikh et al., (2022), присвяченому мікроструктурі та реологічним властивостям майонезоподібних емульсій. У

обох випадках стабільність емульсій зумовлена формуванням впорядкованих міжфазних шарів, що перешкоджають коалесценції жирових крапель.

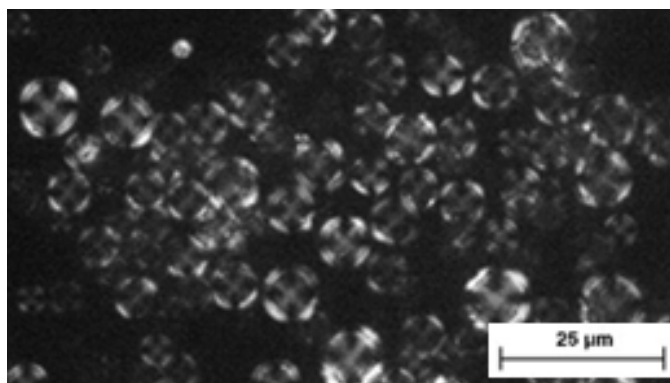


Рисунок 5. Оптична мікрофотографія Х400 зразку досліджуваної емульсії

Джерело: розроблено автором

Отримані спостереження також узгоджуються з висновками Moraes et al., (2018), які досліджували ламелярні емульсії на основі олії з насіння *Dipteryx Alata* і встановили, що їх формування зумовлене самовпорядкуванням амфифільних молекул під час охолодження. Обидва дослідження підтверджують вирішальну роль термодинамічного самоукладання для стабільності та текстурних характеристик ламелярних систем.

Оптимальне поєднання температурного режиму, помірних зсувних зусиль та синергетичної дії емульгаторів забезпечує самовпорядкування молекул у впорядковані бішари під час охолодження. Поступове зниження температури сприяє переходу системи з рідкокристалічного у гелеподібний стан, у якому ламелярні пласти стабілізують водно-олійні домени. Внаслідок цього утворюється структурована емульсія з гелевою мережею, що характеризується підвищеною в'язкістю, термостійкістю та пролонгованим вивільненням активних речовин.

У технологічному аспекті результати перегукуються з роботою Bufalini and Campardelli (2025), де наголошено на масштабованості процесів інкапсуляції функціональних інгредієнтів. Розроблена система на основі лецитину та стеарату сахарози потенційно сумісна з масштабованими харчовими процесами – пастеризацією, термічною інкапсуляцією чи екструзією.

Крім того, утворені ламелярні двошари виконуватимуть функцію депо для води, що забезпечує контрольоване її вивільнення та сприяє вологоутримувальним властивостям готового продукту. Згідно з результатами Uriho et al. (2024), які вивчали інкапсуляцію вітамінів у багатокомпонентних системах, спільним аспектом є *захист і стабілізація біоактивних сполук* у структурованих матрицях. Для систем, що містять гідролізований лецитин і стеарат сахарози, така структурна організація особливо характерна, оскільки обидва емульгатори мають здатність формувати стабільні рідкокристалічні фази.

Крім того, дослідження підтверджує положення Xu et al. (2024) щодо контрольованого вивільнення активних речовин. Формування ламелярної структури в емульсії може забезпечити кероване вивільнення біоактивних компонентів, що розширює можливості її використання у функціональних харчових продуктах.

ВИСНОВКИ. Наразі суттєвий інтерес харчових технологів викликають сучасні типи емульсійних систем, серед яких варто виділити ламелярні системи, які дозволяють більш ефективно контролювати вивільнення активів. Комбінації емульгаторів дозволяють проектувати стабільні ламелярні та дрібнодисперсні системи, здатні забезпечити високу стабільність структури при мінімальній витраті поверхнево-активних речовин. Запропонована нами ламелярна емульсія на системі емульгаторів: гідролізований лецитин 1,00 % + стеарат

сахарози 0,75 % – це стійка, густопластична система, яка може бути використана як носій для жиророзчинних біоактивів у широкому спектрі харчових продуктів: соусах, спредах, начинках, десертах і функціональних харчових продуктах. Наявність характерних анізотропних текстур під поляризованим світлом підтверджує ламелярну організацію емульсії. Завдяки синергізму вдається досягти кращої стабільності при меншій кількості поверхнево-активних речовин, що є економічно та токсикологічно вигідним. Наступні дослідження, спрямовані на комерціалізацію розробки, будуть направлені на валідацію стабільності, оптимізацію упаковки й системи консервації, а також адаптацію текстури під конкретну продуктову матрицю.

Подяки. Немає.

Конфлікт інтересів. Немає.

References

- Bufalini, C., & Campardelli, R. (2025). Versatile emulsion-based encapsulation system production processes: A review. *Processes*, 13(5), 1409. <https://doi:10.3390/pr13051409>
- Cholakova, D., & Tcholakova, S. (2024). Sucrose ester surfactants: Current understanding and emerging perspectives. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 73, 101832. <https://doi:10.1016/j.cocis.2024.101832>
- EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources Added to Food (ANS), Mortensen, A., Aguilar, F., Crebelli, R., Di Domenico, A., Frutos, M. J., Galtier, P., Gott, D., Gundert-Remy, U., Lambré, C., Leblanc, J. C., Lindtner, O., Moldeus, P., Mosesso, P., Oskarsson, A., Parent-Massin, D., Stankovic, I., Waalkens-Berendsen, I., Woutersen, R. A., Wright, M., Younes, M., Brimer, L., Altieri, A., Christodoulidou, A., Lodi, F., & Dusemund, B. (2017). Re-evaluation of lecithins (E 322) as a food additive. *EFSA Journal*, 15(4), e04742. <https://doi:10.2903/j.efsa.2017.4742>
- Fameau, Anne-Laure, Veronico, Lorenzo, Le Coeur, Clémence, Mahmoudi, Najet, Gentile, Luigi (2024). Shear and cooling effects on lamellar gel network structure: Insights from Rheo-SANS. *Journal of Molecular Liquids*, Volume 414, Part B, 126283. <https://doi:10.1016/j.molliq.2024.126283>
- Kothuri, V., Han, J. H., Keum, D. H., Kwon, H. C., Kim, D. H., & Han, S. G. (2025). Utilization of emulsion gels in plant-based meat analog formulations: A review. *Food Hydrocolloids*, 158, 110499. <https://doi:10.1016/j.foodhyd.2024.110499>
- Leser, M. E. (2017). Lamellar structures and their applications in food systems. *Advances in Colloid and Interface Science*, 247, 546–556.
- Moraes, C., Anjos, J. L. V., Maruno, M., Alonso, A., & Rocha-Filho, P. (2018). Development of lamellar gel phase emulsion containing baru oil (*Dipteryx alata* Vog.) as a prospective delivery system for cutaneous application. *Asian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 13(2), 183–190. <https://doi:10.1016/j.ajps.2017.09.003>
- Rahim, M. A., Zahran, H. A., Jaffar, H. M., Ambreen, S., Ramadan, M. F., Al-Asmari, F., Castro-Muñoz, R., & Zongo, E. (2025). Liposomal encapsulation in food systems: A review of formulation, processing, and applications. *Food Science & Nutrition*, 13(8), e70587. <https://doi:10.1002/fsn3.70587>
- Reiner, Jasmin & Ly, Tran & Liu, Lingyue & Karbstein, Heike. (2022). Melt Emulsions: Influence of the Cooling Procedure on Crystallization and Recrystallization of Emulsion Droplets and their Influence on Dispersion Viscosity upon Storage. *Chemie Ingenieur Technik*, 94. 10. 1002. <https://doi:10.1002/cite.202100143>
- Taslikh, M., Mollakhalili-Meybodi, N., Alizadeh, A. M., Mousavi, M. M., Nayebezhadeh, K., & Mortazavian, A. M. (2022). Mayonnaise main ingredients influence on its structure as an emulsion. *Journal of Food Science and Technology*, 59(6), 2108–2116. <https://doi:10.1007/s13197-021-05133-1>

- Tippetts, M. & Martini, S. (2009). Effect of cooling rate on lipid crystallization in oil-in-water emulsions. *Food Research International*, 42, 847-855. <https://doi:10.1016/j.foodres.2009.03.009>
- Uchiyama, H., et al. (2016). Formation and characterization of lamellar liquid crystalline emulsions using sucrose stearate and lecithin. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 489, 50–58.
- Uriho, M., Laurent, C., & Boucher, M. (2024). Encapsulation of vitamins in multi-component emulsions: Stability and release. *Food Chemistry*, 434, 137236. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.137236>
- Wu, M., He, X., Feng, D., Li, H., Han, D., Li, Q., Zhao, B., Li, N., Liu, T., & Wang, J. (2023). The Effect of High Pressure Homogenization on the Structure of Dual-Protein and Its Emulsion Functional Properties. *Foods*, 12(18), 3358. <https://doi:10.3390/foods12183358>
- Xu, Y., Yan, X., Zheng, H., Li, J., Wu, X., Xu, J., Zhen, Z., & Du, C. (2024). The application of encapsulation technology in the food industry: Classifications, recent advances, and perspectives. *Food Chemistry: X*, 21, 101240. <https://doi:10.1016/j.fochx.2024.101240>

Отримано 26.05.2025 р., прийнято до друку 02.09.2025 р

УДК 637.181

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.4.2025.52>

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ОЖИНОВОГО ПЮРЕ НА ЯКІСТЬ ТА МІКРОБІОЛОГІЧНУ СТАБІЛЬНІСТЬ СОЄВОГО ЙОГУРТУ ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ

Олександр Григорович Панасюк

<https://orcid.org/0000-0001-6439-6604>

Національний університет біоресурсів
і природокористування України,

03041, Україна, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15.

Лариса Вацлавівна Баль-Прилипко

доктор технічних наук, професор,

<https://orcid.org/0000-0002-9489-8610>

Національний університет біоресурсів
і природокористування України,

03041, Україна, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15.

Ігор Миколайович Устименко

кандидат технічних наук, доцент,

<https://orcid.org/0000-0003-0171-5780>

Національний університет біоресурсів
і природокористування України,

03041, Україна, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15.

Галина Арсенівна Толлок

кандидат технічних наук, доцент,

<https://orcid.org/0000-0002-2971-1645>

Національний університет біоресурсів
і природокористування України,

03041, Україна, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15.

Анастасія Тарасівна Лялик

кандидат технічних наук,

<https://orcid.org/0000-0003-3013-1784>,

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,
46001, вул. Руська, 56, Тернопіль, Україна

Анотація. Зростання інтересу споживачів до харчових продуктів рослинного походження зумовлює активний розвиток технологій альтернативних ферментованих продуктів, зокрема соєвих йогуртів. Одним із перспективних напрямів є збагачення таких продуктів натуральними інгредієнтами, які покращують сенсорні та мікробіологічні характеристики. Ожинове пюре, що містить біологічно активні речовини та природні антиоксиданти, може позитивно впливати на стабільність та якість соєвих продуктів під час зберігання.

Визначити вплив пюре з ожини на динаміку органолептичних, титрованої кислотності та мікробіологічних показників соєвого йогурту у процесі його 14-добового зберігання.

У роботі використовували загальноприйняті методи визначення органолептичних параметрів, титрованої кислотності, кількості молочнокислих бактерій та контролю патогенної мікрофлори. Аналіз проводили на початку зберігання та на 14-й день, порівнюючи отримані показники з нормативними вимогами для класичних йогуртів.

Встановлено, що йогурт, збагачений ожиновим пюре, зберігав високі органолептичні властивості протягом усього періоду спостереження: стабільні смакові характеристики, приємний колір та консистенцію. Початковий показник титрованої кислотності становив 80°Т і зріс до 99°Т на 14-й день, що відповідало нормам класичного йогурту. Кількість

молочнокислих бактерій досягала 6×10^8 КУО/г, що свідчить про достатній рівень ферментації. Патогенні мікроорганізми, дріжджі та плісняві гриби не виявлялися протягом зберігання, що підтверджує мікробіологічну безпечність продукту.

Запропонована технологія виробництва соєвого йогурту з ожинковим пюре, стевіозидом і дигідрокверцетином забезпечує отримання стабільного, безпечного та функціонально збагаченого продукту, який може бути рекомендований як якісна рослинна альтернатива традиційним ферментованим молочним продуктам.

Ключові слова: ферментований продукт альтернативний молочному, технологія, органолептичні показники, мікробіологічні показники, титрована кислотність, стійкість зберігання.

UDC 637.181

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.4.2025.52>

RESEARCH ON THE INFLUENCE OF DEWBERRY PURE ON THE QUALITY AND MICROBIOLOGICAL STABILITY OF SOY YOGURT DURING STORAGE

Oleksandr Panasiuk,

<https://orcid.org/0000-0001-6439-6604>,

National University of Life

and Environmental Sciences of Ukraine,

03041, Heroes of Defense Str., 15, Kyiv, Ukraine.

Larysa Bal-Prylypko,

Doctor of Sciences, Professor,

<https://orcid.org/0000-0002-9489-8610>

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Heroes of Defense Str., 15, 03041, Kyiv, Ukraine

Ihor Ustymenko,

PhD, Associate Professor,

<https://orcid.org/0000-0003-0171-5780>

National University of Life

and Environmental Sciences of Ukraine,

03041, Heroes of Defense Str., 15, Kyiv, Ukraine.

Halyna Tolok

PhD, Associate Professor,

<https://orcid.org/0000-0002-2971-1645>

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

03041, Heroiv Oborony str., 15, Kyiv, Ukraine

Anastasiia Lialyk

Ph.D.,

<https://orcid.org/0000-0003-3013-1784>

Ternopil Ivan Puluj National Technical University

Ruska Str., 56, 46001, Ternopil, Ukraine

Abstract. The growing consumer interest in plant-based foods stimulates the development of technologies for alternative fermented products, particularly soy yogurts. One promising direction is the enrichment of such products with natural ingredients that enhance their sensory and microbiological characteristics. Dewberry puree, rich in bioactive compounds and natural antioxidants, may positively influence the stability and quality of soy yogurt during storage.

To determine the effect of dewberry puree on the dynamics of sensory properties, titratable acidity, and microbiological indicators of soy yogurt during 14 days of storage. Standard methods were used to evaluate organoleptic parameters, titratable acidity, lactic acid bacteria count, and the

presence of pathogenic microorganisms. Measurements were conducted at the beginning of storage and on the 14th day, and compared with normative requirements for classic yogurt.

Soy yogurt enriched with dewberry puree maintained high sensory quality throughout the storage period, exhibiting stable taste, color, and consistency. Titratable acidity increased from 80 °T initially to 99 °T on day 14, fully meeting the standards for classic yogurt. The lactic acid bacteria count reached 6×10^8 CFU/g, confirming adequate fermentation. Pathogenic microorganisms, yeasts, and molds were absent throughout the entire storage period, demonstrating microbiological safety.

The proposed technology for producing soy yogurt containing dewberry puree, stevioside, and dihydroquercetin ensures a stable, safe, and functionally enhanced product that can be recommended as a high-quality plant-based alternative to traditional fermented dairy products.

Keywords: fermented product alternative to dairy, technology, organoleptic indicators, microbiological indicators, titrated acidity, storage stability.

ВСТУП. Харчування населення є одним із ключових чинників, що визначають стан здоров'я людини, оскільки більше половини факторів ризику безпосередньо пов'язані з раціоном (Nutrition, 2025; Farhud, 2015). У сучасних умовах світова харчова індустрія зазнає суттєвих трансформацій, що пов'язано зі зростанням попиту на продукти нового покоління – альтернативи традиційним ферментованим молочним продуктам, виготовлені з рослинної сировини. За даними ринку, помітно збільшується частка споживачів, які свідомо відмовляються від тваринної продукції або суттєво скорочують її споживання: орієнтовно кожен десятий споживач обирає виключно рослинну їжу (Plant-based industry trends 2023 from market leaders). Така тенденція зумовлена як етичними та екологічними мотивами, так і поширеністю непереносимості лактози, яка обмежує можливість вживання класичних молочних ферментованих продуктів (Rachwał et al., 2024).

На тлі цих змін активно розвивається сегмент рослинних альтернатив йогуртам, серед яких особливе місце займають соєві йогурти. Соєа є високобілковою культурою, її білкові ізоляти здатні забезпечити необхідну поживну цінність та структурно-текстурні властивості, подібні до молочних продуктів. У працях зарубіжних дослідників підкреслюється перспективність використання сої як основи для ферментованих рослинних продуктів завдяки високій засвоюваності білка, наявності біологічно активних сполук та можливості формувати стабільну гелеподібну структуру (Bal-Prylypko et al., 2024).

Одним із напрямів удосконалення технології рослинних йогуртів є збагачення їх натуральними інгредієнтами, які не лише покращують органолептичні властивості, а й потенційно підсилюють мікробіологічну стабільність завдяки вмісту природних антиоксидантів, органічних кислот та фенольних сполук. Серед таких інгредієнтів інтерес становлять ягоди ожини – джерело антоціанів, поліфенолів і вітамінів, які позитивно впливають на стабільність кольору, ароматичний профіль та загальну антиоксидантну активність ферментованих продуктів. У науковій літературі відзначено, що додавання ягідного пюре може допомагати підтримувати кислотність продукту, гальмувати розвиток дріжджів та плісень та забезпечувати привабливі сенсорні характеристики протягом усього періоду зберігання.

Зважаючи на викладене, зростає актуальність розроблення рецептур рослинних ферментованих продуктів, збагачених інгредієнтами з високим вмістом біологічно активних речовин. Авторами статті створено нову рецептуру соєвого йогурту з використанням пюре з ожини, стевіозиду та дигідрокверцетину – інгредієнтів природного походження, здатних одночасно покращувати смак, забарвлення, фізико-хімічні показники та мікробіологічну безпечність продукту.

Наукова новизна роботи полягає у вивченні впливу ожинового пюре на комплекс характеристик соєвого йогурту. Такий підхід дозволяє оцінити не лише смакову привабливість продукту, але й його технологічну стабільність, безпечність та відповідність вимогам до аналогів на основі молочної сировини.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ – встановлення особливостей зміни якості та мікробіологічної стабільності соєвого йогурту з вмістом ожинового пюре під час зберігання, що є важливим етапом у вдосконаленні технології рослинних ферментованих продуктів.

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ. Дані епідеміологічних досліджень показують, що понад 60 % населення світу має певний ступінь лактазної недостатності (Li, et al., 2023). Лактазна недостатність поширена серед населення країн Азії, Африки (понад 80 %), Південної Європи (понад 60 %), США (понад 20 %) і Південної Америки. В країнах Європейського Союзу лактазна недостатність спостерігається до 65 % населення. Що стосується України, то за оцінками різних досліджень, лактазна недостатність спостерігається приблизно у 25 % її населення (Romanchuk, et al., 2021).

Також, алергія на інші складові молока ссавців, білків тощо, є найпоширенішою причиною алергії у дорослого та дитячого населення. Так, в країнах Європейського Союзу алергія на білки молока, зокрема, коров'ячого спостерігається у понад 7 % дорослого населення. На теперішній час в Україні не прослідковується чітких даних щодо поширеності харчової алергії. Однак, за даними МОЗ України за останні 20 років розповсюдженість алергії на молоко ссавців складає до 17,5 % населення (Dewiasty, et al., 2021).

Як популярні харчові продукти рослинного походження є такі продукти нового покоління – альтернативні молочним (Reyes-Jurado, et al., 2021; Bal-Prylypko, et al., 2023; Ustymenko, et al., 2023), зокрема, функціонального призначення за умови модифікації їх складу – додаткового внесення дефіцитних нутрієнтів (Qin, et al., 2022). До таких харчових продуктів нового покоління можна віднести йогурти, виготовлені на основі соєвої сировини (Kudelka, et al., 2021), зокрема, водного екстракту (Drewnowski, et al., 2021). Цей водний екстракт, за хімічним складом, містить корисні для здоров'я людини дефіцитні нутрієнти (Luo, et al., 2023).

Отже, частина населення сформувалася в особливий клас – споживачів альтернативного молока, а також активістів як захисників тварин і борців за мінімальну шкоду навколишньому середовищу. Так, існує рух «animal welfare», діяльність якого покладено за благополуччя тварин. Також, виробництво альтернативного молока можна вважати перспективною ринковою нішею, що активно розвивається (Aydar, et al., 2020; Silva, et al., 2020).

З вищевикладеного виникає актуальна потреба – розширення асортименту соєвих йогуртів нового покоління, виготовлених з використанням компонентів природного походження, що дасть змогу підтримати та покращити здоров'я українців.

Так, авторами розроблено соєвий йогурт з використанням пюре з ожини, стевіозиду та дигідрокверцетину, який можна рекомендувати як альтернативний ферментованому молочному продукт для здорового харчування українців (Tolok, et al., 2025).

Гіпотеза дослідницької роботи спиралася на припущенні, що використання пюре з ожини, стевіозиду та дигідрокверцетину у технології соєвого йогурту дозволить забезпечити якість та безпечність готового продукту під час гарантованого терміну його зберігання.

Проте, науковим інтересом є дослідження показників якості та безпечності розробленого соєвого йогурту із вмістом ожини у процесі гарантованого терміну його зберігання.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ. Матеріалом дослідження був соєвий йогурт, вироблений за рецептурою, яка представлена у табл. 1. Рецептура включала соєве молоко, закваску прямого внесення, ожинове пюре, стевіозид та дигідрокверцетин у визначених пропорціях, що забезпечували формування стабільної структури та необхідних органолептичних властивостей продукту. Отриманий зразок розглядався як контрольна модель для подальшого аналізу динаміки фізико-хімічних та мікробіологічних показників протягом періоду зберігання.

Соєвий йогурт із вмістом ожини виробляли наступним чином. Соєві боби гідратували в воді питній за температури 18 ± 2 °C з подальшим зливанням води питної, повторною гідратацією соєвих бобів, подрібненням та фільтруванням, термічною обробкою соєвої суспензії за температури 107 ± 1 °C з витримкою 7 хв. До отриманої соєвої суспензії вносили

дигідрокверцетин, стевіозид, отриману суміш пастеризували в пастеризаторі за температури 91 ± 1 °C з витримкою 3 хв, гомогенізували на гомогенізаторі клапанного типу за тиску 14 ± 2 мПА, охолоджували до температури 39 ± 2 °C, вносили бактеріальну закваску, ферментували, додавали пюре з ожини, охолоджували до температури 4 ± 2 °C.

Таблиця 1. Рецептатура соєвого йогурту

Назва сировини	Масова частка, %
Соєва суспензія	84,99
Стевіозид	0,01
Пюре з ожини	15,0

Примітка. Закваска прямого внесення, в рецептурі не вказана.

Вироблений соєвий йогурт зберігали у холодильній камері за температури 4 ± 2 °C впродовж 14 діб як нормативних показників згідно стандарту (State Consumer Standard of Ukraine, 2005).

Титровану кислотність соєвого йогурту визначали згідно ГОСТ 30648.4-99. Кількість бактерій групи кишкових паличок визначали згідно ДСТУ 7357:2013, *Staphylococcus aureus* – згідно ГОСТ 30347-97, дріжджів і плісневих грибів – згідно ДСТУ 8447:2015, *Salmonella* – згідно ДСТУ EN 12824:2004.

Органолептичні показники якості соєвого йогурту визначали в лабораторії сенсорного аналізу факультету харчових технологій та управління якістю продукції АПК Національного університету біоресурсів і природокористування України експертною оцінкою за 5-бальною шкалою експертною комісією кафедри технології м'ясних, рибних та морепродуктів Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Експериментальні дані обробляли методами математичної статистики в редакторі STATISTICA Microsoft Excel. Точність отриманих експериментальних даних визначали за допомогою t-критерію Стюдента з коефіцієнтом довірчої ймовірності $\leq 0,05$ з багатьма паралельними визначеннями не менше 5 (довірча ймовірність $p = 0,95$). Задачі лінійного програмування розв'язували за допомогою налаштування «Пошук розв'язку» табличного процесора MS Excel (Excel Solver).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ. У ході дослідження було отримано комплекс даних щодо зміни якісних характеристик соєвого йогурту, збагаченого ожиновим пюре, протягом 14 діб зберігання.

Органолептичні показники якості розробленого соєвого йогурту із вмістом ожини у процесі гарантованого терміну зберігання представлено у табл. 2.

Таблиця 2. Органолептичні показники якості розробленого соєвого йогурту із вмістом ожини у процесі зберігання

Назва показника	Термін зберігання, діб							
	0	2	4	6	8	10	12	14
Консистенція	Однорідна, ніжна, з порушенням згустком, у міру щільна, без газоутворення							
Запах та смак	Чистий, кисломолочний, у міру солодкий з приємним присмаком ожини, без сторонніх присмаків і запахів							
Колір	Світло-фіолетовий, рівномірний за всією масою							

Аналіз проводився на початковому етапі та наприкінці періоду зберігання, що дало змогу встановити характерні тенденції зміни властивостей йогурту, залежні від присутності

ожинового пюре та специфіки рослинної білкової матриці.

Дослідження показника титрованої кислотності розробленого соєвого йогурту з ожиною в процесі зберігання представлено на рис. 1.

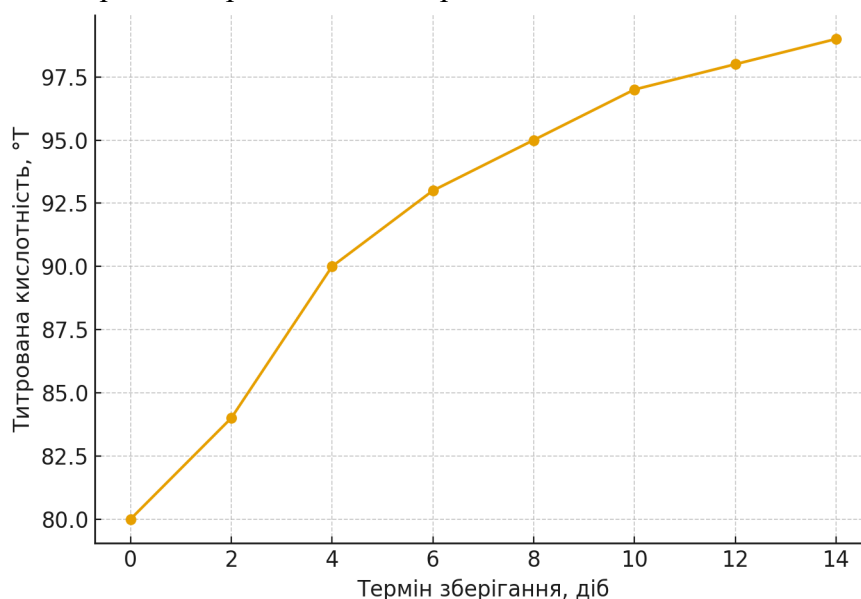


Рисунок 1 . Показник титрованої кислотності розробленого соєвого йогурту із вмістом ожини в процесі зберігання

Примітка: авторська розробка

Дослідження мікробіологічних показників розробленого соєвого йогурту з вмістом ожини в процесі зберігання представлено у табл. 3.

Таблиця 3. Мікробіологічні показники розробленого соєвого йогурту із вмістом ожини в процесі зберігання

Назва показника	Термін зберігання, діб								Норма (State Consumer Standard of Ukraine, 2005)
	0	2	4	6	8	10	12	14	
Кількість молочнокислих бактерій, КУО, в 1 см ³	2±0,06×10 ⁷	3±0,12×10 ⁷	5±0,15×10 ⁷	9±0,18×10 ⁷	2±0,05×10 ⁸	4±0,13×10 ⁸	5±0,12×10 ⁸	7±0,19×10 ⁸	≥ 1×10 ⁷
Бактерії групи кишкових паличок (коліформи), в 0,1 см ³	Не виявлено								Не дозволено
Патогенні мікроорганізми, в тому числі бактерії роду <i>Salmonella</i> , в 25 см ³	Не виявлено								Не дозволено
<i>Staphylococcus aureus</i> , в 1,0 см ³	Не виявлено								Не дозволено
Дріжджі, КУО в 1 см ³	Не виявлено								≤ 50
Плісневі гриби, КУО в 1 см ³	Не виявлено								≤ 50

Для оцінки мікробіологічної стабільності продукту проаналізовано зміну логарифмічної кількості молочнокислих бактерій протягом 14 діб зберігання. Отримані дані подано на рис. 2.

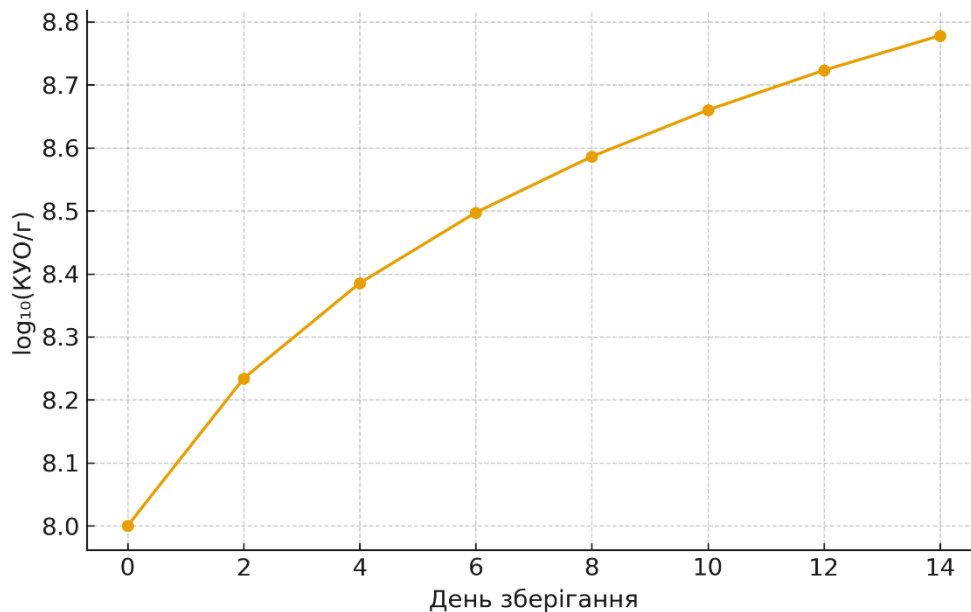


Рисунок 2. Динаміка логарифмічної кількості молочнокислих бактерій ($\log_{10}$ КУО/г) у процесі зберігання соєвого йогурту, збагаченого ожиновим пюре..

Примітка: авторська розробка

З графіка видно, що показник $\log_{10}(\text{КУО/г})$ демонструє поступове зростання упродовж усього періоду спостереження, що свідчить про стабільну життєздатність молочнокислих бактерій та позитивний вплив ожинового пюре на збереження активності заквасочної мікрофлори.

Отримані результати дослідження свідчать, що введення ожинового пюре до складу соєвого йогурту позитивно впливає на його органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні характеристики протягом 14 діб зберігання. Для глибшої інтерпретації ефекту ожини необхідно зіставити отримані дані з результатами аналогічних досліджень інших авторів, які досліджували збагачення рослинних або молочних йогуртів фруктовими компонентами, вплив ягідних антиоксидантів на стабільність ферментованих продуктів та зміни кислотоутворення під час зберігання.

Перш за все, результати цього дослідження дещо подібні до висновків Rocha, et al., (2022), які вивчали вплив фруктових добавок на структурно-функціональні властивості йогуртів. Автори показали, що введення ягідних пюре сприяє стабілізації консистенції та запобігає надмірному відділенню сироватки під час зберігання. У нашому дослідженні також зафіксовано збереження однорідної консистенції соєвого йогурту, що свідчить про подібність механізмів гелеутворення в молочних та рослинних системах у присутності пектинів та поліфенольних компонентів ягід. Водночас автори відзначали можливість надмірного підвищення кислотності при використанні кислих фруктів, тоді як у нашому випадку ріст титрованої кислотності до 99 °Т залишався в межах норми, що вказує на збалансований вплив ожинового пюре.

Порівняння з роботою Shukla, et al., (2024), які досліджували пробіотичні фруктові йогурти, показує важливий спільний аспект – наявність природних антиоксидантів у складі ягід сприяє підвищенню виживання молочнокислих бактерій. Дослідники встановили, що антоціани та фенольні сполуки зменшують оксидативний стрес для пробіотичних культур. У нашій роботі також спостерігається високе значення КУО (6×10^8 КУО/г), що перевищує мінімальні стандарти. Це підтверджує, що ожинове пюре виконує роль не лише ароматизатора, а й функціонального стабілізатора ферментації. На відміну від Shukla, et al., які вивчали

молочну основу, у нашому випадку використано соєвий субстрат, але позитивна динаміка мікробіологічних показників є аналогічною.

Дослідження Basha, et al., 2025 щодо впливу ягідних екстрактів на антиоксидантну активність йогуртів підтверджує, що використання ягід сприяє зменшенню швидкості окислювальних процесів під час зберігання. Автори зазначають, що наявність флавоноїдів та антоціанів гальмує розвиток сторонньої мікрофлори та уповільнює псування продукту. У нашому дослідженні також не було виявлено дріжджів чи плісень протягом 14 днів, що узгоджується з роботою авторів і підтверджує здатність ожини продовжувати мікробіологічну стабільність ферментованих рослинних продуктів.

У роботі Ivashchanka, et al., 2025 підкреслено вплив концентрації ягідного пюре на колірні характеристики та прийнятність з боку споживачів. Автори зазначили, що темно-фіолетові ягоди, зокрема ожина, забезпечують стійкий насичений колір та підвищують органолептичну привабливість продукту. Отримані результати цілком узгоджуються з нашими: додавання ожини забезпечило стабільний інтенсивний колір протягом усього періоду зберігання, що є важливим фактором для комерційної продукції.

Зіставлення з роботою Yang, et al., 2023, які досліджували вплив додавання поліфенольних ягідних екстрактів на кислотоутворення, виявляє часткові відмінності. Дослідники встановили, що у молочних йогуртах додавання ягід може інколи надмірно стимулювати активність ферментів, призводячи до надмірної кислотності. Натомість у нашому дослідженні кислотність зросла помірно та залишалася в межах нормативних значень. Це може пояснюватися специфікою рослинної матриці соєвого білка, який має інші буферні властивості, порівняно з молочними білками.

Також доцільно порівняти наші результати з висновками Reyes-Jurado et al. (2018), які вивчали вплив збагачення рослинних йогуртів ягодами чорниці. Автори зазначили, що ягоди можуть уповільнювати зростання небажаних мікроорганізмів, але ефективність значною мірою залежить від природної кислотності ягоди та концентрації пюре. У нашій роботі натуральна кислотність ожини та присутність органічних кислот сприяли загальному гальмуванню псувальних мікроорганізмів.

Далі порівняємо з роботою Rocha et al. (2022), які досліджували антиоксидантні властивості ягідних порошків у ферментованих напоях. Вони показали, що навіть невеликі дози ягідних антиоксидантів значно підвищують стабільність продукту. У нашому дослідженні застосовано пюре, яке містить природний комплекс антиоксидантів, що, імовірно, забезпечило відсутність сторонньої мікрофлори.

Окремо варто згадати роботу Dewiasty et al. (2021), які підкреслюють, що рослинні альтернативи йогуртам часто мають нижчі показники кислотності та іншу динаміку формування структури. У нашому дослідженні додавання ожини дало змогу отримати показники, близькі до класичного йогурту, що свідчить про ефективне формування структури соєвого білка у присутності ягідних композитів.

Узагальнюючи проведене порівняння, можна зазначити, що результати дослідження узгоджуються з більшістю робіт, які підтверджують позитивний вплив ягідних пюре на органолептичні та мікробіологічні показники ферментованих продуктів. Водночас специфіка соєвого середовища забезпечила м'якшу динаміку росту кислотності та кращу стабільність, ніж у деяких молочних аналогів. Таким чином, використання ожинового пюре може розглядатися як перспективний спосіб підвищення якості рослинних альтернатив йогуртів.

ВИСНОВКИ. За результатами дослідження встановлено, що додавання ожинового пюре забезпечує покращення органолептичних властивостей соєвого йогурту протягом 14 днів зберігання. Продукт зберігав стабільний колір, смак і консистенцію, що відповідає високому сенсорному профілю. Отримані результати узгоджуються з літературними даними, де ягоди забезпечують підвищену стабільність кольору та аромату.

Титрована кислотність соєвого йогурту з ожиною зростала з 80°Т до 99°Т, що становить підвищення на 19 °Т протягом зберігання, але цей показник залишався в межах, характерних

для традиційних йогуртів (до 110 °Т). Отримана динаміка підтверджує, що соєвий субстрат у поєднанні з ягідними органічними кислотами забезпечує стабільне, але контрольоване кислотоутворення.

Кількість молочнокислих бактерій у готовому продукті становила 6×10^8 КУО/г, що перевищує мінімальні вимоги до ферментованих продуктів (10^7 КУО/г). Такі високі значення підтверджують, що ожинове пюре не пригнічує життєздатність лактобактерій, а навпаки, може сприяти їхній стабільності за рахунок антиоксидантів.

Комплексне використання ожинового пюре, стевіозиду та дигідрокверцетину дозволило створити продукт із підвищеною антиоксидантною та мікробіологічною стабільністю. Завдяки природним фенольним сполукам ожини, продукт демонстрував повну відсутність псувальних мікроорганізмів, що узгоджується з міжнародними даними щодо ягідної сировини.

Практична цінність полягає у можливості застосування отриманих даних для вдосконалення технології рослинних ферментованих продуктів. Рецепт з ожинового пюре може бути використана для створення нових функціональних йогуртів із високим рівнем безпечності, стабільності та сенсорної привабливості.

Подяки. Немає.

Конфлікт інтересів. Немає.

References

- Aydar, E. F., Tutuncu, S., & Özçelik, B. (2020). Plant-based milk substitutes: Bioactive compounds, conventional and novel processes, bioavailability studies, and health effects. *Journal of Functional Foods*, 70, 103975. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.103975>
- Bal-Prylpyko, L., Levytska, I., Tkachenko, L., Kryzhova, Y., Rudyk, Y., Marchyshyna, Y., Ryabovol, M., & Slyva, Y. (2024). The technology of cooking falafel with high biological value for vegans. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 18, 776–791. <https://doi.org/10.5219/1985>
- Bal-Prylpyko, L., Nikolaenko, M., Volkhova, T., Holembovska, N., Tyshchenko, L., Ivaniuta, A., Israelian, V., Menchynska, A., Shynkaruk, O., & Melnik, V. (2023). The study of functional and technological properties of vegetarian ice cream. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 17, 110–121. <https://doi.org/10.5219/1798>
- Basha, R. F. S., Fukuba, J. A., Moore, M. D., & Kinchla, A. J. (2025). Investigating the effects of citric acid concentrations on acidification, rheological, and microbial properties of fermented soy protein isolate yogurts. *Journal of Food Science*, 90(1), e17601. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.17601>
- Dewiasty, E., Setiati, S., Agustina, R., Roosheroe, A. G., Abdullah, M., Istanti, R., & de Groot, L. C. (2021). Prevalence of lactose intolerance and nutrient intake in an older population considered to be lactase non-persistent. *Clinical Nutrition ESPEN*, 43, 317–321. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2021.03.033>
- Drewnowski, A., Henry, C. J., & Dwyer, J. T. (2021). Proposed nutrient standards for plant-based beverages intended as milk alternatives. *Frontiers in Nutrition*, 8, 761442. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.761442>
- Farhud, D. D. (2015). Impact of lifestyle on health. *Iranian Journal of Public Health*, 44(11), 1442.
- Ivashchanka, Y., Hering, A., Kastsevich, A., Stefanowicz-Hajduk, J., & Hałasa, R. (2025). *Rubus caesius* L. (European dewberry) extracts as a novel therapeutic strategy against MRSA strains. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(14), 6754. <https://doi.org/10.3390/ijms2614675>
- Kudelka, W., Kowalska, M., & Popis, M. (2021). Quality of soybean products in terms of essential amino acids composition. *Molecules*, 26(16), 5071. <https://doi.org/10.3390/molecules26165071>
- Li, A., Zheng, J., Han, X., Jiang, Z., Yang, B., Yang, S., Zhou, W., Li, C., & Sun, M. (2023). Health Implications of Lactose Intolerance and Updates on Its Dietary Management. *International Dairy Journal*, 40, 105608. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2023.105608>

- Luo, H., Bao, Y., & Zhu, P. (2023). Enhancing the functionality of plant-based yogurt: Integration of lycopene through dual-stage fermentation of soymilk. *Food Chemistry*, 15, 137511. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137511>
- Nutrition. (2025). *World Health Organization*. https://www.who.int/health-topics/nutrition#tab=tab_1
- Plant-based industry trends 2023 from market leaders. (2023). <https://uaplantbased.com.ua/blog/plant-based-trends-2023>
- Qin, P., Wang, T., & Luo, Y. (2022). A review on plant-based proteins from soybean: Health benefits and soy product development. *Journal of Agriculture and Food Research*, 7, 100265. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100265>
- Rachwał, K., Wielgus, K., Bator, P., Razik, W., Łyko, G., Antos, M., & Wawryszuk, A. (2024). Lactase deficiency and lactose intolerance: Current understanding and future directions. *Journal of Education, Health and Sport*, 69, 49393. <https://doi.org/10.12775/JEHS.2024.69.49393>
- Reyes-Jurado, F., Soto-Reyes, N., Dávila-Rodríguez, M., Lorenzo-Leal, A. C., Jiménez-Munguía, M. T., Mani-López, E., & López-Malo, A. (2021). Plant-based milk alternatives: Types, processes, benefits, and characteristics. *Food Reviews International*, 39(4), 2320–2351. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1952421>
- Rocha, C., Magnani, M., de Paiva Anciens Ramos, G., Bezerril, F., Freitas, M., Cruz, A., & Pimentel, T. (2022). Emerging Technologies in Food Processing: Impacts on Sensory Characteristics and Consumer Perception. *Current Opinion in Food Science*, 47, 100892. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2022.100892>
- Romanchuk, I., Yudina, T., Minorova, A., Moiseeva, L., Serenko, A., & Babko, D. (2021). Efficiency of lactose hydrolysis in secondary dairy raw materials. *Food Resources*, 9(17), 129–136. <https://doi.org/10.31073/foodresources2021-17-13>
- Shukla, V., Villarreal, M., & Padilla-Zakour, O. I. (2024). Consumer acceptance and physicochemical properties of a yogurt beverage formulated with upcycled yogurt acid whey. *Beverages*, 10(1), 18. <https://doi.org/10.3390/beverages10010018>
- Silva, A. R. A., Silva, M. M. N., & Ribeiro, B. D. (2020). Health Issues and Technological Aspects of Plant-Based Alternative Milks. *Food Research International*, 131, 108972. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108972>
- State Consumer Standard of Ukraine. (2005). *Yogurts. General technical conditions (DSTU 4343:2004)*. Kyiv.
- Tolok, H. A., Ustylenko, I. M., & Panasyuk, O. H. (2025). Justification of the use of non-traditional raw materials and ingredients in soy yogurt. *Tavria Scientific Bulletin. Series: Technical Sciences*, 2, 461–468. <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2025.2.47>
- Ustylenko, I., Savchenko, O., Tolok, G., Kryzhova, Y., Rudyk, Y., Rybchynskyi, R., Tyshchenko, L., Ochkolyas, O., Kostiuk, T., & Marchyshyna, Y. (2023). Study of indicators of quality and safety of sour cream with vegetable oils. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 17, 444–454. <https://doi.org/10.5219/1876>
- Yang, D., Zhu, R., Xu, H.-X., & Zhang, Q.-F. (2023). Antibacterial mechanism of taxifolin and its application in milk preservation. *Food Bioscience*, 53, 102811. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102811>

Отримано 08.08.2025 р., прийнято до друку 08.10.2025 р.

УДК 639.21:597.55.2:613.281

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.4.2025.62>

**ХАРЧОВА ТА БІОЛОГІЧНА ЦІННІСТЬ БІЛОГО АМУРА
(*CTENOPHARYNGODON IDELLA*) ЯК СИРОВИНИ ДЛЯ ПРОДУКТІВ ЗДОРОВОГО
ХАРЧУВАННЯ**

Лі Сюй

Аспірант, викладач

<https://orcid.org/0009-0000-3762-1714>

Університет Бенгбу

233030, дорога Каошань, м. Бенгбу, провінція Аньхой, Китай

Аліна Анатоліївна Менчинська

Кандидат технічних наук, доцент

<https://orcid.org/0000-0001-8593-3325>

Національний університет біоресурсів і природокористування України

03041, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, Україна

Анотація. У статті теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено доцільність використання білого амурського (Stenopharyngodon Idella) для виготовлення рибних продуктів здорового харчування. Актуальність дослідження обумовлена необхідністю використання доступних джерел рибної сировини для виготовлення продуктів, що відповідають сучасним тенденціям ринку. Мета статті - підтвердити харчові переваги білого амурського, оцінити його потенціал застосування у розробці здорових продуктів харчування та надати рекомендації щодо високоцінного використання ресурсів прісноводних риб. У статті розглянуто споживчі властивості, хімічний склад, біологічну цінність та корисні характеристики білого амурського, як інгредієнта для здорового харчування. На основі аналізу літературних джерел встановлено, що білий амур багатий на білок високої біологічної цінності, має низький вміст насичених жирів та містить поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК), вітаміни, мінерали. Результати досліджень органолептичних показників показали, що білий амур має ніжне м'ясо, мало міжм'язових кісток та легкий рибний запах, демонструє добру технологічну адаптацію та високий вихід їстівних частин. За результатами дослідження хімічного складу м'яса білого амурського встановлено низький вміст жиру (0,96%), високий вміст білка (19,64%), високий вміст вологи (79,38%). Дослідження амінокислотного складу показали, що білок білого амурського не тільки повноцінний, але й має амінокислотний склад близький до ідеального для людського організму. Домінуючими амінокислотами є лізин, валін та гістидин. За результатами дослідження мінерального складу встановлено, що білий амур є джерелом кальцію, фосфору, калію, магнію, селену для організму людини. Системний аналіз результатів досліджень засвідчив, що регулярне споживання білого амурського допомагає знизити ризик серцево-судинних захворювань, покращує ліпідний обмін, підтримує нормальну масу тіла та рівень цукру в крові, а також позитивно впливає на імунну функцію, ріст і розвиток дітей та здоров'я зору у людей похилого віку.

Ключові слова: прісноводна риба, хімічний склад, вітаміни, мінерали, амінокислотний склад.

UDC 639.21:597.55.2:613.281

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.4.2025.62>

**NUTRITIVE AND BIOLOGICAL VALUE OF WHITE AMURAL
(*CTENOPHARYNGODON IDELLA*) AS A RAW MATERIAL FOR HEALTHY FOOD
PRODUCTS**

Li Xu

Postgraduate Student, Lecturer

<https://orcid.org/0009-0000-3762-1714>

Bengbu University

233030, Caoshan Road, Bengbu, Anhui Province, China

Alina Menchynska

PhD in Technical Sciences, Associate Professor

<https://orcid.org/0000-0001-8593-3325>

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

03041, 15 Heroiv Oborony Str., Kyiv, Ukraine

Abstract. The article theoretically substantiates and experimentally confirms the feasibility of using grass carp (*Ctenopharyngodon Idella*) for the production of healthy fish products. The relevance of the study is due to the need to use available sources of fish raw materials to manufacture products that meet modern market trends. The aim of the article is to confirm the nutritional benefits of grass carp, assess its potential for use in the development of healthy food products, and provide recommendations for the high-value use of freshwater fish resources. The article examines the consumer properties, chemical composition, biological value, and beneficial characteristics of grass carp as an ingredient for healthy eating. Based on an analysis of literature sources, it was found that grass carp is rich in protein of high biological value, has a low content of saturated fats, and contains polyunsaturated fatty acids (PUFA), vitamins, minerals. The results of organoleptic studies showed that grass carp has tender meat, few intermuscular bones, and a light fishy odor, demonstrating good technological adaptation and a high yield of edible parts. The results of the study of the chemical composition of the grass carp meat showed low fat content (0.96%), high protein content (19.64%), and high moisture content (79.38%). Studies of the amino acid composition have shown that the grass carp protein is not only complete, but also has an amino acid composition close to the ideal for the human body. The dominant amino acids are lysine, valine, and histidine. According to the results of the study of the mineral composition, it was found that the grass carp is a source of calcium, phosphorus, potassium, magnesium, selenium for the human body. A systematic analysis of the research results showed that regular consumption of grass carp helps reduce the risk of cardiovascular diseases, improves lipid metabolism, maintains normal body weight and blood sugar levels, and also has a positive effect on immune function, growth and development of children, and vision health in the elderly.

Keywords: freshwater Fish, chemical composition, vitamins, minerals, amino acid composition.

INTRODUCTION. With the growing global demand for healthy diets, developing foods rich in nutrients, low in fat, and with balanced macro- and micronutrient compositions has become a hotspot in food science research.

The international scientific literature emphasizes the importance of fish and fish products in the formation of healthy diets due to their high content of complete proteins, vitamins D, B₁₂, minerals, including selenium, zinc and iodine, and polyunsaturated fatty acids of the ω -3 group (Calder, 2020).

Regular fish consumption is associated with a reduced risk of cardiovascular disease, normalization of blood lipid profiles, maintenance of cognitive functions, and optimization of metabolic processes in the body (Mohanty et al., 2021). New studies demonstrate the positive impact of fish consumption on reducing inflammation and preventing metabolic syndrome (Shahidi & Ambigaipalan, 2019).

Among freshwater fish species, grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) is of significant scientific and practical interest. This fish is widely cultivated worldwide, in countries with developed and transitional fisheries.

China is the world's largest freshwater aquaculture country. As one of the "Four Major Chinese Carps," grass carp has an annual production exceeding 5.5 million tons, constituting a significant

proportion of China's freshwater fish supply. Grass carp, primarily fed with plant-based feed, grows rapidly, has low production costs, and high yield, making it one of the most common fish on the dining table (FAO, 2022; Tran et al., 2022).

Recently, with rising consumer trends towards "high-protein, low-fat, functional foods," the nutritional value of grass carp and its role in healthy diets have garnered increasing attention.

Grass carp meat is characterized by a favorable amino acid profile, high biological value of protein and moderate fat content, which makes it a promising raw material for healthy food products (Zhou et al., 2020). The lipid profile of grass carp includes unsaturated fatty acids, with a significant proportion of PUFA, which are involved in anti-inflammatory and cardioprotective processes (Zhang et al., 2021). In addition, the fish contains B vitamins, as well as phosphorus, potassium, calcium and magnesium, which play an important role in maintaining energy metabolism and functioning of the nervous system. This determines the high value of grass carp as a raw material for the creation of health and preventive products (Wang et al., 2023).

Modern research focuses on the prospects of processing grass carp for the production of dietary and functional food products (Tran et al., 2022). Given the growing demand for these products, it is important to study in-depth the nutrient composition of grass carp and substantiate the possibilities of its use in the production of innovative fish products.

The aim of the work is a comprehensive study of the nutritional and biological value of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) as a promising raw material for the production of healthy food products, with an assessment of its nutrient composition, biologically active components and potential advantages in the formation of health and preventive diets.

Research objectives:

- determine the organoleptic characteristics of grass carp;
- determine the chemical composition of grass carp meat, including the content of proteins, fats, minerals and moisture;
- assess the amino acid composition of grass carp proteins and their biological value;
- determine the mineral content in the meat of the grass carp;
- substantiate the feasibility of using grass carp in the production of healthy food products and possible technological directions for its processing.

Based on domestic and international research, this review comprehensively summarizes the advantages of grass carp from aspects of nutritional composition, physicochemical properties, and health functional effects, providing a scientific basis for the future development of high-value grass carp food products.

MATERIALS AND METHODS. This study used live Chinese grass carp. The grass carp, captured in autumn, originated from Longzi Lake, Bengbu City, China.

Sensory quality evaluation was conducted according to DSTU 2284:2010 "Live Fish. General Technical Requirements."

Chemical composition was analyzed using standard methods. The mass fraction of moisture was determined by drying samples in an SNOL drying oven (Ansheng Company, China) at 100–105°C to constant weight, referencing DSTU 8029:2015. The mass fraction of ash was determined by incinerating samples in a muffle furnace (Ansheng Company, China) at 500–600°C, followed by gravimetric analysis, referencing DSTU 8718:2017. The mass fraction of lipids was determined using a SOX 406 fat extraction unit via Soxhlet extraction-gravimetric method, referencing DSTU 8718:2017. The mass fraction of protein was determined by measuring total nitrogen content using the Kjeldahl method, based on the ability of organic matter in the product sample to be oxidized by concentrated sulfuric acid in the presence of a catalyst (compliant with DSTU 8030:2015), with sample ashing performed in a DK6 digester (Velp). Distillation was carried out using a UDK 129 steam distillation unit (Velp) equipped with a JP vacuum pump. The mass fraction of amino acids was determined by ion-exchange liquid column chromatography on an automatic analyzer T 339

manufactured by “Mikrotechna” (Czech Republic), and tryptophan by colorimetric method with prior alkaline hydrolysis.

Potassium (K) and Sodium (Na) were determined according to GB/T 5009.91-2003 using flame emission spectrometry with a flame emission photometer (Shanghai Jingke, China). Phosphorus (P) was determined according to GB/T 5009.87-2003 (Method 1) using spectrophotometric colorimetric analysis with a visible spectrophotometer (Shanghai Jingke, China). Calcium (Ca) was determined according to GB/T 5009.92-2003, while Iron (Fe), Manganese (Mn), and Magnesium (Mg) were determined according to GB/T 5009.90-2003, all using atomic absorption spectrophotometry with an atomic absorption spectrophotometer (Shanghai Spectrum, China). Zinc (Zn) and Copper (Cu) were determined using atomic absorption spectroscopy according to GB/T 5009.14-2003 and GB/T 5009.13-2003 (flame method), respectively. Selenium (Se) was determined following GB 5009.93-2010 using a hydride generation-atomic fluorescence spectrometer (Shanghai Spectrum, China).

RESULTS AND DISCUSSION. The quality of fish raw material and consumer acceptance depend on its sensory indicators. Table 1 presents the sensory evaluation results for the quality of live chinese grass carp.

Table 1. Sensory characteristics of live grass carp

Indicators	Requirement
Fish Condition	A fish exhibiting signs of life: natural movement of body, lower jaw, fins, gill covers, and swimming with its back up. It is healthy, showing no signs of disease.
Skin	Firm flesh, natural color characteristic of this fish type, and tightly adhering to the muscle. No damage.
Fins	Natural shape and color, smooth fin edges.
Gills	Surface covered with a viscous, clear, transparent mucus. Color is bright pink or light red, without a mosaic pattern.
Eyes	Cornea typically convex, cornea transparent, iris color varies according to fish species.
Abdomen	Shape characteristic of this fish type, not bulging, not sunken, not damaged, without spots.
Anus	Not swollen, without obvious redness. Closed tightly, no fluid discharge.
Muscle Tissue	Texture dense, elastic. Indentation formed under pressure recovers quickly and completely, difficult to separate from bones, cross-section appears greyish-white.
Viscera (upon autopsy)	Clearly visible, easily separable from each other, odorless.
Olfactory & Taste	Characteristic of live fish, no off-odors. After cooking, the fish's odor and taste conform to the typical characteristics of this fish type, without a pronounced fishy odor. No muddy, putrid, gasoline, acetone, or other foreign odors. The broth is clear and transparent, with a few drops of oil floating on the surface.
Color	Characteristic natural dark grey of this fish.

Source: Developed by the authors based on DSTU 2284:2010.

Data in Table 1 indicate that all indicators meet the established requirements, confirming the good quality of the raw material. Chinese grass carp has no pronounced fishy odor, making it suitable for use in various products and dishes.

From a nutritional perspective, the nutritional value of grass carp is very prominent, with its high protein content making it one of the high-quality animal protein sources. Research shows that grass carp flesh has a very high moisture content, typically around 80%, indicating it is a low-calorie,

high-moisture food. High moisture not only gives the grass carp flesh a tender and juicy texture but also makes it easier to maintain softness during cooking, resulting in a more delicate mouthfeel. More importantly, high moisture implies lower energy density; consuming the same weight of grass carp is more satiating compared to high-fat, high-protein but lower-moisture foods, while the calorie intake is relatively lower, aligning well with the "low-energy, high-nutrition" concept in modern healthy diets.

The crude protein content of grass carp is also considerable. For instance, various studies report white muscle protein content in grass carp reaching approximately 17–19% (Wang et al., 2022; Dong et al., 2022). These proteins are complete, containing all essential amino acids for humans. Short muscle fibers and low connective tissue content contribute to high digestibility and bioavailability. High-quality fish protein is crucial for tissue repair, growth, maintenance of immune function, and the synthesis of various enzymes/hormones. It is particularly suitable for children, pregnant women, athletes, and individuals in recovery or convalescence. Furthermore, the crude fat content of grass carp is very low. Some studies report crude fat levels as low as approximately 1% or less. This extremely low fat content makes it an ideal ingredient for weight management, cardiovascular disease prevention, and dietary plans for metabolic diseases such as diabetes.

More importantly, this small amount of fat is not "unhealthy fat" but possesses significant qualitative advantages: the fat of grass carp has a relatively high proportion of unsaturated fatty acids, including the health-beneficial Omega-3 series fatty acids (Wang et al., 2022). These unsaturated fatty acids have anti-inflammatory and lipid-regulating effects and are essential for brain development and vision health.

Therefore, with its nutritional structure of "low total fat, high-quality fatty acids, high protein, high moisture," as shown in Figure 1, grass carp maximizes health benefits. It is precisely these nutritional characteristics that make grass carp a very ideal animal-based food choice for people concerned about a healthy lifestyle.

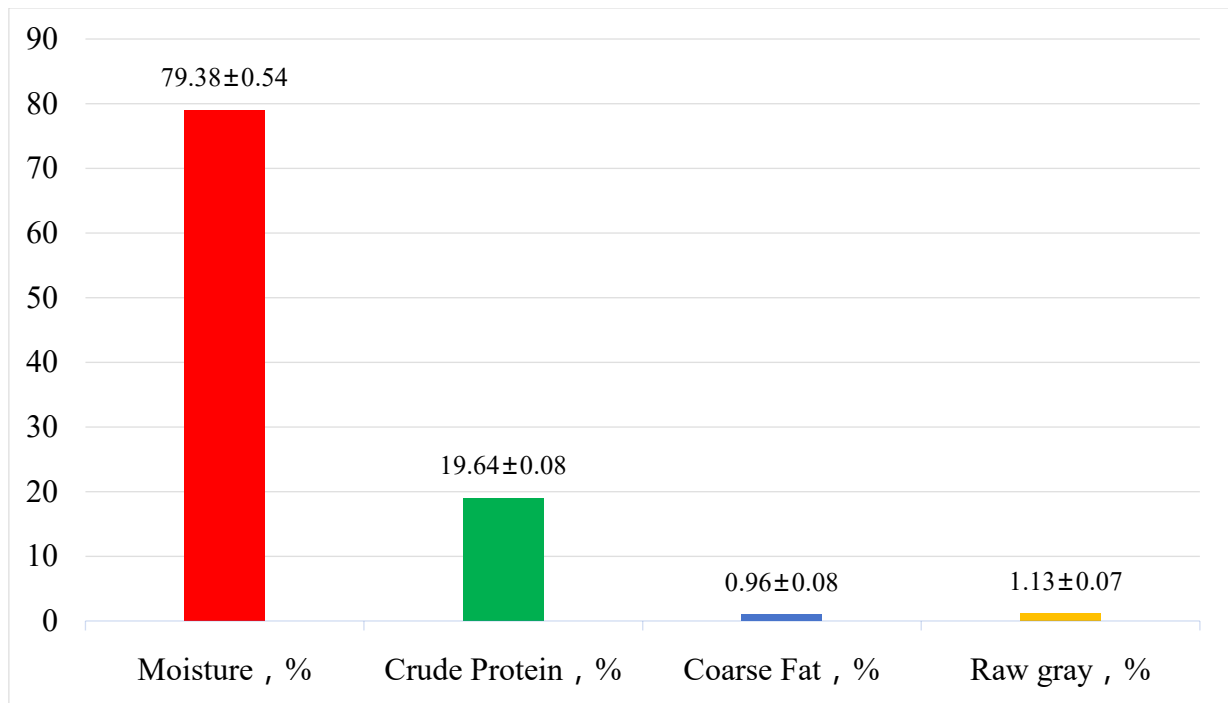


Figure 1. Chemical composition of grass carp

Source: Developed by the authors.

Grass carp protein is not only complete in type but also has an amino acid composition close to the ideal pattern required by the human body, being rich in various essential amino acids (EAAs). As shown in Figure 2, lysine, valine, and histidine are among the higher-content amino acids in multiple

compositional analyses. Multiple comparative studies indicate that grass carp ranks among the top common edible fish species in terms of total essential amino acids and individual EAA content, demonstrating excellent protein quality and nutritional supplementation value (Lise et al., 2021; Öztekin et al., 2024). Lysine is an essential amino acid that the body cannot synthesize; it is crucial for child growth and development, protein synthesis, and immune function. Clinical and nutritional studies also show that lysine can promote intestinal calcium absorption and help maintain calcium balance in the body, thereby having potential positive effects on bone health. Lysine deficiency can impair immune response and affect tissue repair; therefore, foods rich in lysine are particularly beneficial for individuals in growth, development, and recovery phases. Valine, as one of the branched-chain amino acids (BCAAs), plays an important role in maintaining nitrogen balance, participating in protein synthesis, and muscle repair; studies also show that valine has physiological significance in providing muscle energy, improving mitochondrial function, and reducing post-exercise fatigue, thus benefiting athletic populations and individuals requiring rapid recovery (Kaspy et al., 2024).

Histidine is both a precursor for histamine synthesis and involved in the construction of hemoglobin and other important proteins; modern research indicates that histidine has functions such as scavenging reactive oxygen/nitrogen species, metal ion chelation, and anti-inflammatory properties, holding potential value for maintaining antioxidant defense and reducing inflammatory responses, especially important for tissue development and immune support in growing children (Holeček et al., 2020).

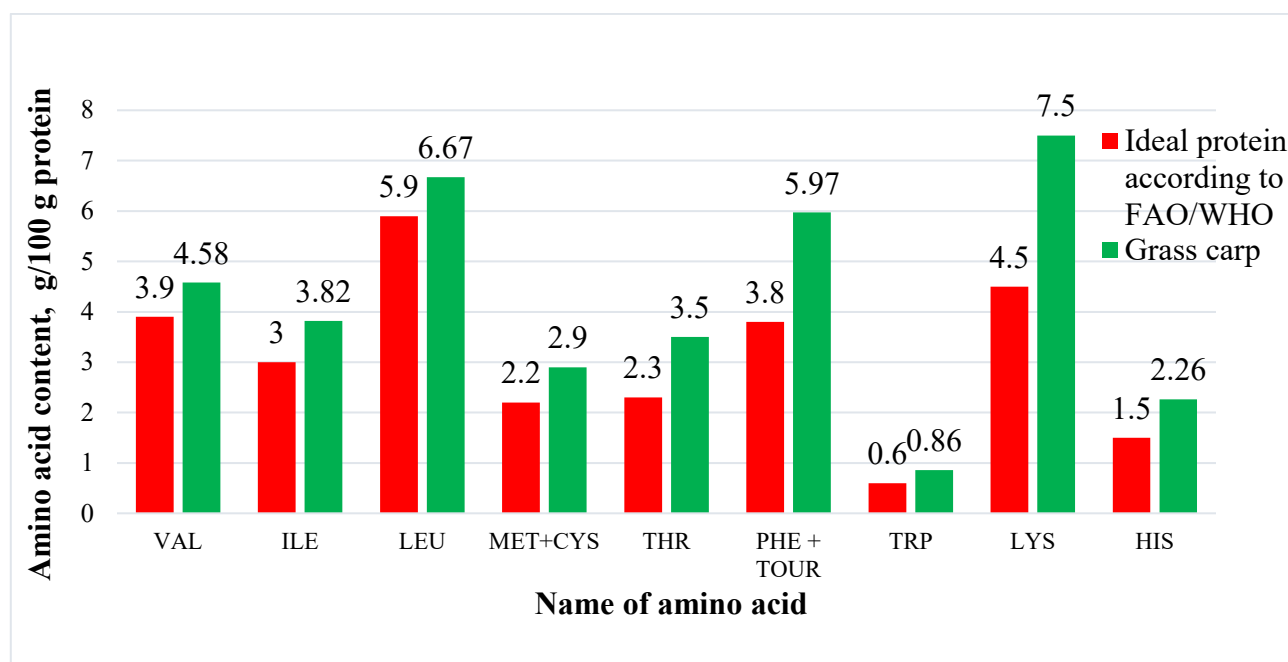


Figure 2. Compliance of the amino acid composition with meat protein of grass carp, g/100 g of protein

Source: Developed by the authors.

Furthermore, the overall fat content of grass carp is low, and its fat composition has a relatively high proportion of unsaturated fatty acids (especially in freshwater fish, often manifested as a favorable UFA/SFA ratio). This type of fat structure is beneficial for cardiovascular health, helping to regulate blood lipids, lower cholesterol, and prevent the risk of chronic diseases such as atherosclerosis. Compared to typical red meat, grass carp exhibits the nutritional advantages of being "low-fat, high-protein" and naturally free of industrial trans fats, making it a healthier animal protein source suitable for a wide range of populations (including children, pregnant women, the elderly, and those managing weight/lipids) (Pyz Łukasik et al., 2020).

In addition to protein and unsaturated fatty acids, grass carp also contains various vitamins, especially vitamin A, B vitamins, and vitamin E. Vitamin A is a key element for protecting vision, helping to maintain normal eyesight, prevent night blindness, and benefiting skin health and immune function. B vitamins participate in human metabolic processes, helping cells obtain needed energy, reduce fatigue, and improve work and life efficiency. Researchers (Liu & Hua, 2024) determined the content of vitamin B1 and vitamin B12 in grass carp flesh using High-Performance Liquid Chromatography with Diode-Array Detection (HPLC-DAD). Vitamin E, as an antioxidant, can neutralize the oxidative effects of free radicals, delay aging, and protect cell health.

Mineral elements are indispensable nutritional factors for maintaining normal physiological functions in the human body, playing important roles in bone metabolism, immune function, antioxidant balance, blood formation, and enzyme system activation. As a representative freshwater fish, the mineral composition of grass carp, as shown in Figure 3, exhibits the characteristics of being "comprehensive in variety, moderate in content, and high in bioavailability," making it one of the high-quality sources of mineral supplementation in the Chinese diet. Among them, calcium and phosphorus are important nutrients for maintaining bone health, helping to prevent osteoporosis and fractures; iron is a key component of hemoglobin and can improve anemia symptoms; zinc helps enhance immune system function and improve the body's ability to resist infections. Therefore, while meeting daily nutritional needs, grass carp also provides reliable nutritional support for health and vitality.

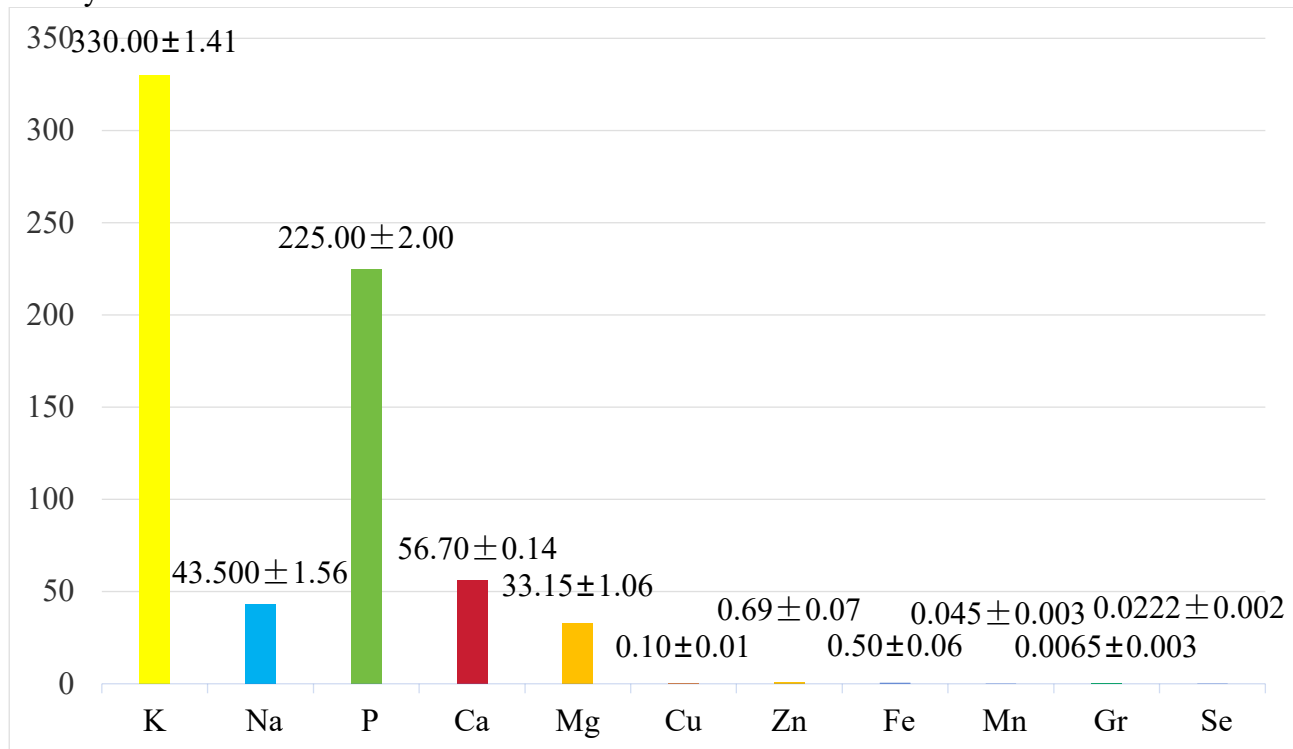


Figure 3. Mineral composition of grass carp

Source: Developed by the authors.

The results of our studies on the nutritional and biological value of grass carp are consistent with the data of other scientists (Zhou et al., 2020; Bal, 2024; Qiu & Lin, 2024).

Although grass carp is a freshwater fish with low overall fat content, its lipids are rich in polyunsaturated fatty acids (PUFAs), primarily linoleic acid (LA, 18:2 n-6) and α -linolenic acid (ALA, 18:3 n-3), along with small amounts of eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA) often detected. Multiple compositional analyses indicate that the PUFA/SFA ratio of grass carp is generally superior to that of many red meat sources, and it maintains a cardiovascular-beneficial fatty acid profile under different seasons and feeding conditions. Based on these compositional characteristics, grass carp intake may exert protective effects on the cardiovascular

system through multiple biological pathways (Kovacik et al., 2024/2025; Pyz Łukasik et al., 2017). A comprehensive meta-analysis indicated a significant correlation between fish intake and reduced coronary heart disease risk and stroke (Zhang et al., 2020; Bertoni et al., 2023).

Evidence at the population level (from multiple prospective cohorts and meta-analyses) shows that regular fish consumption is associated with a reduced incidence of major cardiovascular events such as coronary heart disease and stroke (Cui et al., 2022).

Cohort studies targeting the Chinese population also provide correlative evidence: among Chinese adults, moderate to high frequency of fish intake is associated with a reduced risk of ischemic stroke and total stroke, indicating that even a dietary structure based mainly on freshwater fish can bring significant cardiovascular benefits (with a dose-response relationship between intake and effect). In subgroup analyses of high-risk populations, fish intake of about 175 g per week (approximately 2 servings) was observed to significantly reduce major cardiovascular events. Combined with the widespread distribution of grass carp in the Chinese diet, these epidemiological findings provide practical basis for grass carp as a component of a cardiovascular-healthy diet (Mohan et al., 2021; Zhang et al., 2021;).

From a public health and dietary guidance perspective, it is recommended to incorporate grass carp into recommendations aiming for "fish intake 2–3 times per week," especially in non-coastal areas where freshwater fish predominate. Integrating current compositional evidence and epidemiological studies, grass carp, as a common and accessible freshwater fish, has the potential to become a component of dietary strategies for the primary prevention of cardiovascular disease (Kovacik et al., 2024).

CONCLUSION. Based on a systematic review of the nutritional composition, biological value, and health functions of grass carp, it can be unequivocally concluded that grass carp is a high-quality healthy food ingredient with significant development potential. Its core value lies in its nearly ideal nutritional profile: high moisture (79.38%) and low fat (0.96%) characteristics make it a model for low energy density foods, particularly suitable for weight management and modern healthy eating patterns. Simultaneously, its high protein content (19.64%), combined with a comprehensive essential amino acid profile and a muscle fiber structure conducive to digestion and absorption, endows it with a very high biological value, effectively supporting tissue repair, immune function maintenance, and the nutritional needs of specific populations.

The results of the amino acid composition study confirmed the completeness and balance of the proteins in grass carp meat.

Studies of mineral composition have shown that grass carp is a source of potassium, calcium, phosphorus, and selenium for the human body.

Furthermore, grass carp also possesses significant advantages in sensory and processing properties. Its tender flesh, few intermuscular bones, and lack of a pronounced fishy odor not only enhance the consumer eating experience but also open broad prospects for its application in various prepared dishes, surimi products, ready-to-eat foods, and functional foods. High edible yield and good processing adaptability are key to realizing its transformation from a primary agricultural product to a high-value-added healthy food.

In summary, with its comprehensive advantages of "high protein, low fat, superior fatty acids, rich micronutrients, and good taste," grass carp fully meets the core demands of the current market for healthy, natural, and functional foods. Against the backdrop of China's extremely abundant freshwater fish resources, vigorously promoting the research, development, and high-value utilization of grass carp in the healthy food sector will not only provide consumers with more high-quality dietary choices but also hold significant strategic importance for promoting the sustainable development of the aquaculture industry and enhancing the overall health of the population. Future research should further focus on optimizing its fatty acid composition through dietary nutritional regulation and developing deep-processed grass carp products targeting specific health needs.

Подяки. Немає.

Конфлікт інтересів. Немає.

References

- Bal, I. (2024). Nutritional value of clariid catfish in the conditions of aquaculture in Ukraine. *Animal Science and Food Technology*, 15(2), 23-37. <https://doi.org/10.31548/animal.2.2024.23>
- Bertoni, C., Abodi, M., D'Oria, V., Milani, G. P., Agostoni, C., & Mazzocchi, A. (2023). Alpha-linolenic acid and cardiovascular events: A narrative review. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(18), 14319. <https://doi.org/10.3390/ijms241814319>
- Calder, P. C. (2020). Nutrition, immunity and COVID-19. *BMJ Nutrition, Prevention & Health*, 3(1), 74–92. <https://doi.org/10.1136/bmjnp-2020-000085>
- Cui, S., Yi, K., Wu, Y., Su, X., Xiang, Y., Yu, Y., Tang, M., Tong, X., Zaid, M., Jiang, Y., Zhao, Q., & Zhao, G. (2022). Fish consumption and risk of stroke in Chinese adults: A prospective cohort study in Shanghai, China. *Nutrients*, 14(20), 4239. <https://doi.org/10.3390/nu14204239>
- Dong, M., Zhang, L., Wu, P., Feng, L., Jiang, W., Liu, Y., Kuang, S., Li, S., Mi, H., & Tang, L. (2022). Dietary protein levels changed the hardness of muscle by acting on muscle fiber growth and the metabolism of collagen in sub-adult grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 13, 109. <https://doi.org/10.1186/s40104-022-00747-7>
- FAO. (2022). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2022*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Holeček, M. (2020). Histidine in health and disease: Metabolism, physiological importance, and use as a supplement. *Nutrients*, 12(3), 848. <https://doi.org/10.3390/nu12030848>
- Kaspy, M. S., Hannaian, S. J., Bell, Z. W., & Churchward-Venne, T. A. (2024). The effects of branched-chain amino acids on muscle protein synthesis, muscle protein breakdown and associated molecular signalling responses in humans: An update. *Nutrition Research Reviews*, 37(2), 273–286. <https://doi.org/10.1017/S0954422423000197>
- Kovacik, A., Tvrda, E., Tomka, M., Revesz, N., Árvay, J., Fik, M., Harangozo, L., Hleba, L., Kovacikova, E., & Jambor, T. (2024/2025). Microelements, fatty acid profile, and selected biomarkers in grass carp — Composition study. (Preprint / In press)
- Lise, C. C., Marques, C., Bonadimann, F. S., Pereira, E. A., & Mitterer-Daltoé, M. L. (2021). Amino acid profile of food fishes with potential to diversify fish farming activity. *Journal of Food Science and Technology*, 58(1), 383–388. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04747-1>
- Liu, Z., & Hua, J. (2024). Determination of the content of vitamins B1 and B12 in grass carp meat by HPLC-DAD method. *Tongfang Knowledge Network*, (20), 79–83. <https://doi.org/10.15906/j.cnki.cn11-2975/s.20242020>
- Mohan, D., Mente, A., Dehghan, M., Rangarajan, S., O'Donnell, M., Hu, W., Dagenais, G., Wielgosz, A., Lear, S., Wei, L., Diaz, R., Avezum, Á., Lopez-Jaramillo, P., Lanas, F., Swaminathan, S., Kaur, M., Vijayakumar, K., Viswanathan, V., Gupta, R., Szuba, A., Qian, Z., ... Yusuf, S. (2021). Fish consumption and risk of cardiovascular disease or death: A pooled analysis of cohort studies from 58 countries. *JAMA Internal Medicine*, 181(7), 907–917. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2021.2016>
- Mohanty, B. P., Mahanty, A., Mitra, T., Karunakaran, D., & Sharma, A. P. (2021). Nutritional profile of fish and aquatic foods: A review. *Reviews in Aquaculture*, 13(1), 1–30. <https://doi.org/10.1111/raq.12406>
- Öz-tekin, G., Yücel, I., & Başar, M. (2024). Comparison of proximate composition, amino acid and fatty acid profiles in wild, pond- and cage-cultured longsnout catfish (*Leiocassis longirostris*). *International Journal of Food Science & Technology*, 47(8), 1772–1778. <https://doi.org/10.1111/ijfs.17342>
- Pyż-Łukasik, R., & Kowalczyk-Pecka, D. (2017). Fatty acid profile of fat of grass carp, bighead carp, Siberian sturgeon, and Wels catfish. *Journal of Food Quality*, 2017, Article ID 5718125. <https://doi.org/10.1155/2017/5718125>

- Pyz-Łukasik, R., Chałabis-Mazurek, A., & Gondek, M. (2020). Basic and functional nutrients in the muscles of fish: A review. *International Journal of Food Properties*, 23(1), 1941–1950. <https://doi.org/10.1080/10942912.2020.1828457>
- Qiu, B., & Lin, Y. (2024). Nutritional analysis and evaluation of different muscle parts of cultured grass carp. *Journal of Longyan University*, 42(5), 75–81. <https://doi.org/10.16813/j.cnki.cn35-1286/g4.2024.05.013>
- Shahidi, F., & Ambigaipalan, P. (2019). Omega-3 polyunsaturated fatty acids and their health benefits. *Annual Review of Food Science and Technology*, 10, 345–381. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-032818-121106>
- Tran, N., Chu, L., & Pham, H. (2022). Freshwater aquaculture species as a source of functional food ingredients. *Aquaculture Reports*, 26, 101321. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101321>
- Wang, S., Liu, Y., Zhang, R., & Chen, Y. (2023). Nutrient composition and processing potential of freshwater fish species in modern aquaculture. *Journal of Food Composition and Analysis*, 118, 105238. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105238>
- Wang, X., Liu, G., Xie, S., Pan, L., & Tan, Q. (2022). Growth and meat quality of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) responded to dietary protein (soybean meal) level through the muscle metabolism and gene expression of myosin heavy chains. *Frontiers in Nutrition*, 9, 833924. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.833924>
- Zhang, B., Xiong, K., Cai, J., & Ma, A. (2020). Fish consumption and coronary heart disease: A meta-analysis. *Nutrients*, 12(8), 2278. <https://doi.org/10.3390/nu12082278>
- Zhang, Q., Li, D., & Xu, Y. (2021). Lipid composition and fatty acid profile of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) under various feeding conditions. *Aquaculture Nutrition*, 27(1), 56–65. <https://doi.org/10.1111/anu.13180>
- Zhou, X., Wang, P., & Jiang, G. (2020). Amino acid composition and protein quality evaluation of grass carp. *Food Chemistry*, 332, 127388. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127388>

Отримано 28.08.2025 р., прийнято до друку 11.11.2025 р.

УДК 639.38:582.661.21:613.2-021.431

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.4.2025.72>

ОГЛЯД НАУКОВОГО ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ АМАРАНТУ В ТЕХНОЛОГІЯХ РИБНИХ ПРОДУКТІВ ДЛЯ ГЕРОДІСТИЧНОГО ХАРЧУВАННЯ

Максим Анатолійович Власенко

здобувач

<https://orcid.org/0009-0008-2971-7909>

Національний університет біоресурсів і природокористування України,

3041, Україна, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15

Іван Миколайович Баль

PhD доктор філософії

<https://orcid.org/0009-0007-1608-5263>

Національний університет біоресурсів і природокористування України,

3041, Україна, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15

Руслан Володимирович Кононенко

канд. вет. наук, доцент

<https://orcid.org/0000-0002-7818-2583>

Національний університет біоресурсів і природокористування України,

3041, Україна, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15

Наталія Володимирівна Голембовська

канд. техн. наук, доцент

<https://orcid.org/0000-0001-8159-4020>

Національний університет біоресурсів і природокористування України,

3041, Україна, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15

Сергій Олегович Лебський

PhD, майстер виробничого навчання

<https://orcid.org/0000-0002-0062-3473>

Національний університет біоресурсів і природокористування України,

3041, Україна, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15

Анотація. У статті розглянуто сучасні підходи до використання амаранту як перспективного компонента харчових продуктів, призначених для раціонів людей похилого віку. Проаналізовано наукові дані щодо хімічного складу амаранту та вмісту найбільш значущих біологічно активних речовин, що визначають його антиоксидантний потенціал і функціональну цінність. Огляд здійснено на основі систематизації та узагальнення джерел, відібраних із міжнародних наукометричних баз даних за останнє десятиріччя. Показано доцільність застосування амаранту в технологіях геродієтичного харчування завдяки його здатності підвищувати поживну цінність і антиоксидантний статус харчових продуктів. Отримані узагальнення підтверджують перспективність використання амаранту для створення інноваційних продуктів, спрямованих на підтримання здоров'я та покращення якості життя людей старшого віку.

Мета роботи полягала у проведенні аналізу літературних джерел щодо найбільш важливих біологічно активних речовин амаранту, його хімічного складу та ефективності використання у продуктах харчування.

Доведено унікальні властивості амаранту, які визначаються вмістом білку від 12,62 до 16,40 % з високим вмістом лізину і метіоніну; вуглеводів – 65-75 %, ліпідів – 7,00 % з вмістом ненасичених жирних кислот до 70% та домінуванням пальмітинової кислоти. Відмінною рисою ліпідів амаранту є вміст сквалену (55-90%) і фітостеролів, які проявляють високу

антиоксидантну здатність. Визначено висока кількість макро- та мікроелементів: Mg, Ca, P, Fe, Zn, Mn та вітамінів A, C, групи B.

Таким чином, опубліковані дані щодо біологічної активності амаранту дозволяють рекомендувати його використання у інноваційних технологіях геродієтичного харчування, що дасть змогу створювати продукти для поліпшення якості та подовження життя людей похилого віку.

Ключові слова: харчова цінність, антиоксиданти, сквален, фітостероли, ліпіди, макро-, мікроелементи, вітаміни.

UDC 639.38:582.661.21:613.2-021.431

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.4.2025.72>

SCIENTIFIC SUBSTITUTION OF THE USE OF AMARANTH IN FISH PRODUCT TECHNOLOGIES FOR HERODIETIC NUTRITION

Vlasenko Maksym

applicant

<https://orcid.org/0009-0008-2971-7909>

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
03041, 15 Heroiv Oborony Str., Kyiv, Ukraine*

Bal Ivan

PhD Doctor of Philosophy,

<https://orcid.org/0009-0007-1608-5263>

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
03041, 15 Heroiv Oborony Str., Kyiv, Ukraine*

Kononenko Ruslan

PhD in Veterinary Sciences, Associate Professor

<https://orcid.org/0000-0002-7818-2583>

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
03041, 15 Heroiv Oborony Str., Kyiv, Ukraine*

Holembovska Nataliia

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

<https://orcid.org/0000-0001-8159-4020>

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
03041, 15 Heroiv Oborony Str., Kyiv, Ukraine*

Lebsky Serhiy

PhD, Master of Industrial Training,

<https://orcid.org/0000-0002-0062-3473>

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
03041, 15 Heroiv Oborony Str., Kyiv, Ukraine*

Abstract. The article considers modern approaches to the use of amaranth as a promising component of food products intended for the diets of the elderly. Scientific data on the chemical composition of amaranth and the content of the most significant biologically active substances that determine its antioxidant potential and functional value are analyzed. The review is based on the systematization and generalization of sources selected from international scientometric databases over the past decade. The feasibility of using amaranth in gerodietic nutrition technologies is shown due to its ability to increase the nutritional value and antioxidant status of food products. The obtained generalizations confirm the prospects of using amaranth for creating innovative products aimed at maintaining health and improving the quality of life of older people. The purpose of the work was to analyze literary sources on the most important biologically active substances of amaranth, its

chemical composition and the effectiveness of its use in food products. The unique properties of amaranth have been proven, which are determined by the protein content from 12.62 to 16.40% with a high content of lysine and methionine; carbohydrates - 65-75%, lipids - 7.00% with a content of unsaturated fatty acids up to 70% and the dominance of palmitic acid. A distinctive feature of amaranth lipids is the content of squalene (55-90%) and phytosterols, which exhibit high antioxidant capacity. A high amount of macro- and microelements has been determined: Mg, Ca, P, Fe, Zn, Mn and vitamins A, C, group B. Thus, the published data on the biological activity of amaranth allow us to recommend its use in innovative technologies of gerodietic nutrition, which will allow us to create products to improve the quality and prolong the life of the elderly.

Keywords: nutritional value, antioxidants, squalene, phytosterols, lipids, macro-, microelements, vitamins.

ВСТУП. Розроблення харчових продуктів, здатних забезпечувати збалансований раціон з урахуванням вікових особливостей організму людини, стає дедалі актуальнішим. Це пов'язано з природним уповільненням метаболічних процесів та зменшенням здатності організму протистояти різним захворюванням. Якість харчування є ключовим показником рівня життя, особливо для соціально вразливих груп, до яких належать люди похилого віку (Білоусько, 2023; Сімакова та ін., 2023).

Дослідження свідчать, що найгірший рівень харчування серед українців старшого віку спостерігався у 1990-х роках. У період 2012–2014 рр. ситуація дещо покращилася, проте подальші соціально-економічні труднощі після 2014 року, а також сучасні наслідки повномасштабної агресії РФ призвели до нового погіршення умов життя і, відповідно, харчування населення.

Останніми роками активного розвитку набувають інноваційні технології, що передбачають використання рослинної сировини (Abdusalomov & Shodiev, 2024; Bal-Prylypko et al., 2023; 2024; Душак та ін., 2023). Лікувальні та оздоровчі властивості рослин відомі з давніх часів, а продукти на їх основі широко застосовують у створенні дієтичних добавок, функціональних харчових продуктів і фармацевтичних засобів.

Особливу увагу привертають рослини родини амарантових (*Amaranthaceae*), що належать до найдавніших харчових культур світу (*Amarantus* - *Missouri Botanical Garden...*, 2020). Сьогодні інтерес до амаранту швидко зростає завдяки його унікальному фітохімічному складу, високій біологічній цінності та вираженим фармакологічним властивостям. Амарант належить до псевдозлакових культур і поєднує функції традиційного харчового продукту та інгредієнта, що позитивно впливає на здоров'я.

Численні наукові роботи, присвячені аналізу хімічного складу, безпечності, харчової цінності і вмісту біологічно активних сполук у різних частинах амаранту (Soriano-García & Aguirre-Díaz, 2019; Baraniak & Kania-Dobrowolska, 2022; Mătieș et al., 2024), а також дослідження технологій його використання у сфері оздоровчого та геродієтичного харчування (Malik et al., 2023; Shodiev, 2023; Lux et al., 2025), підтверджують доцільність систематизації цих даних. Такий аналіз необхідний для наукового обґрунтування інноваційних технологій виробництва напівфабрикатів геродієтичного призначення з використанням рибної сировини та амаранту.

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ. Амарант належить до давніх високоживильних псевдозлакових культур із широким спектром використання у харчовій промисловості. Рослина вирізняється високим вмістом білка, добре збалансованим амінокислотним складом, значною кількістю харчових волокон, сквалену, мінералів та вітамінів, що робить її цінним інгредієнтом для створення продуктів підвищеної біологічної цінності (Soriano-García & Aguirre-Díaz, 2019).

Завдяки м'якому горіховому смаку та універсальності у технологічних процесах амарант застосовують у виробництві круп, борошна, екструдованих виробів, комбінованих

напівфабрикатів та білкових сумішей. За даними Baraniak & Kania-Dobrowolska (Baraniak & Kania-Dobrowolska, 2022), зерно амаранту містить білок з високим вмістом лізину – амінокислоти, дефіцитної у більшості злакових культур. Це робить амарант перспективним компонентом комбінованих продуктів, зокрема рибних, оскільки білковий комплекс риби також демонструє порівняно невисокий вміст лізину. Дослідники підкреслюють, що включення амаранту дозволяє оптимізувати амінокислотний профіль готових виробів.

Результати експериментальних робіт деяких авторів (Mătieșet et al., 2024) доводять, що амарантове борошно має високу водоутримувальну здатність, природні антиоксидантні властивості та не впливає негативно на сенсорні показники готової продукції. Саме тому його рекомендують як функціональний інгредієнт для технологій комбінованих рибних виробів, зокрема дієтичного та геродієтичного спрямування.

Значну увагу амаранту приділяють і в контексті харчування людей похилого віку. Продукти з амаранту здатні компенсувати дефіцит білка, поліненасичених жирних кислот, мікроелементів та харчових волокон (Овсієнко, 2022), який характерний для раціону геронтологічних груп населення. Автори також зазначають, що сквален, присутній в амарантовій олії, проявляє виражені антиоксидантні та кардіопротекторні властивості, що особливо важливо для профілактики вікових захворювань.

Aderibigbe (2022) підкреслює, що амарант має високу технологічну пластичність і добре поєднується з білковими інгредієнтами тваринного походження, зокрема рибною сировиною. Це дозволяє використовувати його у виробництві формованих рибних виробів, котлетних мас, паст, паштетів та інших напівфабрикатів з підвищеною харчовою цінністю. Автор вказує, що амарант може покращувати структуру продукту, стабілізувати консистенцію та підвищувати вихід готової продукції.

Lux та ін. (2025) відзначають, що поєднання амаранту з рибною сировиною у складі інноваційних напівфабрикатів дозволяє отримати продукти із покращеними реологічними властивостями, вищим вмістом мікронутрієнтів та антиоксидантним потенціалом. Такі вироби можуть розглядатися як ефективний елемент геродієтичного харчування, спрямованого на підтримання здоров'я людей літнього віку.

Отже, результати численних наукових досліджень свідчать про перспективність використання амаранту як функціонального інгредієнта у технологіях рибних продуктів. Завдяки високій біологічній цінності, антиоксидантним властивостям та позитивному впливу на структурно-механічні характеристики комбінованих виробів амарант є важливим компонентом створення інноваційних продуктів геродієтичного призначення.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ. Амарант – це дводольна псевдозлакова рослина, одна з найстаріших культур Нового Світу, що походить із Мезоамерики і колись була важливою харчовою культурою ацтеків, які називали її Уаутлі або Кстес (Joshi et al., 2019; Park et al., 2020). Сучасне повернення інтересу до вирощування та споживання насіння амаранту почалося в середині 1970-х років, коли його харчові властивості були повторно відкриті та популяризовані, особливо у порівнянні зі злаками.

Амарант, відомий також як бархатник або щиріця, у перекладі з давньогрецької означає «нев'янучий». Це родина здебільшого однорічних трав'янистих рослин із дрібними квітками, зібраними у густі колосоподібні або хуртові суцвіття. Протягом близько 8 тисяч років амарант був важливою зерновою культурою Південної Америки та Мексики («пшениця ацтеків», «хліб інків»), нарівні з бобовими та кукурудзою. Після завоювання Америки іспанцями ця культура була майже забута. В Азії амарант і сьогодні вирощують гірські племена Індії, Пакистану, Непалу та Китаю як зернову та овочеву рослину. Символічно у творах деяких поетів амарант уособлює дар вічного життя, що відображає любов Бога до людини.

Завдяки високій життєстійкості та здатності давати значні врожаї насіння амарант став символом здоров'я, життя та безсмертя. Рослини належать до родини Амарантових

(*Amaranthaceae*), що включає близько 60 родів та приблизно 800 видів. Серед них шістдесят видів ростуть у різних частинах світу, часто поблизу місць діяльності людини, де вони вважаються бур'янами. Лише три види вважаються ефективними виробниками насіння: *Amaranthus hypochondriacus* (переважний сорт у Мексиці), *A. cruentus* і *A. caudatus*. У цих видах як листя, так і насіння містять білок високої біологічної цінності. Зерно використовується для борошна або приготування подібно до попкорну, а листя можна вживати сирим або вареним.

Амарант швидко зростає, має низьку собівартість і добре адаптований до різних ґрунтових і кліматичних умов. Рослина стійка до високих температур та посухи й не схильна до серйозних захворювань (Reyes et al., 2018). Відомо понад 800 видів амаранту, з яких понад 100 використовуються у сільському господарстві. Найдавніші зернові культури – *Amaranthus caudatus*, *Amaranthus cruentus* і *Amaranthus hypochondriacus* – продовжують вирощуватися в деяких країнах. У Східній Азії *Amaranthus tricolor* застосовується як овочева культура (Reyes et al., 2018; Shodiev & Abduvalieva, 2023). Декоративне використання характерне для видів із яскравим листям та звисаючими суцвіттями, таких як *Amaranthus caudatus*, *Amaranthus hypochondriacus* та *Amaranthus tricolor*.

Хімічний склад зерна амаранту варіює залежно від виду: білок – 12,62–16,64 %, ліпіди – 6,25–7,02 %, вуглеводи – 45,70–65,25 %, мінеральні речовини – 2,88 %, вологість – 11,29 %. Енергетична цінність зерна становить 307–371 кКал або 1554 кДж (Mekonnen et al., 2018; Martinez-Villaluenga et al., 2020; Sarker et al., 2022; Baraniak & Kania-Dobrowolska, 2022; Lux et al., 2025).

Білки та амінокислотний склад амаранту. Сучасні тенденції щодо заміни білкової сировини тваринного походження на рослинну підкреслюють важливість пошуку альтернативних джерел протеїну. У цьому контексті білкова компонента амаранту привертає значну увагу дослідників (Mota et al., 2016; Ayala-Nino et al., 2019a, 2019b; Morales et al., 2021).

Зерна амаранту містять такі білки, як альбуміни та глобуліни. Особливістю білків амаранту є відсутність глютену, що робить їх придатними для використання у виробництві спеціалізованих харчових продуктів (Lopez et al., 2018; Zhu, 2023).

Амінокислотний склад амаранту включає всі незамінні амінокислоти, що підкреслює його високу харчову цінність як джерела повноцінного білка (Mota et al., 2016; Zhu, 2023; Lux et al. 2025).

Відповідність амінокислотного складу білків амаранту до ідеального білку ФАО/ВООЗ та білку яєчного білку наведено у табл. 1.

Таблиця 1. Відповідність амінокислотного складу білку амаранту до ідеального білку ФАО/ВООЗ, г/100 г білку

Назва амінокислоти	Амарант (Zhu, 2023)	Яєчний білок	Рекомендації ФАО/ВООЗ (Protein and amino acid, 2007)
Валін	2,40	6,90	3,90
Ізолейцин	2,50	8,00	3,00
Лейцин	4,30	9,20	5,90
Лізин	2,60	7,20	4,50
Метіонін+цистин	1,50	6,50	2,20
Треонін	2,30	4,90	2,30
Триптофан	2,00	1,50	0,60
Фенілаланін+тирозін	5,60	10,80	3,00
Гістидін	0,39	-	1,50
Сума	23,59	55,00	26,90

Джерело. Lux et al. 2025.

Аналіз даних, наведених у таблиці 1, показує, що білок амаранту включає всі незамінні амінокислоти. Проте як сумарний вміст, так і концентрація основних амінокислот у білку амаранту суттєво нижчі порівняно з ідеальним білком та яєчним білком. У білках амаранту визначено високий вміст триптофану, з показником скору 192%, а також фенілаланіну + тирозину – 216 %. Триптофан є необхідним для синтезу серотоніну (гормону щастя), мелатоніну (гормону сну) та вітаміну В₃, який відіграє важливу роль у метаболізмі нервової системи. Фенілаланін разом із тирозином виконують ключові функції у загальному білковому обміні та слугують попередниками важливих нейромедіаторів (дофаміну та норадреналіну) і гормонів щитовидної залози (Korytko, 2019).

Ліпіди амаранту. За даними досліджень D. Shodiev (2023), F. Zhu (2023) та T. Lux (2025), вміст ліпідів у зерні амаранту коливається від 6,81 до 7,02 %, що порівняно з іншими псевдозерновими культурами, такими як кіноа ($6,36 \pm 1,65$ %), знаходиться на схожому рівні, але перевищує вміст ліпідів у гречихі ($3,68 \pm 0,13$ %) (De Bock et al., 2021).

У складі амарантового жиру виявлені основні жирні кислоти: пальмітинова (C16:0) – 18,90 %, олеїнова (C18:1) – $23,1 \pm 1,0$ %, лінолева (C18:2, ω -6) – $46,3 \pm 1,0$ % (De Bock et al., 2021; Shodiev, 2023). Особливою рисою ліпідів амаранту є високий вміст сквалену – 7,60 г/100 г жиру, тоді як у гречихі його визначено лише 2,1 г/100 г жиру (Paško et al., 2024). Сквален належить до тритерпенових вуглеводнів і проявляє сильну антиоксидантну активність (Valachovič & Napala, 2017; Ibrahim et al., 2020).

Антиоксидантні властивості жиру з амаранту підсилюються також завдяки наявності поліфенолів, таких як кверцетин, рутин, нікотифлорин, а також вітаміну Е (α -, β -, δ -токоферолі – відповідно 1,19; 0,96; 0,69 мг) (Tang et al., 2016; Tang & Tsao, 2017; Lux et al., 2025).

Фітинова кислота у зерні амаранту міститься у концентрації 133,49–360,21 мг/100 г (Mekonnen et al., 2018). Ці сполуки можуть мати як позитивний, так і негативний вплив: з одного боку, вони зменшують біодоступність мінералів і засвоюваність білків, крохмалю та ліпідів; з іншого – запобігають утворенню вільних радикалів, мають протидіабетичний ефект і знижують ризик ішемічної хвороби серця та ниркової недостатності.

Крім того, у зерні визначено таніни у кількості 20,54–58,36 мг/100 г. Ці сполуки володіють антиоксидантними властивостями, сприяють регуляції ліпідного обміну та можуть уповільнювати процеси старіння. Вміст фітатів і танінів залежить від умов вирощування (сезон, ґрунтовий профіль, методи збору врожаю), стадії дозрівання, виду та генотипу рослини. Термічна обробка зерна амаранту сприяє зменшенню концентрації цих сполук.

Мінеральні речовини. Зерна амаранту містять такі мінеральні компоненти: кальцій – 139,90–159 мг/100 г, магній – 248–293,48 мг/100 г, фосфор – 322,38–557 мг/100 г, калій – 508 мг/100 г, залізо – 7,61–35,00 мг/100 г, цинк – 2,53–3,09 мг/100 г, мідь – 0,16–0,30 мг/100 г, селен – 18,7 мкг/100 г (Mekonnen et al., 2018).

Вуглеводи. Серед вуглеводів основну частку займає крохмаль (65–75 %) та харчові волокна (4–5 %). Головним цукром є сахароза, тоді як інші цукри, такі як рафіноза, інозит, стахіоза та мальтоза, присутні у невеликій кількості. Крохмаль у зерні щільно упакований у зернисту структуру та складається здебільшого з амілопектину (97,9 %) (Lux et al., 2025).

Зовнішній вигляд та фізичні властивості зерна. Зерна амаранту мають кремовий, золотисто-коричневий або бежево-жовтий колір і за формою нагадують чечевицю. Розмір зерна менший, ніж у основних зернових культур; приблизно 1500 зерен важать 0,4–1 г (Malik et al., 2020). Зерна мають солодкий або пряний смак та запах, що нагадує жом цукрового буряка.

Для виду *A. cruentus* середні розміри зерен становили: довжина – 1,4 мм, ширина – 1,3 мм, товщина – 0,87 мм, діаметр – 1,1–1,2 мм; сферичність – 0,82, об'єм пікнометра – 0,65 мм³, площа поверхні – 4 мм². Вага тисячі зерен, питомий об'єм та пористість прямо пропорційні вологості, тоді як справжня та об'ємна щільність і кут природного укусу обернено пропорційні

вмісту вологи. Індекс гідратації, об'ємна щільність та індекс набухання зерна амаранту становили 0,80, 0,66 г/мл та 0,63 відповідно.

Технології використання амаранту у харчових продуктах.

Зерно амаранту може оброблятися та готуватися різними способами: повітряним обсмажуванням, подрібненням, приготуванням каші, пресуванням у пластівці або помелом на борошно (De Bock et al., 2021). Для виготовлення борошна зерна подрібнюють, фрезерують або мелють, причому таке борошно добре поєднується з борошном інших зернових культур (Malik et al., 2023). Повітряно оброблене зерно найчастіше використовують у мюслях або батончиках, а цілі зерна додають до випічки. Традиційним способом приготування цільних зерен є вологе варіння та споживання у вигляді каші. Через невеликий розмір зерна амарант важко лущиться, що дозволяє зберегти мікроелементи та харчові волокна, сконцентровані у висівках. Це робить амарант цінним доповненням до зернових та бобових культур, допомагаючи покращити їхню харчову цінність та компенсувати дефіцит поживних речовин у готових продуктах.

Проростання є недорогим та ефективним методом підвищення нутрицевтичної цінності псевдозернових культур, бобових та інших зерен. Дослідження показали, що цей метод ефективний і для амаранту, сприяючи отриманню функціональної їжі. Так, занурення зерен протягом 8 годин при 30 °C з наступним проростанням 24 години при 23 °C та сушінням протягом 4 годин при 42 °C підвищувало вміст таких амінокислот, як лізин, лейцин, аспарагінова кислота, валін, аланін, треонін та серин.

Довше проростання – 48 годин при 26 °C – підвищувало доступність білка на 8 %, енергетичну цінність – на 11 %, вміст лінолевої кислоти – на 10 % та зменшувало вміст стійкого крохмалю на 70 %, покращуючи тим самим його засвоюваність. Крім того, замочування та проростання підвищують рівень антиоксидантів і загальних фенольних сполук. В цілому, параметри замочування, проростання та пропарювання, включно з часом і температурою, суттєво впливають на поживні властивості амаранту. Дослідження впливу цих методів на лікувальні та функціональні властивості культури є важливим напрямом для оптимізації її харчової цінності.

Ферментація, як традиційний метод обробки злаків, застосовується протягом багатьох століть. Дослідження показали, що ферментація амаранту покращує засвоюваність білка на 5–7 %, водночас зменшуючи вміст лізину, цистеїну та метіоніну на 20 %, 16 % та 20 % відповідно.

Обсмажування є поширеним промисловим методом теплової обробки, що забезпечує рівномірне приготування продукту, покращує засвоюваність, смакові та сенсорні властивості та викликає бажані структурні зміни в матриці продукту. Зерна амаранту обсмажували в духовці Gallenkamp при 200 °C протягом 8 хвилин, після чого охолоджували та подрібнювали.

Аналіз ефекту попередньої обробки зерен амаранту показує, що можна регулювати їх фізичні властивості та харчову цінність. Це обґрунтовує використання попередньо оброблених амарантових продуктів для отримання продуктів підвищеної якості, покращеного хімічного складу та кращої прийнятності для споживачів.

Екструзія є перспективним методом обробки амаранту для виробництва борошна, хоча підвищення температури та вологисті сировини можуть спричиняти зменшення вмісту поліфенолів, фітинової кислоти та заліза. Проте умови екструзії можуть ефективно замінити інші види попередньої обробки, особливо при застосуванні ферментів пепсину або панкреатину, оскільки процес руйнує білки і підвищує їхню доступність для ферментативного розщеплення. Дослідження показали, що екструдований амарант при вологості 24 % демонструє найвищий коефіцієнт ефективності білка. Екструдоване борошно відзначається якісним білком, кращою здатністю поглинати та утримувати воду, пошкодженим крохмалем та меншою в'язкістю порівняно із сирим борошном. Оптимальним режимом екструзії для отримання борошна, придатного для виробництва напоїв на основі амаранту з підвищеним

вмістом антиоксидантів і кращою органолептичною прийнятністю, виявили температуру 130 °C та швидкість гвинта 124 об/хв.

Олія амаранту є цінним продуктом завдяки високому вмісту біологічно активних жирних кислот, флавоноїдів, сквалену та жиророзчинних вітамінів. Для її отримання застосовують надкритичну CO₂-екстракцію, а також гексан та інші органічні розчинники. Найвищий вихід і максимальна біологічна цінність олії досягаються при використанні надкритичної екстракції.

Амарантовий крохмаль потенційно може використовуватися не лише в харчовій промисловості, а й у виробництві упаковки, косметики та інших галузях. Традиційний метод виділення крохмалю включає замочування зерен амаранту у розчині NaOH при 5 °C протягом 24 годин, подальше центрифугування при 1500 об/хв протягом 20 хвилин, нейтралізацію та сушіння на повітрі. Сухе-мокре подрібнення зерен забезпечує приблизно на 5 % вищу ефективність виділення крохмалю та скорочує час процесу порівняно з традиційним мокрим подрібненням.

Отриманий крохмаль зазвичай має низьку в'язкість та ентальпію, але характеризується більш пошкодженою структурою і прозорішою пастою. Після відділення крохмалю та білка, водорозчинні полісахариди виділяють із клітинних залишків шляхом мокрого просіювання у слабкому лужному середовищі; ці компоненти утворюють волокнисті структури амаранту.

Малий розмір гранул, здатність втрачати кристалічну та зернисту структуру при нагріванні, а також наявність менше 1 % резистентного крохмалю роблять амарант продуктом з високим глікемічним індексом. Форма гранул крохмалю кутова, багатокутна або злегка округла, часто з додекаедричною структурою та високою водопоглинальною здатністю.

Амарантовий крохмаль характеризується високою здатністю зв'язувати воду, перевищуючи показники пшеничного та кукурудзяного крохмалю, що робить його добре розчинним у воді. Він має ряд унікальних властивостей, таких як висока стабільність при циклі заморожування-відтавання, стійкість до ретроградації, оптимальна в'язкість, температура желатинізації, здатність до набухання, індекс поглинання води та піддатливість до ферментативної дії. Однак деякі з цих характеристик можуть негативно впливати на якість випічки, що обмежує використання амарантового крохмалю у певних продуктах.

Стабільність крохмалю амаранту робить його придатним для застосування в заморожених продуктах, забезпечуючи збереження текстури після розморожування. Виявлено, що його водопоглинаюча здатність і потужність набухання перевищують показники кукурудзяного крохмалю, хоча розчинність трохи нижча. Показники потужності набухання та індексу набряку (0,72–0,76) значно перевищують аналогічні у гречки (0,13–0,18) і залишаються відносно стабільними при температурах вище 75 °C. Широкий температурний діапазон желатинізації, добра здатність до набухання та водопоглинальна здатність дозволяють використовувати амарантовий крохмаль у продуктах, що піддаються високотемпературній обробці.

Модифікований амарантовий крохмаль демонструє більшу стабільність порівняно з місцевими крохмалю під час приготування рідких продуктів, запобігаючи фазовому розділенню, що робить його особливо корисним для розробки рідких харчових продуктів.

Борошно амаранту у співвідношенні 5–30 % у складі суміші з пшеничним покращує підйом тіста, знижує вміст глютену, підвищує рівень Fe, Zn, Ca та водопоглинальну здатність. Його широко застосовують для виробництва різних продуктів харчування, таких як макарони, хліб, печиво, крекери та інші, у багатьох країнах (Joshi, et al., 2018).

Лікувальний та профілактичний ефект використання амаранту.

Хімічний склад та біохімічні властивості зерна амаранту, зокрема вміст біологічно активних білків, ліпідів, пігментів, вітамінів, макро- та мікроелементів, свідчать про його високий потенціал для використання у лікуванні та профілактиці різних захворювань (Tang & Tsao, 2017).

У сучасній практиці амарантові продукти розглядаються як альтернативне джерело безглютенових продуктів завдяки низькому вмісту проламінів. Дослідження Bavykina та співавт. (2018) показали, що введення амарантових продуктів у раціон дітей, що дотримуються безглютенової дієти, сприяло покращенню харчової цінності та психоемоційного стану за рахунок можливості урізноманітнити раціон новими безглютеновими продуктами.

Високу ефективність продемонстрували також гідролізати білків амаранту. Так, Ayala-Nino та співавт. (2019a, b) проаналізували пептидний профіль ізоляту білка *A. hypochondriacus*, отриманого шляхом послідовного гідролізу алкалазою та флаворизмом. Результати показали утворення гідролізатів з високою антиоксидантною, антитромботичною та антигіпертензивною активністю. Послідовні фрагменти пептидів довжиною 4–8 амінокислот були ідентифіковані як високоактивні антиоксиданти.

Orsango та співавт. (2020) досліджували вплив зерна амаранту на анемію та залізодефіцитну анемію у дітей віком від 2 до 5 років у південній Ефіопії. Було встановлено, що вживання хліба з амарантом підвищувало рівень гемоглобіну та знижувало поширеність анемії: у групі, яка отримувала амарантовий хліб, анемія спостерігалась у 32% дітей, тоді як у групі з кукурудзяним хлібом – у 56%. Таким чином, продукти з амаранту сприятливо впливають на концентрацію гемоглобіну та можуть бути ефективними для зменшення поширеності анемії.

Результати клінічних досліджень, присвячених частковій заміні білків тваринного походження на білки амаранту за різним співвідношенням у добовому раціоні (тваринний:рослинний – 70:30, 50:50, 30:70), показали підвищення засвоюваності харчової клітковини, покращення якості ліпідної компоненти та профілю ліпопротеїнів у крові (Shodiev, 2023; Lux et al., 2025).

Амарантова олія знайшла широке застосування у медицині (Chmelik et al., 2019; Caeiro et al., 2022). Доведено її позитивний вплив на біосинтез холестерину, участь в детоксикації організму шляхом виведення радіонуклідів та солей важких металів, а також протидію при різних захворюваннях: інфекційних, герпесі, псоріазі, нейродерміті, екземі, дерматиті, виразкових ураженнях шлунково-кишкового тракту, діабеті, захворюваннях печінки, інфекціях сечостатевої системи, атеросклерозі, анемії, авітамінозі, стенокардії, гіпертонії, онкологічних та серцево-судинних патологіях. Крім того, амарантова олія значно підвищує імунітет і є ефективним засобом у профілактиці та лікуванні анемії (Abdusalomov & Shodiev, 2024; Caeiro et al., 2022; Chmelík et al., 2019; Ibrahim et al., 2020; Tang & Tsao, 2017).

ВИСНОВКИ. Результати аналізу наукових джерел підтверджують, що хімічний склад амаранту та високий вміст його біологічно активних компонентів створюють значний потенціал для застосування цієї сировини у технологіях рибних напівфабрикатів, орієнтованих на потреби людей похилого віку. Функціональні властивості амаранту – наявність повноцінного білка, антиоксидантів (сквалену, поліфенолів, токоферолів), макро- та мікроелементів – дозволяють цілеспрямовано підвищувати харчову та біологічну цінність готових виробів, зокрема шляхом поліпшення амінокислотного складу, антиоксидантного статусу та мінерального профілю.

Прикладна значущість проведеного аналізу полягає у можливості науково обґрунтованого впровадження амаранту як інгредієнта у рецептурах рибних напівфабрикатів геродієтичного призначення. Його використання може сприяти підвищенню засвоюваності поживних речовин, зниженню оксидативного стресу та покращенню загального стану здоров'я людей похилого віку, що відповідає сучасним концепціям здорового харчування та активного довголіття.

Перспективними є дослідження, спрямовані на оптимізацію технологій переробки амаранту та визначення його впливу на структурно-механічні, органолептичні й мікробіологічні показники рибних напівфабрикатів. Подальше вивчення взаємозв'язку між

технологічними параметрами, формами введення амаранту (борошно, екстракт, білкові концентрати, олія) та якістю готової продукції дозволить сформуванню науково обґрунтованих рекомендацій для промислових технологій. Універсальність та біологічний потенціал амаранту визначають доцільність його широкого застосування у харчовій промисловості та відкривають можливості для створення інноваційних продуктів геродієтичного спрямування.

Подяки. Немає.

Конфлікт інтересів. Немає.

References

- Abdusalomov S., Shodiev D. (2024). Obtaining Beneficial Food Additives From The Seeds Of The Amaranth Plant. *Texas Journal of Agriculture and Biological Sciences*, Vol. 34, <https://doi.org/10.62480/tjabs.2024.vol34.pp26-28>
- Aderibi <https://doi.org/gbe>, O. R., Ezekiel, O. O., Owolade, S. O., Korese, J. K., Sturm, B., & Hensel, O. (2022). Exploring the potentials of underutilized grain amaranth (*Amaranthus* spp.) along the value chain for food and nutrition security: A review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 62(3), 656-669.
- Amarantus* - Missouri Botanical Garden (2020). Global Compositae Checklist.
- Ayala-Niño, A., Rodríguez-Serrano, G. M., González-Olivares, L. G., Contreras-López, E., Regal-López, P., Cepeda-Saez, A. (2019a). Sequence identification of bioactive peptides from amaranth seed proteins (*Amaranthus hypochondriacus* spp.). *Molecules*, 24, 1–14. <https://doi.org/10.3390/molecules24173033>
- Ayala-Niño, A., Rodríguez-Serrano, G. M., Jiménez-Alvarado, R., Bautista-Avila, M., Sánchez-Franco, J. A., González-Olivares, L. G. (2019b). Bioactivity of Peptides Released during Lactic Fermentation of Amaranth Proteins with Potential Cardiovascular Protective Effect: An in Vitro Study. *J. Med. Food*, 22, 976–981. <https://doi.org/10.1089/jmf.2019.0039>
- Bal-Prylypko, L., Nikolaenko, M., Volkhova, T., HOLEMBOVSKA, N., Tyshchenko, L., Ivaniuta, A., Israelian, V., Menchynska, A., Shynkaruk, O., & Melnik, V. (2023). The study of functional and technological properties of vegetarian ice cream. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 17, 110–121. <https://doi.org/10.5219/1798>
- Baraniak J., Kania-Dobrowolska M. (2022). The dual nature of amaranth – Functional food and potential medicine. *Foods*, 11. № 4. P. 618. <https://doi.org/10.3390/foods11040618>
- Baraniak, J., & Kania-Dobrowolska, M. (2022). The dual nature of amaranth–functional food and potential medicine. *Foods*, 11(4), 618.
- Bilousko T.Iu. (2023). Prodo volcha bezpeka Ukrainy: stan ta tendentsii. Tezy dopovidei mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Stalyi lantsiuh kharchuvannia ta bezpeka kriz nauku, znannia ta biznes», Kharkiv, 18.05.2023. S.188-190.
- Caeiro C., Pragosa C., Cruz M.C., Pereira C.D., Pereira S.G. (2022). The role of pseudocereals in celiac disease: reducing nutritional deficiencies to improve well-being and health. *J. Nutr. Metab*, Vol. 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/8502169>
- Chmelík Z., Šnejdrová M., Vrablík M. (2019). Amaranth as a potential dietary adjunct of lifestyle modification to improve cardiovascular risk profile. *Nutr. Res.*, Vol.72: 36–45. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2019.09.006>
- De Bock P., Daelemans L., Selis L., Raes K., Vermeir P., Eeckhout M., Bockstaele F.V. (2021). Comparison of the chemical and technological characteristics of wholemeal flours obtained from amaranth (*Amaranthus* sp.), quinoa (*Chenopodium quinoa*) and buckwheat (*Fagopyrum* sp.) seeds. *Foods*, Vol.10, N 3. P. 651. <https://doi.org/10.3390/foods10030651>
- Dushchak O.V., Levkivska T.M., Burlak N.I. (2023). Stvorennia novykh funktsionalnykh snekovykh produktiv iz roslynnoi syrovyny. Tezy dopovidei mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Stalyi lantsiuh kharchuvannia ta bezpeka kriz nauku, znannia ta biznes. Kharkiv, 18.05.2023. S.192-194.

- Ibrahim N., Fairus S., Zulfarina M.S., Naina M.I. (2020). The Efficacy of Squalene in Cardiovascular Disease Risk – A. Systematic Review. *Nutrients*, Vol.12(2): 414, DOI: 10.3390/nu12020414. PMID: 32033387; PMCID: PMC7071298.
- Joshi D.C., Chaudhari G.V., Sood S., Kant L., Pattanayak A., Zhang K. (2019). Revisiting the versatile buckwheat: reinvigorating genetic gains through integrated breeding and genomics approach. *Planta*, Vol. 250, N 3. P. 783-801. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00425-018-03080-4>
- Korytko, O.O. (2019). To the question of amino acids and whey consumption. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences*, Vol.21(91), 116–122, <https://doi.org/10.32718/nvlvet-a9121>
- López, D. N., Galante, M., Robson, M., Boeris, V., Spelzini, D. (2018). Amaranth, quinoa and chia protein isolates: Physicochemical and structural properties. *Int. J. Biol. Macromol.*, Vol.109, 152–159, <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.12.080>
- Lux T., Krapf J., Reimold F., Lochny A., Erdös A., Flöter E. (2025). Amaranth-alginate hydrogels: rheological, textural, and sensory properties for gluten-free noodles. *Future Foods*, Vol.11:100676, <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2025.100676>
- Lux, T., Spillmann, F., Reimold, F., Erdös, A., Lochny, A., & Flöter, E. (2023). Physical quality of gluten-free doughs and fresh pasta made of amaranth. *Food Science & Nutrition*, 11(6), 3213-3223.
- Malik M., Sindhu R., Dhull S., Bou M., Christelle S., Yudhbir P., Shreya K. (2023). Nutritional Composition, Functionality, and Processing Technologies for Amaranth. *Journal of Food Processing and Preservation*, <https://doi.org/10.1155/2023/1753029>
- Martínez-Villaluenga C., Peñas E., Hernández-Ledesma B. (2020). Pseudocereal grains: nutritional value, health benefits and current applications for the development of gluten-free foods. *Food Chem. Toxicol.*, Vol. 137. Article ID 111178. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111178>
- Mătieș A., Negrușier C., Roșca M.O., Mintăș O.S., Zanc S. G., Odagiu A.C., Andronie L., Păcurar I. (2024). Characterization of Nutritional Potential of Amaranthus sp. *Grain Production. Agronomy*, Vol.14, 630, <https://doi.org/0.3390/agronomy14030630>
- Mătieș, A., Negrușier, C., Roșca Mare, O., Mintăș, O. S., Zanc Săvan, G., Odagiu, A. C. M., ... & Păcurar, I. (2024). Characterization of nutritional potential of Amaranthus sp. grain production. *Agronomy*, 14(3), 630.
- Mekonnen G, Woldesenbet M, Teshale T, Biru T. (2018). Amaranthus caudatus production and nutrition contents for food security and healthy living in Menit Shasha, Menit Goldya and Maji Districts of Bench Maji Zone, South Western Ethiopia. *Nutri. Food Sci. Int. J.*, Vol. 7(3), <https://doi.org/10.19080/NFSIJ/2018.07.555712>
- Morales D., Miguel M., Garcés-Rimón (2021). Pseudocereals: a novel source of biologically active peptides. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, Vol. 61, N 9. P. 1537-1544. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1761774>
- Mota C., Santos M., Mauro R., Samman N., Matos A.S., Torres D., Castanheira I. (2016). Protein content and amino acids profile of pseudocereals. *Food Chemistry*, Vol. 193:55–61, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.043>
- Orsango A.Z., Loha E., Lindtjørn B., Engebretsen I.M.S. (2020). Efficacy of processed amaranth-containing bread compared to maize bread on hemoglobin, anemia and iron deficiency anemia prevalence among two-to-five-year-old anemic children in Southern Ethiopia: a cluster randomized controlled trial. *PLoS One.*, Vol. 15, N 9. Article ID e0239192. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239192>
- Ovsienko, S. M. (2022). Amarant ta produkty yoho pererobky v khlibopechenni. *Prodovolchi resursy*. 2022. T. 10.№ 18. S. 109-120.
- Park S.J., Sharma A., Lee H.J. (2020). A Review of recent studies on the antioxidant activities of a third-millennium food: Amaranthus spp. *Antioxidants (Basel)*, Vol. 9, N 12. P. 1236. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox9121236>

- Reyes F.M, Chávez-Servín JL, González-Coria C, Mercado-Luna A., Carbot K.T., Aguilera-Barreyro A., Ferriz-Martínez R., Serrano-Arellano J., García-Gasca T. (2018). Comparative account of phenolics, antioxidant capacity, α -tocopherol and anti-nutritional factors of amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) grown in the greenhouse and open field. *International Journal of Agriculture and Biology*, 20(11):2428-2436. <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.0786>
- Sarker U., Oba S., Alsanie W.F., Ahmed Gaber A. (2022). Characterization of phytochemicals, nutrients, and antiradical potential in slim amaranth. *Antioxidants*, Vol.11, № 6. P. 1089, <https://doi.org/10.3390/antiox11061089>
- Shodiev D. & Abduvalieva M. (2023). The Value Of Amaranth Food Additives In The Food Industry. *Texas Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 23, 67-71.
- Simakova O.O., Orel A.S., Laboiko V.O. (2023). Rekomendatsii shchodo zdorovoho kharchuvannia ta povnotsinnoho sposobu zdorovoho zhyttia. Tezy dopovidei mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Stalyi lantsiuh kharchuvannia ta bezpeka kriz nauku, znannia ta biznes». Kharkiv, 18.05.2023. P.186-188.
- Soriano-García M., Aguirre-Díaz I.S. (2019). Nutritional functional value and therapeutic utilization of Amaranth. *Nutritional value of amaranth*. Intech Open. Nutritional Functional Value and Therapeutic Utilization of Amaranth. Book Edited by Viduranga Y. Waisundara, <https://doi.org/10.5772/intechopen.86897>
- Soriano-García, M., & Aguirre-Díaz, I. S. (2019). Nutritional functional value and therapeutic utilization of Amaranth. In *Nutritional value of amaranth*. IntechOpen. P. 163.
- Tang Y., Li X., Chen P.X., Zhang B., Liu R., Hernandez M., Draves J., Marcone M.F., Rong Tsao R. (2016). Assessing the fatty acid, carotenoid, and tocopherol compositions of amaranth and quinoa seeds grown in Ontario and their overall contribution to nutritional quality. *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 64, N 5. P. 1103-1110. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b05414>
- Tang Y., Tsao R. (2017). Phytochemicals in quinoa and amaranth grains and their antioxidant, anti-inflammatory, and potential health beneficial effects: a review. *Mol. Nutr. Food Res.*, Vol. 61, N 7. Article ID 1600767. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201600767>
- Valachovič M., Hapala I. (2017). Biosynthetic Approaches to Squalene Production: The Case of Yeast. *Methods Mol. Biol.*, 1494: 95–106. DOI: 10.1007/978-1-4939-6445-1_7. PMID: 27718188.
- Zhu F.(2023) Amaranth proteins and peptides: biological properties and food uses. *Food Res. Int.*, Vol. 164. Article ID 112405. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.112405>

Отримано 21.08.2025 р., прийнято до друку 11.10.2025 р.

УДК 637.5

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.4.2025.84>

ВИКОРИСТАННЯ РОСЛИННОЇ КЛІТКОВИНИ У ТЕХНОЛОГІЇ М'ЯСНИХ ПАШТЕТІВ ЯК ЧИННИК ПІДВИЩЕННЯ ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ ТА СТАБІЛЬНОСТІ ПРОДУКТУ

Оксана Анатоліївна Топчій

кандидатка технічних наук, доцентка, доцентка кафедри технології м'яса і м'ясних продуктів

<https://orcid.org/0000-0002-4832-2709>

e-mail: oksanatopchii@ukr.net

Національний університет харчових технологій

01033 м. Київ, вул. Володимирська, 68, Україна

Тарас Володимирович Буячок

аспірант кафедри технології м'яса і м'ясних продуктів

<https://orcid.org/0009-0009-8998-9487>

e-mail: taraselegant@gmail.com

Національний університет харчових технологій

Юлія Петрівна Крижова

кандидатка технічних наук, доцентка, доцентка кафедри технології м'ясних, рибних та морепродуктів

<https://orcid.org/0000-0003-1165-8898>

e-mail: yuliya.kryzhova@ukr.net

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Ольга Анатоліївна Чернюшок

кандидатка технічних наук, доцентка, доцентка кафедри технології м'яса і м'ясних продуктів

<https://orcid.org/0000-0001-7384-3170>

e-mail: chernyushokolga@ukr.net

Національний університет харчових технологій

Євгенія Андріївна Шубіна

кандидатка технічних наук, асистентка кафедри технології м'яса і м'ясних продуктів

<https://orcid.org/0000-0002-7153-999X>

e-mail: yevheniiashubina9@gmail.com

Національний університет харчових технологій

Анотація. Актуальність проведених досліджень зумовлена зростанням попиту на продукти з підвищеною харчовою цінністю, збагачені рослинною сировиною. Поєднання нетрадиційних інгредієнтів із традиційними компонентами рецептури дає змогу отримати не лише продукти з покращеними функціональними властивостями, а й поліпшити їхні технологічні характеристики. Особливий науковий інтерес викликає виробництво м'ясних паштетів як продуктів комбінованого складу.

Метою дослідження було встановлення впливу суміші рослинної клітковини та гуарової камеді на функціонально-технологічні показники запечених м'ясних паштетів. Для досягнення поставленої мети були розроблені модельні рецептури паштетів, що містили яловичину I сорту, біле м'ясо курчат-бройлерів, купаж конопляної та соняшникової олій (у співвідношенні 60:40) та цибулю ріпчасту. У дослідних зразках варіювали вміст суміші рослинної клітковини (СКР), до складу якої входили насіння льону (40 %), насіння гарбуза (30 %) та клітковина розторопші (30 %), у кількості 5, 6 та 7 %. Кількість гуарової камеді як структуроутворювального компонента становила 1; 0,5 та 0,2 % відповідно.

Результати досліджень показали, що додавання рослинної клітковини сприяє покращенню функціонально-технологічних властивостей паштетів. Зокрема, зразок із вмістом 5 % клітковини та 1 % гуарової камеді характеризувався найвищими показниками вологоутримувальної здатності – 77,23 % до запікання та 76,44 % після запікання. Заміна частини м'ясної сировини на рослинні інгредієнти не спричиняє суттєвих змін рН, що стабілізувався в межах 5,93–5,98 після термічної обробки. Дослідження показників окиснювальної стабільності виявило, що зразок із 5 % клітковини мав найнижчі значення пероксидного (0,028 %J₂) та кислотного (2,32 мг КОН/г) чисел на п'яту добу зберігання. Водночас збільшення вмісту клітковини до 6–7 % призводило до інтенсифікації процесів окиснення.

Одержані результати підтверджують доцільність використання суміші рослинної клітковини у рецептурі м'ясних паштетів для покращення їхніх функціонально-технологічних властивостей і подовження терміну зберігання.

Ключові слова: паштети, рослинна клітковина, гуарова камедь, запікання, функціонально-технологічні показники

УДК 637.5

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.4.2025.72>

THE USE OF VEGETABLE FIBER IN THE TECHNOLOGY OF MEAT PATES AS A FACTOR IN INCREASING THE NUTRITIONAL VALUE AND STABILITY OF THE PRODUCT

Oksana Topchii

Ph.D. (Engineering)

<https://orcid.org/0000-0002-4832-2709>

e-mail: oksanatopchii@ukr.net

National University of Food Technologies

01033, 68 Volodymyrska Str., Kyiv, Ukraine

Taras Buyachok

<https://orcid.org/0009-0009-8998-9487>

e-mail: taraselegant@gmail.com

National University of Food Technologies

01033, 68 Volodymyrska Str., Kyiv, Ukraine

Yuliya Kryzhova

Ph.D. (Engineering)

<https://orcid.org/0000-0003-1165-8898>

e-mail: yuliya.kryzhova@ukr.net

National University of Life Resources and Environmental Sciences of Ukraine

03041, 15 Heroiv Oborony Str., Kyiv, Ukraine

Olga Chernyushok

Ph.D. (Engineering)

<https://orcid.org/0000-0001-7384-3170>

e-mail: chernyushokolga@ukr.net

National University of Food Technologies

01033, 68 Volodymyrska Str., Kyiv, Ukraine

Yevheniya Shubina

Ph.D. (Engineering)

<https://orcid.org/0000-0002-7153-999X>

e-mail: yevheniashubina9@gmail.com

National University of Food Technologies

01033, 68 Volodymyrska Str., Kyiv, Ukraine

Abstract. The relevance of the conducted research is determined by the growing demand for products with enhanced nutritional value, enriched with plant-based ingredients. Combining non-traditional raw materials with conventional formulations enables the creation of products with enhanced functional and technological properties. Particular scientific interest is focused on the production of meat pâtés as composite food products.

The aim of this study was to determine the effect of a mixture of plant fiber and guar gum on the functional and technological properties of baked meat pâtés. To achieve this aim, model pâté formulations were developed, containing beef (Grade I), chicken breast meat, a blend of hemp and sunflower oils (60:40), and onion. The content of the plant fiber mixture (PFM), consisting of flaxseed (40 %), pumpkin seed fiber (30 %), and milk thistle fiber (30 %), was varied at levels of 5, 6, and 7 %. The amounts of guar gum, used as a structure-forming agent, were 1.0, 0.5, and 0.2%, respectively.

The results showed that the addition of plant fiber improves the functional and technological characteristics of pâtés. The sample containing 5% fiber and 1% guar gum exhibited the highest water-holding capacity – 77.23% before and 76.44% after baking. The replacement of part of the meat raw material with plant ingredients did not significantly affect pH, which remained stable within the range of 5.93–5.98 after thermal treatment. Evaluation of oxidative stability revealed that the sample with 5 % fiber had the lowest peroxide (0.028 %J₂) and acid (2.32 mg KOH/g) values on the fifth day of storage. However, increasing the fiber content to 6–7 % accelerated oxidation processes.

The obtained results confirm the feasibility of using a plant fiber mixture in meat pâté formulations to enhance their functional and technological properties, as well as extend shelf life.

Keywords: pates, plant fiber, guar gum, baking, functional and technological properties

ВСТУП. Із зростанням уваги до здорового харчування сучасні споживачі все більше орієнтуються на продукти з підвищеною харчовою цінністю. Такі продукти належать до групи функціонально-оздоровчих харчових продуктів. Виробники м'ясної продукції намагаються задовольнити зростаючий попит шляхом комбінування сировини різного походження (Ursachi et al., 2020).

Одним із напрямів підвищення харчової цінності м'ясних продуктів є використання харчових волокон. Рослинні волокна є важливою складовою раціону людини, адже сприяють нормалізації обміну речовин і мають виражені функціональні властивості. Вважається, що продукти з оптимальним вмістом харчових волокон можуть бути віднесені до функціональних, що зумовлює актуальність подальших досліджень у цьому напрямі (An et al., 2022; Qin et al., 2021).

Однією з основних проблем під час розроблення рецептур м'ясних продуктів є високий вміст жиру, переважно насичених жирних кислот. Надмірне споживання насичених жирів і трансжирних кислот підвищує ризик розвитку серцево-судинних захворювань та цукрового діабету (Islam et al., 2019).

Окрім фізіологічної користі для організму людини, рослинні харчові волокна мають важливе технологічне значення. Зокрема, вони проявляють антиоксидантні властивості, що дозволяє уповільнювати процеси ліпідного окиснення у харчових системах (Das et al., 2020).

Одним із важливих аспектів під час створення м'ясних продуктів є формування їхньої структури. Серед рослинних структуроутворювачів перспективним напрямом є використання камедей, ефективність яких підтверджена низкою досліджень (Rather et al., 2020; Funami et al., 2023).

МЕТОЮ ДОСЛІДЖЕННЯ було визначення впливу суміші рослинної клітковини (насіння льону – 40 %, насіння гарбуза – 30 %, клітковина розторопші – 30 %) та гуарової камеді на функціонально-технологічні характеристики запечених паштетів із модифікованим складом інгредієнтів.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

- визначити вплив гуарової камеді та суміші рослинної клітковини на вміст води в паштетах до та після запікання;

- дослідити зміну вологов'язувальної здатності до та після термічної обробки;
- оцінити вплив добавок на рН паштетів;
- визначити динаміку зміни кислотного та пероксидного чисел у процесі зберігання запечених паштетів.
-

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ. Окиснення ліпідів у м'ясних системах є основним процесом, що зумовлює погіршення якості продукції. Унаслідок цього утворюються леткі жирні кислоти, які спричиняють появу неприємного запаху й присмаку, негативно впливаючи на органолептичні показники.

Крім того, процеси окиснення призводять до зміни кольору м'яса. Руйнування пігментів, зокрема міоглобіну, зумовлює зменшення інтенсивності червоного забарвлення, що знижує споживчу привабливість продукту. Текстура також може зазнавати змін – зменшується соковитість і ніжність, що знижує органолептичну якість готових виробів (Zamuz et al., 2018; Horita et al., 2018).

Таким чином, контроль окиснення ліпідів є ключовим завданням м'ясної промисловості для забезпечення стабільності якості та подовження терміну зберігання продукції (Domínguez et al., 2019).

Різні дослідження спрямовані на уповільнення процесів окиснення шляхом введення антиоксидантів природного або синтетичного походження (Lorenzo et al., 2018; Nikmaram et al., 2018). Природні антиоксиданти часто отримують із фруктів, чаю, трав, насіння, спецій, злакових та овочів (Manassis et al., 2020; Alirezalu et al., 2020; Awad et al., 2022). Наприклад, чорний перець виявляє антиоксидантну активність завдяки вмісту фенольних сполук (Feng et al., 2020; Lee et al., 2020). Встановлено також, що висівки та борошно з гірчиці містять понад 50 летких сполук із високою антиоксидантною активністю (Torrijos et al., 2022).

Для підвищення харчової цінності м'ясних продуктів і збільшення терміну їх зберігання перспективним є використання рослинної сировини, зокрема клітковини. Використання цитрусової та горохової клітковини у складі аналогів м'яса на основі рослинних білків сприяє покращенню реологічних властивостей продуктів (Li et al., 2023; Webb et al., 2022). Додавання соєвого борошна до курячих котлет покращує жирнокислотний профіль і подовжує термін зберігання (Sholpan et al., 2019).

Викликає науковий інтерес і комбінування клітковини з різних видів рослинної сировини (Stabnikova et al., 2021). За даними досліджень, розторопша характеризується високою антиоксидантною активністю завдяки значному вмісту фенольних кислот і флавоноїдів (Aziz et al., 2020). Встановлено, що додавання 10 % розторопші у паштетні системи покращує органолептичні показники та підвищує антиоксидантну стабільність продукту (Ferysiuk et al., 2020).

Насіння гарбуза має широкий спектр біологічної активності – протигельмінтні, протидіабетичні, протипухлинні властивості (Dotto and Chacha, 2020), а також є джерелом каротиноїдів, які позитивно впливають на стан шкіри та зору (Lyu et al., 2021). Введення насіння гарбуза до м'ясних і печінкових продуктів із птиці знижує вміст холестеролу (Ryapolova and Telenyk, 2023).

Насіння льону, як і інші олійні культури, є джерелом поліненасичених жирних кислот, токоферолів і фенольних сполук (Kiczorowska et al., 2019). Його використання сприяє зниженню глікемічного індексу продуктів (Mohammadi-Sartang et al., 2017).

Актуальним напрямом сучасної харчової науки є удосконалення рецептур м'ясних паштетів (Momchilova et al., 2019). Поєднання структуроутворювальних полісахаридів із рослинними компонентами дозволяє отримати вироби з поліпшеними функціонально-технологічними властивостями (Dinani et al., 2022). Значне місце серед таких полісахаридів посідають камеді. Заміна частини жиру ксантановою камеддю покращує жирнокислотний профіль м'ясних продуктів (Rather et al., 2020). Гуарова камедь підвищує стабільність емульсії у м'ясних продуктах на основі курятини (Gao et al., 2022), а також виявляє ефективність при виробництві знежирених свинячих фрикадельок (Li et al., 2023).

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ. Дослідження проводилися в умовах лабораторій кафедри технології м'яса та м'ясних продуктів Національного університету харчових технологій у 2023 році.

В процесі досліджень були змодельовані рецептури паштетів запечених з використанням суміші рослинної клітковини (СРК) та гуаровою камеддю. Рецептний склад дослідних зразків паштетів наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Рецептний склад дослідних зразків паштетів запечених

Сировина	Контроль	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3
Яловичина 1-го сорту, %	35	35	35	35
Біле м'ясо курчат-бройлерів, %	29	29	29	29
Купаж олій (конопляна 60 : соняшникова 40), %	4	4	4	4
Цибуля ріпчаста, %	5	5	5	5
Суміш клітковини рослинної (шрот насіння льону 40%, шрот насіння гарбуза 30%, клітковина розторопші 30%)	-	5	6	7
Гуарова камідь гідратована 1:35 з водою, %	-	1	0,5	0,2
Бульйон, %	27	21	20,5	19,8

Приготування паштетних мас проводили за класичною технологією. Для цього попередньо бланшовану м'ясну сировину подрібнюють та додають підготовлені інгредієнти згідно рецептури. Для виробництва паштетів суміш клітковин рослинної (СРК) включала шрот з насіння льону 40%, шрот з насіння гарбуза 30% та клітковину з насіння розторопші 30%, які гідратували 1:4 з водою. Гуарову камедь гідратували водою у співвідношенні 1:35.

Запікання проводили за допомогою духової шафи до температури 72 ± 2 °C у товщі продукту.

Вміст вологи визначали прискореним методом, а саме: 5 г зразку поміщали в контейнер і сушили протягом 1 години при 150°C.

Визначення вологостійкості проводили методом пресування 300 мг наважки протягом 10 хв.

Величину рН визначали за допомогою лабораторного рН-метра.

Ступінь окиснення ліпідів визначали за величиною пероксидного та кислотного чисел методом порційного титрування в присутності індикатору.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ. Проектування нових м'ясних продуктів з використанням рослинних інгредієнтів ставить питання про оптимальне поєднання усіх інгредієнтів у продукті. Використання рослинної сировини може не тільки поліпшувати харчову цінність та органолептичні показники, але й мати вплив на зміну функціонально-технологічних показників продуктів. Важливим показником для м'ясних продуктів є вміст вологи. Знаючи, що продукти мають природний високий вміст вологи (Aboagye et al., 2020), визначення ступінь її зв'язаності та кількісний вміст є визначним для отримання продуктів високої якості.

Зміна технологічних показників може виникнути у процесі технологічної обробки, що вказує на необхідність проведення досліджень паштетних мас до та після запікання.

Результати досліджень вмісту вологи представлені на рисунку 1.

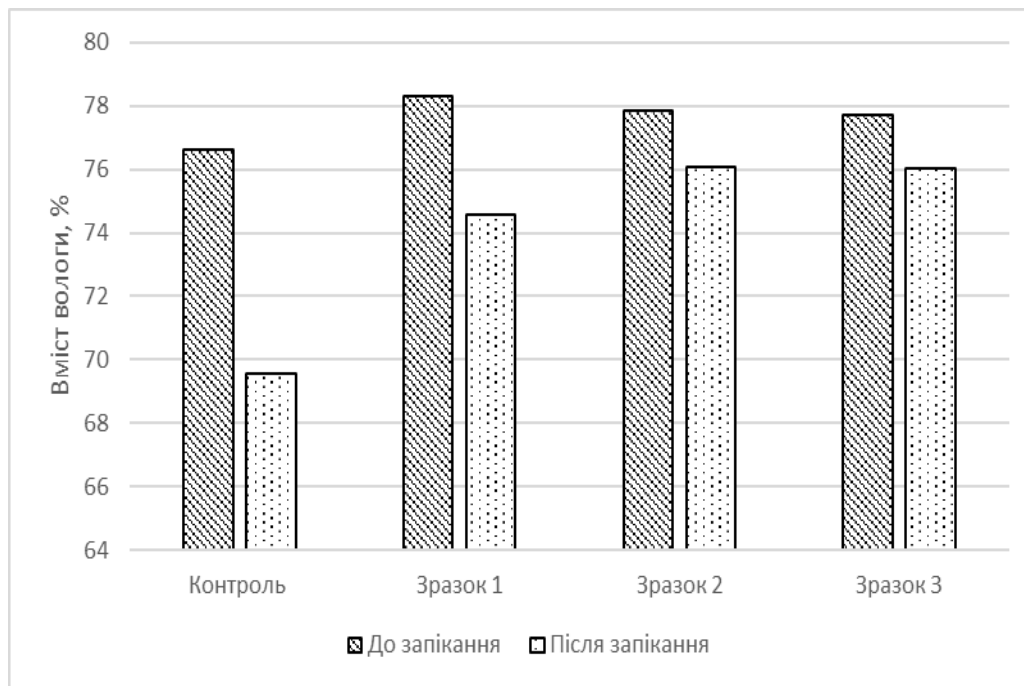


Рисунок 1. Значення вміст вологи у паштетах до та після запікання

На рисунку 1 наведено вміст вологи у м'ясних паштетах до та після запікання. Показано динаміку зміни масової частки вологи в контрольному зразку та модельних рецептурах із різним вмістом суміші рослинної клітковини та гуарової камеді. З представленої діаграми 1 видно, що усі зразки паштетів до запікання мали значення вмісту вологи 76,62–78,32 %. Усі зразки паштетних мас мають достатньо високий вміст вологи, наочно видно, що у дослідних зразках він значно більший за контрольний. Найбільший вміст вологи показує зразок №1 з найбільшим вмістом камеді та найменшим вмістом клітковини. Вміст вологи у дослідних рецептурах 2 та 3 відрізнялись лише на 0,15 %.

Після запікання усі паштети втратили масу вологи на 1,68–7,05 %. Усі зразки з використанням СРК та структуроформуючої добавки мали значно вищі показники вмісту вологи порівняно з контролем, де показник опустився до значення 69,57 %. Найбільш сталою після запікання виявилась рецептура №3 з найбільшою кількістю рослинної клітковини та вмістом камеді 0,2 %.

Вологозв'язуюча здатність паштетів має безпосередній вплив на реологічні й органолептичні показники готового продукту. Визначення даного показника проводилось у зразках до та після запікання. Було визначено вологозв'язуючу здатність відносно маси наважки (ВЗЗм) та відносно маси вологи в наважці. Отримані результати представлені на рисунках 2 та 3.

На рисунку 2 показана вологозв'язуюча здатність м'ясних паштетів до маси наважки. Наведено порівняння здатності модельних та контрольних зразків утримувати вологу до і після термічної обробки. З рисунка 2 видно, що модельні зразки рецептур мають значно вищі показники ВЗЗм порівняно з контролем на 16,33–17,92 % до запікання. Рецептури дослідних зразків з використанням СРК та камеді мали не значні відмінності, однак найкраще вологозв'язування показав зразок №1, значення якого було на рівні 77,23 %.

Процес запікання паштетних мас викликав підвищення вологи в усіх зразках, окрім рецептури 1, де ВЗЗм знизилось на 0,79 %. У свою чергу зразки 2 та 3 збільшили вологозв'язуючу здатність на 1,01 та 1,35 % відповідно.

При дослідженні вологозв'язуючої здатності виявлено, що модельні зразки мали вище значення до запікання на 16,33–17,92 % та 15,79–16,34 % після запікання. Визначення вологозв'язуючої здатності до маси вологи (ВЗЗв) є важливим показником для м'ясних продуктів та представлені на рисунку 3.

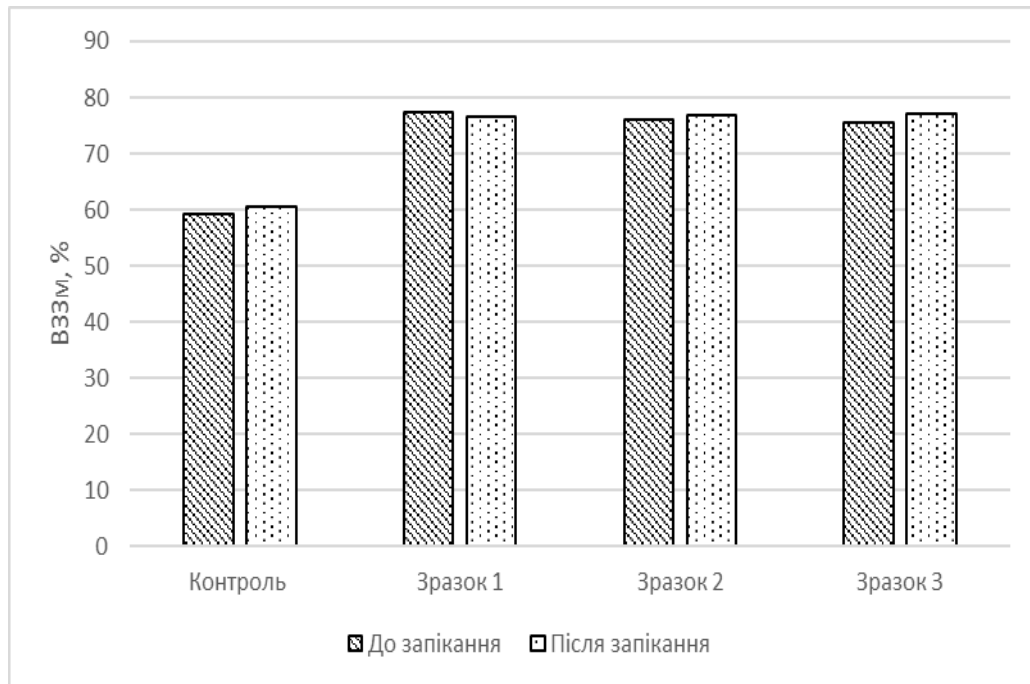


Рисунок 2. Значення вологозв'язуючої здатності до маси наважки у паштетах до та після запікання

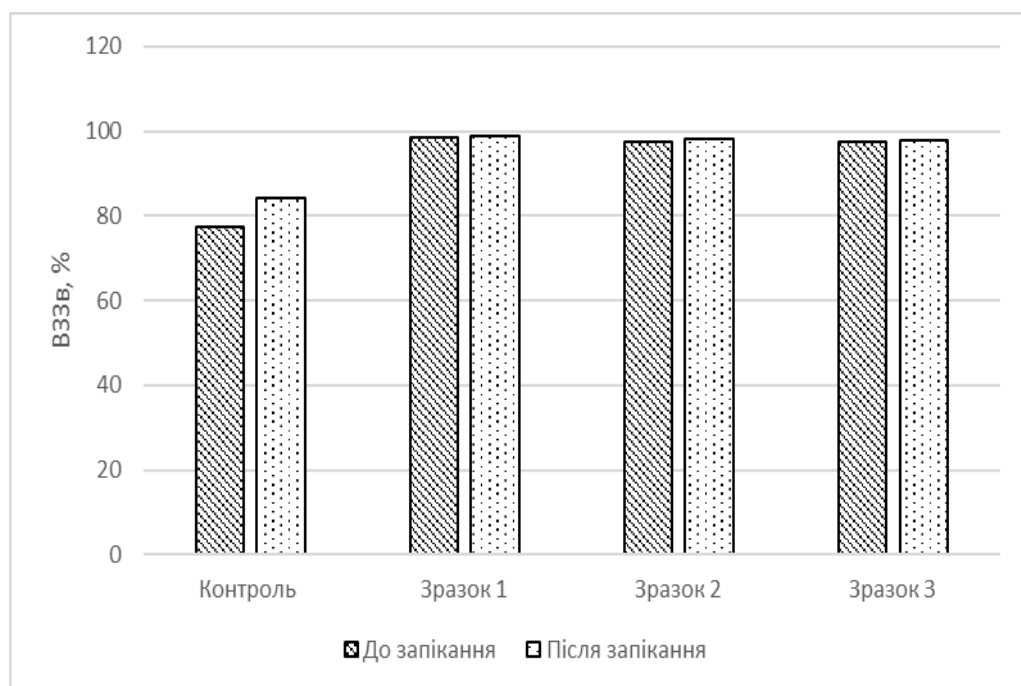


Рисунок 3. Значення вологозв'язуючої здатності до маси води в наважці у паштетах до та після запікання

На рисунку 3 показана вологозв'язуюча здатність до маси води в наважці. Розподіл води у структурі паштетних мас та зміни показника залежно від рецептури й запікання. Як видно з отриманої діаграми V33в у контрольному зразку значно менший за модельні зразки і знаходився на рівні 77,41 %, що є недостатнім для даного виду продукту. Рецептури у складі яких використовувалась рослинна клітковина та структуроформуючі полісахариди показали значно кращі показники V33в до запікання (97,33–98,61 %), що доводить ефективність такого поєднання. Найвищий показник V33в мав зразок №1.

Після запікання вологов'язуюча здатність усіх зразків після запікання зросла. У модельному зразку збільшення відбулось на 6,89 %, а зразках з рослинними інгредієнтами на 0,20–0,69 %, що свідчить про стабільність систем до термічного пливу.

Використання у складі м'ясних продуктів рослинних інгредієнтів здатен впливати на активну кислотність продукту. Зміна рН продукту, викликана використанням нетрадиційних інгредієнтів та технологічним впливом, здатне стати рушійною силою до процесів окиснення та подальшого псування.

Дослідження зміни рН у м'ясному паштеті проводили до та після запікання, результати представлені на рисунку 4.

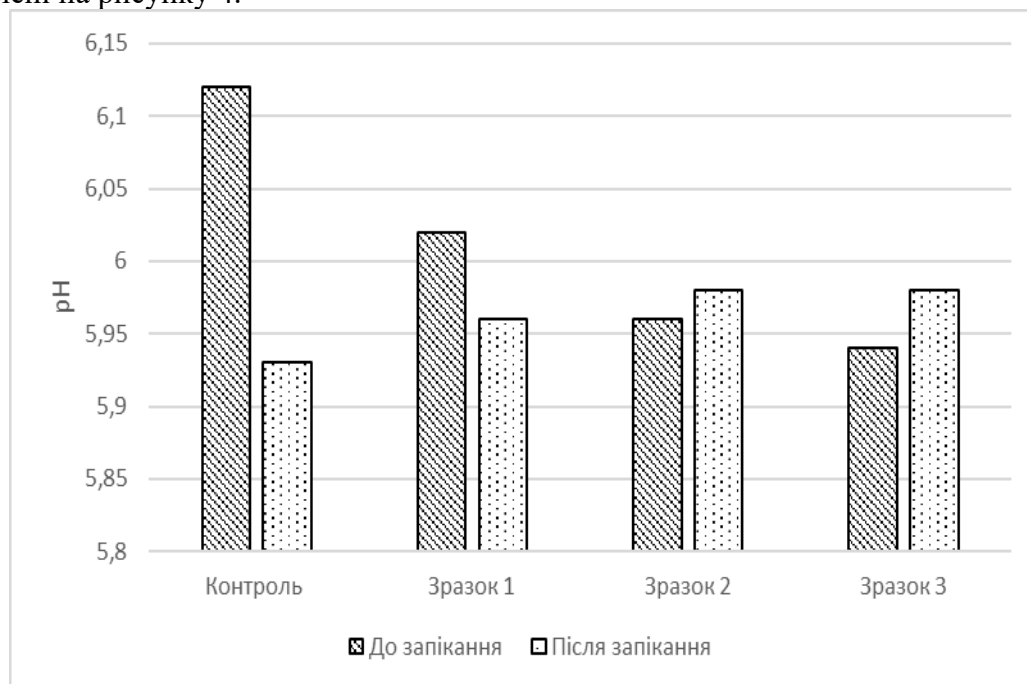


Рисунок 4. Значення рН у паштетах до та після запікання

На рисунку 4 показано величину рН м'ясних паштетів до та після запікання. Відображено вплив суміші рослинної клітковини та гуарової камеді на активну кислотність продукту. Як видно з отриманої діаграми на рисунку 4, активна кислотність у м'ясних паштетах до запікання знаходиться в межах норми. рН контрольного зразка був значні вищий за модельні рецептури та знаходився на рівні 6,12 рН. Рецептури з використанням рослинної сировини показали значення 6,02–5,94 рН. Наочно видно, що зменшення показника активної кислотності знижується зі збільшенням вмісту суміші клітковини рослинної.

Технологічний процес запікання виявив неоднозначний вплив на значення рН. Контрольний зразок зменшив свою активну кислотність на 0,19 рН, також зменшення показника спостерігалось у зразку №1 з вмістом СКР 5 % та 1 % гуарової камеді. Протилежні результати показали зразки 2 та 3 де рН збільшився до рівня 5,98, що на 0,04 та 0,02 більше за показники до теплової обробки.

Для дослідження впливу використання рослинної клітковини та камеді на окиснювальні процеси при зберіганні запечених паштетів. Термін придатності запечених паштетів складає 24 години згідно ДСТУ 4432:2005. Для вивчення перебігу деструктивних процесів в отриманих продуктах визначали величину пероксидного та кислотного числа на першу, третю і п'яту добу зберігання.

Пероксидне число є важливим кількісним показником наявності первинних продуктів окиснення – пероксидів та гідропероксидів – в жирах. Важливо відзначити, що на ранній стадії утворюються перекиси та гідроперокси, які суттєво не змінюють сенсорні (органолептичні) властивості жиру, зокрема смак і запах.

Перекисне число є корисним інструментом для визначення свіжості жиру і його ріст вказує початок окиснювального псування жиру. Вимірювання пероксидного числа дозволяє встановити, наскільки далеко зайшли окиснювальні процеси і допомагає передбачити тривалість зберігання жиромістивних продуктів та вчасно попереджати появу неприємного смаку та запаху, що відбувається пізніше внаслідок подальших окиснювальних реакцій (Pasichnyi et al., 2022).

Результати дослідження пероксидного числа запечених паштетів наведено на рисунку 5.

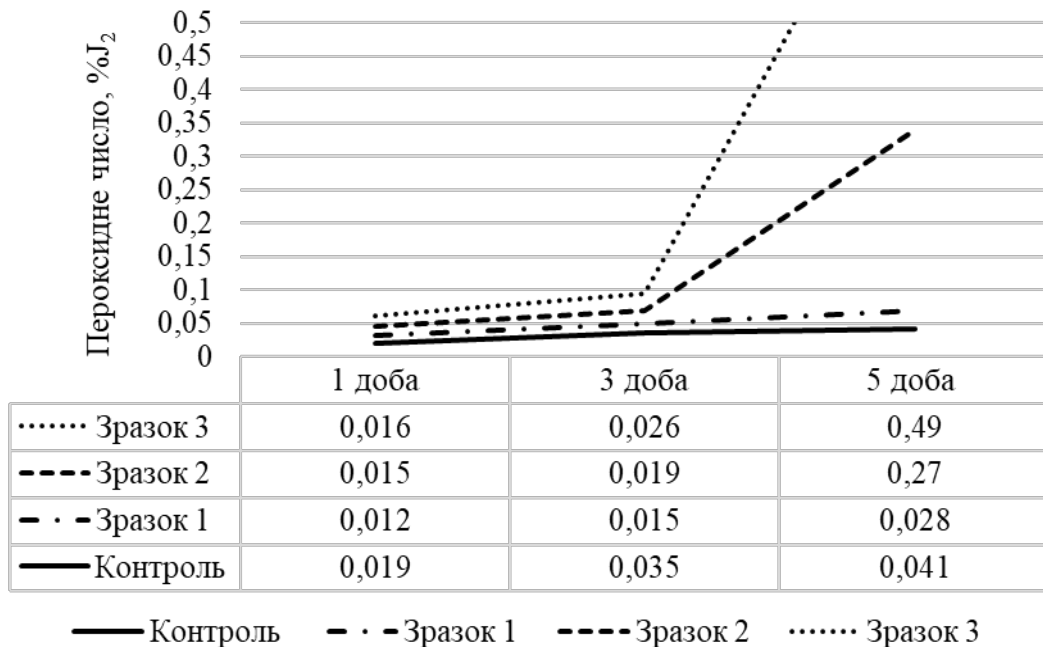


Рисунок 5. Значення пероксидного числа у запечених паштетах протягом 5 діб зберігання

Рисунок 5 демонструє динаміку пероксидного числа м'ясних паштетів протягом 5 діб зберігання у контрольному та модельних зразках. Згідно одержаних даних, початкове пероксидне число в усіх досліджуваних зразках було незначним і не перевищувало 0,019 %J₂. На третю добу зберігання зафіксовано зростання пероксидного числа усіх зразків. Найбільшу зміну показав контрольний зразок зі значенням 0,035 %J₂, а найкращим виявився зразок №1, де пероксидне число збільшилось до 0,015 %J₂. Серед модельних зразків вмістом рослинної сировини найвище значення пероксидного числа було в зразку №3, вміст СКР в якому становив 7 %.

На п'яту добу зберігання встановлено, що найвищі показники мали зразки №2 та №3, навіть у порівнянні з контролем. Найбільш стабільним на п'яту добу зберігання залишився зразок №1 з величиною пероксидного числа 0,028 %J₂, що вдвічі менше, чим в контрольному зразку.

Паралельно з моніторингом пероксидного числа, досліджували кінетику зростання киислотного числа. Кислотне число – це один з хімічних показників якості олій, жирів та продуктів з вмістом жиру. Кислотне число вказує на вміст карбонових кислот з різною довжиною ланцюга в продукті. Високе кислотне число вказує на наявність значної кількості кислих сполук, поява яких вказує на розвиток гідролітичних процесів. Це явище відоме як гідролітичне згіркнення, наслідком якого є поява неприємних запахів та смаку в продукті (Pasichnyi et al., 2022).

Дослідження кислотного числа в запечених паштетах проводили одночасно з визначенням пероксидного числа протягом 5 діб зберігання. Результати представлені на рисунку 6.

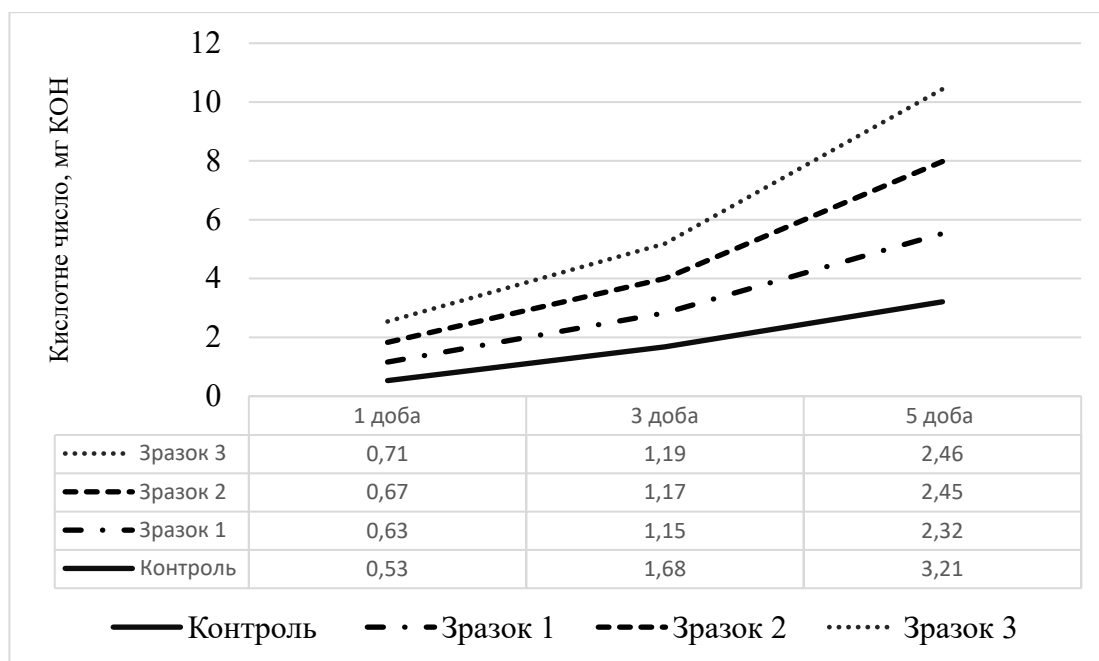


Рисунок 6. Значення кислотного числа у запечених паштетах протягом зберігання

На рис. 6 показано динаміку кислотного числа м'ясних паштетів протягом 5 діб зберігання. Величина кислотного числа в запечених м'ясних паштетах на першу добу зберігання не показала значних відмінностей зразків, всі значення знаходились в межах 0,53–0,71 мгКОН/г.

Після трьох діб зберігання визначення кислотного числа показало підвищення значення у контрольному зразку до рівня 1,68 мгКОН/г, а в паштетах з використанням СКР підвищення становило 1,15–1,19 мгКОН/г.

Після п'яти діб зберігання продукту, кислотне число в контрольному зразку показало збільшення на 1,53 мгКОН/г в порівнянні з попереднім значенням. Найнижче значення кислотного числа виявлене в зразку №1 на рівні 2,32 мгКОН/г.

Таким, чином, дослідження пероксидного та кислотного чисел протягом п'яти діб зберігання показало, що найкращі значення мав зразок №1, де використовувалось 5 % суміші клітковини рослинної та 1 % гуарової камеді. Однак збільшення вмісту рослинної сировини понад 5% призводить до погіршення як органолептичних, так і фізико-хімічних показників продукції в процесі зберігання.

Отримані результати демонструють суттєвий вплив суміші рослинної клітковини та гуарової камеді на функціонально-технологічні показники м'ясних паштетів. Загальна тенденція свідчить про те, що поєднання 5 % клітковини та 1 % гуарової камеді є оптимальним для стабілізації структури, покращення водоутримувальної здатності та уповільнення окисних процесів під час зберігання. Порівняння з іншими науковими дослідженнями дає змогу детальніше інтерпретувати ці результати.

Підвищення вмісту вологи та її утримання у дослідних зразках узгоджується з даними Aboagye et al. (2020), які зазначають, що природні властивості м'яса зумовлюють високий рівень вологи та залежність її стабільності від білково-жирової матриці продукту. У наших зразках до запікання вміст вологи становив 76,62–78,32 %, що на 1,2–1,7 % вище за контроль. Аналогічні тенденції спостерігали Augustyńska-Prejsnar et al. (2022), які показали, що додавання насіння льону та амаранту підвищує вологозв'язування у паштетах з птиці на 1,5–2,0 %. Таким чином, рослинні волокна у складі СКР проявили аналогічну дію.

Зміна вологозв'язуючої здатності (ВЗЗ) підтверджує ефективність поєднання рослинної клітковини зі структуроутворювальними полісахаридами. Наші дані свідчать, що до запікання ВЗЗм у модельних зразках була вищою за контроль на 16,33–17,92 %, а після запікання — на 15,79–16,34 %. Ці показники узгоджуються з результатами Funami et al. (2023), які показали,

що взаємодія білків та камедей формує стабільні гелеві структури, здатні ефективніше утримувати воду. Водночас Gao et al. (2022) також повідомляють, що додавання камедей підвищує гідратаційні властивості білків міофібрил у низькосольових системах. У нашому випадку саме зразок із найбільшим вмістом камеді (1 %) мав найвищу ВЗЗ, що підтверджує критичну роль гідроколоїдів.

Дещо інші тенденції спостерігались у зразках із більшим вмістом клітковини (6–7 %). Незважаючи на зростання масової частки рослинної сировини, ефект утримання вологи був нижчим, ніж у зразку з 5 %. Це може бути пов'язано із надмірним розбавленням білкової матриці, що також зазначали Momchilova et al. (2019), досліджуючи заміну жиру інуліном та борошном сочевиці. Вони встановили, що при перевищенні певної межі волокнисті компоненти можуть порушувати структуру білкової мережі, що знижує стабільність гелів.

Порівняння результатів рН показало, що введення 5–7 % рослинної клітковини знижує активну кислотність на 0,10–0,18 одиниці порівняно з контролем. Це узгоджується з даними Webb et al. (2022), які спостерігали подібне зниження рН у білково-рослинних системах із додаванням бобових волокон. Після запікання частина зразків (2 та 3) демонструвала невелике підвищення рН (на 0,02–0,04), що відрізняється від контролю. Подібне явище описують Rather et al. (2020), припускаючи, що полісахариди можуть частково зв'язувати протони або реагувати з низькомолекулярними кислотами. Це може пояснювати зміщення рН у наших зразках після термічної обробки.

Особливу увагу привертає вплив СКР і камеді на окиснювальні процеси. У нашому дослідженні зразок із 5 % клітковини мав найнижчі значення пероксидного (0,028 %J₂) та кислотного (2,32 мг КОН/г) чисел на п'яту добу зберігання, що узгоджується з численними даними щодо антиоксидантної активності рослинної сировини. Зокрема, Aziz et al. (2020) вказують на високий вміст фенольних речовин у розторопші, які здатні пригнічувати утворення гідропероксидів, а Dotto & Chacha (2020) описують антиоксидантну дію компонентів насіння гарбуза. Подібно до наших результатів, Ferysiuk et al. (2020) показали, що додавання 10 % розторопші до паштетних систем знижує продукти окиснення ліпідів на 20–30 % порівняно з контролем.

Натомість у зразках з 6–7 % СКР пероксидне число на п'яту добу було вищим не лише порівняно зі зразком 1, але й місцями перевищувало контроль. Аналогічні тенденції описують Manassis et al. (2020), наголошуючи, що надмірна кількість рослинних волокон може не лише втрачати антиоксидантний ефект, а й збільшувати кількість доступних ненасичених ліпідів, що здатні окиснюватися. Структурне розбавлення білково-жирової матриці може також призводити до менш рівномірного розподілу вологи та жиру, що сприяє локальній активації окисних процесів.

Таким чином, порівняння з літературними джерелами підтверджує, що оптимальна кількість структуроутворювальних рослинних інгредієнтів є ключовим чинником для стабільності м'ясних систем. Наші результати узгоджуються з даними багатьох авторів, проте відрізняються від окремих робіт масштабами ефектів. Наприклад, Ferysiuk et al. (2020) зазначали більш суттєве зниження окисних показників при 10 % додатку розторопші, тоді як у нашому випадку підвищення частки клітковини понад 5–6 % уже погіршувало якість. Це може бути пов'язано з особливостями поєднання трьох типів клітковини, різною часткою ліпідів у сировині та специфікою термообробки.

Сумарно, проведений аналіз показує, що саме поєднання 5 % СКР + 1 % гуарової камеді забезпечує найбільш збалансовану структуру, максимальну ВЗЗ та мінімальні значення окисних показників. Це підтверджує перспективність комбінування волокон різного походження зі структуроутворювальними полісахаридами для створення функціонально вдосконалених м'ясних продуктів.

ВИСНОВКИ. Проведені дослідження підтверджують доцільність використання суміші рослинної клітковини (насіння льону, гарбуза та розторопші) у поєднанні з гуаровою камеддю для підвищення функціонально-технологічних властивостей м'ясних паштетів.

Встановлено, що введення 5 % суміші клітковини рослинної та 1 % гуарової камеді забезпечує оптимальні показники вологоутримувальної здатності – 77,23 % до запікання та 76,44 % після термічної обробки, що свідчить про стабільність структури продукту під час теплового впливу.

Заміна частини м'ясної сировини на рослинну не впливає істотно на кислотність паштетів: після запікання показник рН залишається стабільним у межах 5,93–5,98, що забезпечує належну консистенцію та смакову збалансованість готового продукту.

Дослідження показників окиснювальної стабільності під час зберігання показало, що зразок із 5 % суміші клітковини мав найнижчі значення перекисного (0,028 %J₂) та кислотного (2,32 мгКОН/г) чисел на п'яту добу зберігання, що свідчить про уповільнення процесів ліпідного окиснення.

Збільшення концентрації рослинної клітковини понад 5 % спричиняє підвищення інтенсивності окисних процесів, що може негативно впливати на збереження якості готового продукту під час зберігання.

Отримані результати доводять, що використання суміші рослинної клітковини у кількості 5 % у поєднанні з 1 % гуарової камеді є технологічно доцільним для виробництва запечених м'ясних паштетів із поліпшеними вологоутримувальними, структурними та окислювальними характеристиками, а також із потенційно подовженим терміном зберігання.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на визначення оптимального співвідношення видів рослинної клітковини у складі СКР та оцінку їх синергічної дії в різних м'ясних системах. Перспективним є також вивчення впливу СКР і гуарової камеді на структурно-механічні та сенсорні характеристики паштетів протягом тривалішого зберігання, включно з моделюванням прогнозованої стабільності продукту. Доцільним є дослідження взаємодії клітковини з білками та ліпідами у мікроструктурному аспекті, що дозволить поглибити розуміння механізмів стабілізації системи. Крім того, перспективним напрямом є розширення застосування суміші клітковини в інших видах комбінованих м'ясних виробів і оцінка її впливу на їхню харчову ефективність та технологічні властивості.

References

- Aboagye, G., Zappaterra, M., Laghi, L., Dall'Olio, S., Petracci, M., & Nanni Costa, L. (2020). Water status in meat from pig breeds strongly differing in growth performances. *Food Chemistry*, 305, 125445. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125445>
- Alirezalu, K., Pateiro, M., Yaghoubi, M., Alirezalu, A., Peighambaroust, S. H., & Lorenzo, J. M. (2020). Phytochemical constituents, advanced extraction technologies and techno-functional properties of selected Mediterranean plants for use in meat products. A comprehensive review. *Trends in Food Science & Technology*, 100, 292–306. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.04.010>
- An, Y., Lu, W., Li, W., Pan, L., Lu, M., Cesarino, I., Li, Z., & Zeng, W. (2022). Dietary Fiber in Plant Cell Walls—The Healthy Carbohydrates. *Food Quality and Safety*. <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyab037>
- Augustyńska-Prejsnar, A., Ormian, M., Sokołowicz, Z., & Kaćaniová, M. (2022). The Effect of the Addition of Hemp Seeds, Amaranth, and Golden Flaxseed on the Nutritional Value, Physical, Sensory Characteristics, and Safety of Poultry Pâté. *Applied Sciences*, 12(10), 5289. <https://doi.org/10.3390/app12105289>
- Awad, A. M., Kumar, P., Ismail-Fitry, M. R., Jusoh, S., Ab Aziz, M. F., & Sazili, A. Q. (2022). Overview of Plant Extracts as Natural Preservatives in Meat. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46 (8), 16796. <https://doi.org/10.1111/jfpp.16796>
- Aziz, M., Saeed, F., Ahmad, N., Ahmad, A., Afzaal, M., Hussain, S., Mohamed, A. A., Alamri, M. S., & Anjum, F. M. (2020). Biochemical profile of milk thistle (*Silybum Marianum* L.) with special reference to silymarin content. *Food Science & Nutrition*, 9, 244–250. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1990>

- Das, A. K., Nanda, P. K., Madane, P., Biswas, S., Das, A., Zhang, W., & Lorenzo, J. M. (2020). A comprehensive review on antioxidant dietary fibre enriched meat-based functional foods. *Trends in Food Science & Technology*, 99, 323–336. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.010>
- Dinani, S. T., Broekema, N. L., Boom, R., & van der Goot, A. J. (2022). Investigation potential of hydrocolloids in meat analogue preparation. *Food Hydrocolloids*, 108199. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108199>
- Domínguez, R., Pateiro, M., Gagaoua, M., Barba, F. J., Zhang, W., & Lorenzo, J. M. (2019). A Comprehensive Review on Lipid Oxidation in Meat and Meat Products. *Antioxidants*, 8(10), 429. <https://doi.org/10.3390/antiox8100429>
- Dotto, J. M., & Chacha, J. S. (2020). The potential of pumpkin seeds as a functional food ingredient: A review. *Scientific African*, 10, Стаття e00575. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00575>
- Feng, Y., Dunshea, F. R., & Suleria, H. A. R. (2020). LC-ESI-QTOF/MS characterization of bioactive compounds from black spices and their potential antioxidant activities. *Journal of Food Science and Technology*, 57(12), 4671–4687. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04504-4>
- Ferysiuk, K., Wójciak, K. M., & Materska, M. (2020). Phytochemical profile of *Silybum marianum* (L.) Gaertn and *Graminis rhizoma* and its influence on the bioactivity and shelf life of industrially produced pâté. *International Journal of Food Science & Technology*, 55(4), 1586–1598. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14385>
- Funami, T., Nakano, K., Maeda, K., Yamasaki, H., & Nakauma, M. (2023). Characteristics of O/W emulsion gels stabilized by soy protein-xanthan gum complex for plant-based processed meat products. *Journal of Texture Studies*, 54 (3), 428–439. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12757>
- Gao, T., Zhao, X., Li, R., Bassey, A., Bai, Y., Ye, K., Deng, S., & Zhou, G. (2022). Synergistic effects of polysaccharide addition-ultrasound treatment on the emulsified properties of low-salt myofibrillar protein. *Food Hydrocolloids*, 123, 107143. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107143>
- Horita, C. N., Baptista, R. C., Caturla, M. Y. R., Lorenzo, J. M., Barba, F. J., & Sant'Ana, A. S. (2018). Combining reformulation, active packaging and non-thermal post-packaging decontamination technologies to increase the microbiological quality and safety of cooked ready-to-eat meat products. *Trends in Food Science & Technology*, 72, 45–61. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.12.003>
- Kiczorowska, B., Samolińska, W., Andrejko, D., Kiczorowski, P., Antoszkiewicz, Z., Zając, M., Winiarska-Mieczan, A., & Bąkowski, M. (2019). Comparative analysis of selected bioactive components (fatty acids, tocopherols, xanthophyll, lycopene, phenols) and basic nutrients in raw and thermally processed camelina, sunflower, and flax seeds (*Camelina sativa* L. Crantz, *Helianthus* L., and *Linum* L.). *Journal of Food Science and Technology*, 56(9), 4296–4310. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03899-z>
- Lee, J.-G., Chae, Y., Shin, Y., & Kim, Y.-J. (2020). Chemical composition and antioxidant capacity of black pepper pericarp. *Applied Biological Chemistry*, 63(1). <https://doi.org/10.1186/s13765-020-00521-1>
- Li, Y., Cheng, Q., Guo, J., Wang, J., & Yang, X. (2023). Structuring meat analogs by citrus fiber with reduced salt intake. *Journal of Food Science*, 88, 3204–3215. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16690>
- Li, Y., Guo, J., Wang, Y., Zhang, F., Chen, S., Hu, Y., & Zhou, M. (2023). Effects of hydrocolloids as fat-replacers on the physicochemical and structural properties of salt-soluble protein isolated from water-boiled pork meatballs. *Meat Science*, 204, 109280. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109280>
- Lorenzo, J. M., Munekata, P. E. S., Sant'Ana, A. S., Carvalho, R. B., Barba, F. J., Toldrá, F., Mora, L., & Trindade, M. A. (2018). Main characteristics of peanut skin and its role for the preservation of meat products. *Trends in Food Science & Technology*, 77, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.04.007>

- Lyu, Y., Bi, J., Chen, Q., Wu, X., Qiao, Y., Hou, H., & Zhang, X. (2021). Bioaccessibility of carotenoids and antioxidant capacity of seed-used pumpkin byproducts powders as affected by particle size and corn oil during in vitro digestion process. *Food Chemistry*, 343, 128541. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128541>
- Manassis, G., Kalogianni, A. I., Lazou, T., Moschovas, M., Bossis, I., & Gelasakis, A. I. (2020). Plant-Derived Natural Antioxidants in Meat and Meat Products. *Antioxidants*, 9(12), 1215. <https://doi.org/10.3390/antiox9121215>
- Mohammadi-Sartang, M., Sohrabi, Z., Barati-Boldaji, R., Raeisi-Dehkordi, H., & Mazloom, Z. (2017). Flaxseed supplementation on glucose control and insulin sensitivity: a systematic review and meta-analysis of 25 randomized, placebo-controlled trials. *Nutrition Reviews*, 76(2), 125–139. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nux052>
- Momchilova, M., Gradinarska, D., Petrova, T., Zsivanovits, G., Bakalov, I., Penov, N., & Yordanov, D. (2019). INULIN AND LENTIL FLOUR AS FAT REPLACERS IN MEAT-VEGETABLE PÂTÉ – A MIXTURE DESIGN APPROACH. *Carpathian Journal of Food Science and Technology*, 11(3), 5-14. <https://doi.org/10.34302/cptjfst/2019.11.3.1>
- Mumyapan, M., Aktaş, N., & Gerçekaslan, K. E. (2022). Seed pumpkin flour as a dietary fiber source in Bologna-Type sausages. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46, e16586. <https://doi.org/10.1111/jfpp.16586>
- Nikmaram, N., Budaraju, S., Barba, F. J., Lorenzo, J. M., Cox, R. B., Mallikarjunan, K., & Roohinejad, S. (2018). Application of plant extracts to improve the shelf-life, nutritional and health-related properties of ready-to-eat meat products. *Meat Science*, 145, 245–255. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.06.031>
- Novgorodska, N., Solomon, A., & Bernyk, I. (2021). Quality assessment of minced meat systems using vegetable raw materials. *FOOD RESOURCES*, 9(17), 119–128. <https://doi.org/10.31073/foodresources2021-17-12>
- Pasichnyi, V., Bozhko, N., Tischenko, V., Marynin, A., Shubina, Y., Svyatnenko, R., Haschuk, O., & Moroz, O. (2022). Studying the influence of berry extracts on the quality and safety indicators of half-smoked sausages. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(11(115)), 33–40. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.252369>
- Qin, W., Sun, L., Miao, M., & Zhang, G. (2021). Plant-sourced intrinsic dietary fiber: Physical structure and health function. *Trends in Food Science & Technology*, 118, 341–355. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.09.022>
- Rather, S. A., Masoodi, F. A., Rather, J. A., Akhter, R., Gani, A., & Ganaie, T. A. (2020). Effects of xanthan gum, canning and storage period on fatty acid profile and cholesterol oxidation of emulsified low-fat meat product of India. *Food Chemistry*, 128450. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128450>
- Ryapolova, I. O., & Telenyk, Ya. S. (2023). SENSORY INDICATORS OF THE QUALITY AND SAFETY OF THE DESIGNED COMBINED MEAT PATES. *Taurian Scientific Herald. Series: Technical Sciences*, (3), 70–78. <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.3.9>
- Sholpan, A., Lamas, A., Cepeda, A., & Franco, C. M. (2019). Raw poultry meatballs with soya flour: Shelf life and nutritional value. *Foods and Raw Materials*, 396–402. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2019-2-396-402>
- Stabnikova, O., Marinin, A., & Stabnikov, V. (2021). Main trends in application of novel natural additives for food production. *Ukrainian Food Journal*, 10(3), 524–551. <https://doi.org/10.24263/2304-974x-2021-10-3-8>
- Torrijos, R., Righetti, L., Cirlini, M., Calani, L., Mañes, J., Meca, G., & Dall'Asta, C. (2022). Phytochemical profiling of volatile and bioactive compounds in yellow mustard (*Sinapis alba*) and oriental mustard (*Brassica juncea*) seed flour and bran. *LWT*, 114221. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114221>
- Ursachi, C. Ș., Perța-Crișan, S., & Munteanu, F.-D. (2020). Strategies to Improve Meat Products' Quality. *Foods*, 9(12), 1883. <https://doi.org/10.3390/foods9121883>

- Webb, D., Dogan, H., Li, Y., & Alavi, S. (2022). Use of legume flours and fiber for tailoring structure and texture of pea protein-based extruded meat alternatives. *Journal of Food Science*, 88, 57–71. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16397>
- Zamuz, S., López-Pedrouso, M., Barba, F. J., Lorenzo, J. M., Domínguez, H., & Franco, D. (2018). Application of hull, bur and leaf chestnut extracts on the shelf-life of beef patties stored under MAP: Evaluation of their impact on physicochemical properties, lipid oxidation, antioxidant, and antimicrobial potential. *Food Research International*, 112, 263–273. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.06.053>

Отримано 25.08.2025 р., прийнято до друку 15.11.2025 р.

УДК: 633.19:664.8

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.4.2025.99>

НАСІННЯ ЧІА, КІНОА ТА ЛЬОНУ ЯК ФУНКЦІОНАЛЬНІ ІНГРЕДІЄНТИ СИРКОВИХ ПАСТ

Семен Володимирович Толок

аспірант

<https://orcid.org/0009-0004-3023-8041>

*Національний університет біоресурсів і природокористування України
03041, Україна, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15*

Анотація. В Україні останніми роками спостерігається стале зростання попиту на продукти профілактичного та оздоровчого харчування, функціональна дія яких спрямована на попередження розвитку поширених хронічних захворювань. З метою надання харчовим продуктам оздоровчої, лікувальної або лікувально-профілактичної спрямованості у їх рецептури включають сировину, збагачену біологічно активними речовинами – вітамінами, мінеральними елементами, поліненасиченими жирними кислотами, антиоксидантами, амінокислотами, харчовими волокнами, пробіотичними культурами тощо.

Молоко та молочні продукти займають провідні позиції у сегменті функціональних харчових продуктів і демонструють найбільш динамічний розвиток завдяки високому вмісту біологічно активних речовин, здатних покращувати здоров'я та підтримувати фізіологічні функції організму. Досліджено тенденції розвитку молочної галузі за останні роки та вплив війни на загальний обсяг молока і молокопродуктів, динаміку зміни асортиментного ряду, окреслено перспективи розвитку галузі. Враховуючи технологічні, економічні та споживчі переваги, обґрунтовано доцільність створення нових кисломолочних продуктів, зокрема сиркових паст.

Метою роботи є вивчення доцільності використання нетрадиційної сировини природного походження в технології сиркових паст функціонального призначення. Хімічний склад насіння визначався за допомогою загальноприйнятих стандартних методів аналізу, а отримані результати були піддані статистичній обробці з оцінкою точності, правильності та повторюваності вимірювань, що забезпечує надійність і достовірність отриманих даних. Встановлено, що використання насіння чіа, кіноа та льону при розробці нових кисломолочних продуктів сприяє підвищенню їхньої біологічної цінності, покращенню амінокислотного й жирнокислотного складу, а також збагаченню вітамінами та мінеральними елементами.

Використання насіння як одного з природних збагачувачів у рецептурах сиркових паст дозволяє підвищити їх амінокислотний та жирнокислотний профіль, а також значно збільшити вміст харчових волокон, що сприяє стабілізації продукту без застосування додаткових харчових добавок. Відсутність глютену у всіх досліджуваних зразках насіння відкриває можливість створення функціональних продуктів харчування, придатних для людей з целиакією.

Практична цінність роботи полягає в науковому обґрунтуванні доцільності використання насіння чіа, кіноа та льону при розробці рецептур сиркових паст з метою регулювання вмісту біологічно активних сполук та покращення технологічних характеристик продукту.

Ключові слова: функціональні продукти, насіння, чіа, кіноа, льон, сиркова пастпа, хімічний склад, біологічна цінність.

UDC: 633.19:664.8

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.4.2025.99>

CHIA, QUINOA, AND FLAX SEEDS AS FUNCTIONAL INGREDIENTS IN CURD-BASED SPREADS

Semen Tolok

Postgraduate Student

<https://orcid.org/0009-0004-3023-8041>

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

15 Heroiv Oborony St., Kyiv, 03041, Ukraine

Abstract. In recent years, Ukraine has experienced a steady increase in demand for preventive and health-promoting foods, whose functional effects are aimed at preventing the development of common chronic diseases. To impart health-enhancing, therapeutic, or prophylactic properties to food products, their formulations include raw materials enriched with biologically active compounds—such as vitamins, minerals, polyunsaturated fatty acids, antioxidants, amino acids, dietary fibers, and probiotic cultures.

Milk and dairy products hold leading positions in the functional food segment and demonstrate the most dynamic development due to their high content of biologically active substances capable of improving health and supporting physiological functions. The trends in the dairy industry over recent years have been analyzed, including the impact of the war on overall milk and dairy production, the dynamics of product assortment changes, and the prospects for sector development. Considering technological, economic, and consumer advantages, the rationale for developing new fermented dairy products, particularly curd-based pastes, has been substantiated.

The aim of this study was to investigate the feasibility of using unconventional natural raw materials in the technology of functional curd-based pastes. The chemical composition of seeds was determined using standard analytical methods, and the obtained results were subjected to statistical processing to assess the accuracy, trueness, and repeatability of measurements, ensuring the reliability and validity of the data. It was found that the inclusion of chia, quinoa, and flax seeds in the development of new fermented dairy products contributes to an increase in their biological value, improves the amino acid and fatty acid profile, and enriches them with vitamins and minerals. The use of seeds as one of the natural enrichers in curd-based paste formulations allows for enhancement of the amino acid and fatty acid profile, as well as a significant increase in dietary fiber content, which stabilizes the product without the addition of synthetic additives. The absence of gluten in all tested seed samples enables the creation of functional foods suitable for individuals with celiac disease.

The practical significance of this work lies in the scientific justification for using chia, quinoa, and flax seeds in curd-based paste formulations to regulate the content of biologically active compounds and improve the technological characteristics of the product.

Keywords: functional foods, seeds, chia, quinoa, flax, curd-based spread, chemical composition, biological value.

ВСТУП. Молоко та молочні продукти належать до найцінніших і найбільш збалансованих харчових продуктів, оскільки містять необхідний комплекс незамінних нутрієнтів, рекомендованих для споживання людьми різних вікових груп. Їхня висока харчова цінність зумовлена значним вмістом білків, жирів, низки вітамінів, а також макро- та мікроелементів.

Рівень розвитку молочної галузі є одним із ключових показників продовольчої безпеки держави, адже саме ця галузь забезпечує населення основними продуктами харчування – молоком, сирами, маслом, кисломолочними виробами, йогуртами тощо. Ці продукти виступають важливим джерелом повноцінних білків, жирів, вітамінів і мінералів, а також

цінною сировиною для виробництва широкого асортименту харчових продуктів у суміжних галузях харчової промисловості.

Сучасний стан розвитку молочного виробництва в Україні, на жаль, характеризується низкою негативних тенденцій. Унаслідок воєнних дій спостерігається скорочення поголів'я корів і кіз, а також втрата частини молокопереробних підприємств. За даними Спілки молочних підприємств України (СМПУ), на сьогодні у галузі функціонує лише близько двох третин від загальної кількості діючих раніше виробництв (Ivashyna, 2024).

Так, загальні обсяги виробництва молока в Україні, зафіксовані Держстатом у 2024 році, становлять 7,25 мільйонів тонн – натомість у 2018 році вони перевищували 10 мільйонів тонн (рис.1).

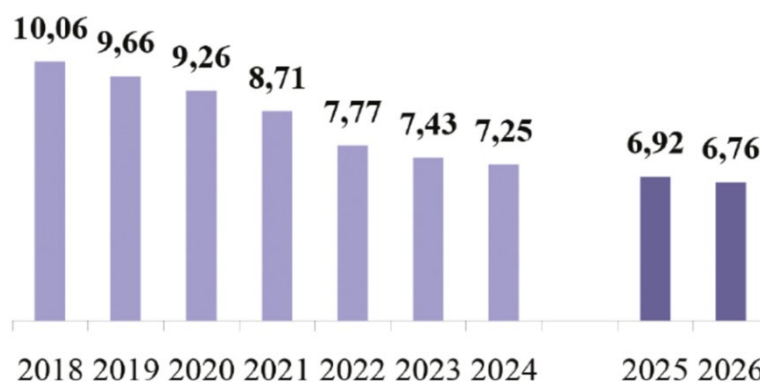


Рисунок 1. Обсяги виробництва молока в Україні (млн.т)

Джерело: Кухалейшвілі, 2025

Згідно з офіційною статистикою, загальне виробництво молока в Україні в 2024 році скоротилося майже на 17% проти показників 2021 року. Динаміка до скорочення об'ємів виробництва прослідковується протягом останніх чотирьох років, але менш інтенсивно.

Водночас у сегменті підприємств спадний тренд уже змінився на висхідний: з минулого року – у частині обсягів виробництва молока (зростання 6%+), а з цього року – у частині поголів'я молочних корів (зростання в межах до +1%) (Tulush, 2025)

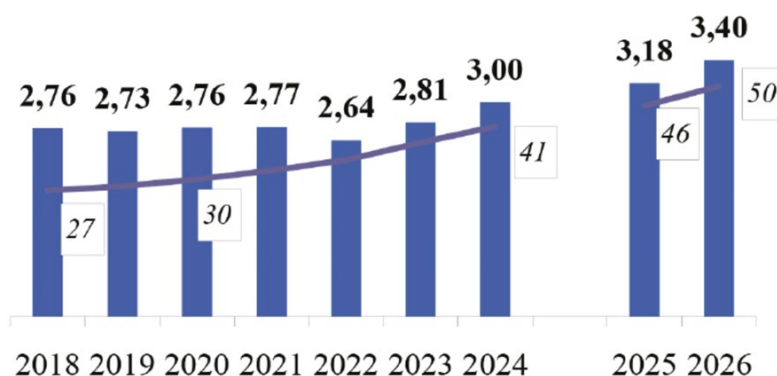


Рисунок 2. Обсяги виробництва молока сільськогосподарськими підприємствами (млн.т) та їх частки у загальних обсягах виробництва молока в Україні

Джерело: Kukhaleishvili, 2025

Як наслідок, 2024 року обсяги виробництва молока підприємствами вперше за багато років збільшилися до 3,0 млн тонн, а цього року, за прогнозами, вони наблизяться до рівня 3,2 млн тонн (+15,5% до усередненого показника 2018–2021 рр.).

Відповідно, якщо частка підприємств у загальних обсягах виробництва молока в Україні до середини 2010-х рр. не перевищувала 25%, то торік вона перевищила 41%, а цього року, за прогнозами, сягне 46%, а наступного – зросте до 50%.

Разом з тим, відслідковується інвестиційна активність сільгосппідприємств, розміщених у центральних і західних регіонах України з орієнтацією українських виробників харчових продуктів, у тому числі й молока та молочних продуктів, на випуск органічних продуктів та продуктів з доданою вартістю. Така співпраця активізує виведення вітчизняних продуктів на зовнішній ринок та забезпечує їхню високу якість (Kapustina, 2022).

Щодо структури виробництва молокопродуктів (рис. 3), то найбільшу частку молокосировини, що надходить на промислову переробку, спрямовують на виробництво масла / молочних жирів (у парі із СЗМ / казеїном) (понад третину), ще майже третину – на виробництво різноманітних сирів (у парі із сироваткою), близько чверті – на продукти із цільного молока (без його зневоднення), залишок (7–8%) – на виробництво продуктів на основі зневоднення цільного молока (СНМ, згущеного молока тощо).

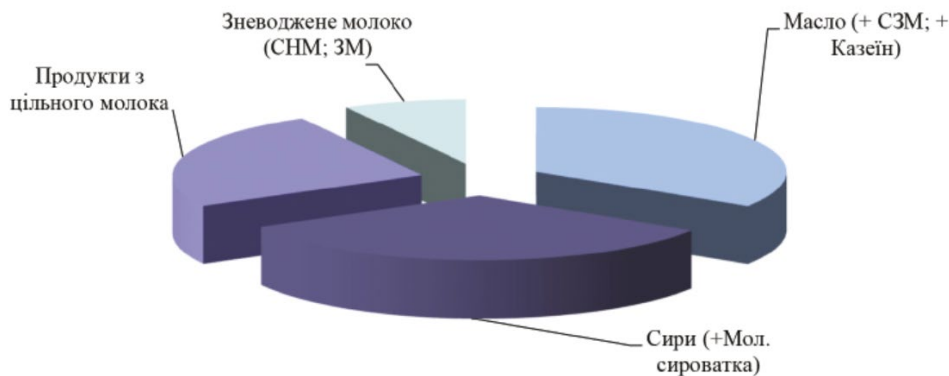


Рисунок 3. Структура виробництва молокопродуктів 2024 року (%)

Джерело: Tulush, 2025.

Значна частина молока перетворюється на сир, ключову категорію ферментованих молочних продуктів, що має значну економічну та харчову цінність.

Відповідно до ДСТУ 4554:2006, сир кисломолочний – це білковий кисломолочний продукт, що містить переважно казеїн та сироваткові білки і який виробляють сквашуванням молока заквашувальними препаратами із застосуванням способів кислотної або кислотнo-сичужної коагуляції білка. Зазначений стандарт поширюється на кисломолочний сир, який виробляють із коров'ячого пастеризованого молока.

Основною сировиною для виробництва сиру є:

- а) молоко знежирене з кислотністю не більше 20°Т, одержане з коров'ячого молока;
- б) вершки, одержані з коров'ячого молока;
- в) закваски або заквашувальні препарати прямого внесення;
- г) пепсини харчові;
- д) препарати ферментні;
- е) хлорид кальцію двоводний, хлорид кальцію фармакопейний, хлорид кальцію технічний безводний не нижче 1 гатунку;
- є) вода питна.

Кисломолочний сир залежно від масової частки жиру поділяють на дві групи: а) кисломолочний сир нежирний; б) кисломолочний сир з масовою часткою жиру понад 2% до 18%.

Оскільки кисломолочний сир – це білковий продукт (у сирі міститься 14 - 18% білка), то він може бути корисним навіть у знежиреному вигляді. Білок сиру містить незамінні амінокислоти, а також мінеральні речовини, серед яких особливо важливі – кальцій і фосфор, які легко засвоюються саме з цього продукту. Кисломолочний сир містить корисні для організму людини молочнокислі бактерії, але їх наявність обмежує термін зберігання продукту.

Протягом тривалого часу кисломолочні продукти, зокрема сир, сприймаються споживачами як максимально наближені до раціонально збалансованого харчування, оскільки забезпечують оптимальне співвідношення енергетично важливих нутрієнтів – білків, жирів та вуглеводів. Водночас їх споживчі та вітамінно-мінеральні характеристики не повністю відповідають сучасним вимогам здорового харчування, що зумовлює необхідність їх удосконалення шляхом введення нових компонентів із певним фізіологічним ефектом.

У зв'язку з цим особливої актуальності набуває розроблення нових молочних продуктів з функціональними властивостями, призначених для різних категорій споживачів – зокрема для осіб із порушенням обміну речовин (низькокалорійні продукти, вироби зі зниженим вмістом жиру, збагачені природними антиоксидантами), а також для підвищення опірності організму до захворювань. Основними функціональними компонентами харчових продуктів є клітковина, поліненасичені жирні кислоти, фітохімічні речовини, активні пептиди, пребіотики та пробіотики (Betoret, 2021).

Створення сирних продуктів із використанням функціональних інгредієнтів рослинного походження є перспективним і актуальним напрямом розвитку харчової промисловості. Зокрема, розроблення низькокалорійних, високобілкових сирних виробів з додаванням насіння, що поліпшує хімічний склад і біологічну цінність продукту, має значний потенціал (Slozhenkina, 2019).

Високі оздоровчі властивості насіння зумовлені їх унікальним хімічним складом, який включає значну кількість незамінних амінокислот, поліфенольних сполук, вітамінів і мінеральних елементів. Завдяки поєднанню цих компонентів ці добавки розглядають як цінне джерело біологічно активних речовин і символічно називають «золотим насінням XXI століття» (Nadathur, 2016).

Токоферолі, каротиноїди, аскорбати, поліфеноли та терпеноїди – це природні фітокомпоненти, які використовуються як альтернативні терапевтичні засоби для лікування багатьох захворювань, спричинених оксидативним стресом (Noreen et al., 2023). Антиоксиданти насіння захищають організм від окислювального стресу, вільних радикалів, передчасного старіння (Pandya et al., 2023). За вмістом антиоксидантів насіння шавлії іспанської випереджає навіть свіжі ягоди чорниці (Diakonova & Stepanova, 2016). З огляду на це, підвищений вміст цих компонентів у насінні є інструментом не тільки для корекції харчових, технологічних та сенсорних характеристик продуктів, але й надавати їм лікувально-профілактичне спрямування.

Враховуючи високу біологічну цінність, здатність утворювати стійкі колоїдні структури доцільним є дослідження можливості використання продуктів переробки насіння льону, чіа та кіноа у виробництві молочних продуктів комбінованого складу.

За результатами досліджень хімічного складу і біологічної цінності насіння чіа, кіноа та льону накопичено багато даних, розроблено ряд кулінарних рецептів, де насіння використовується у цілому, подрібненому або розмеленому вигляді. Дієтологи та науковці з технології харчування провели порівняльний аналіз хімічного складу насіння за харчовою і біологічною цінністю з продуктами, які є найкращими постачальниками певних біологічно цінних речовин, і їх використання в якості збагачувачів є обґрунтованим і доцільним рішенням..

За результатами аналізу патентної інформації України встановлено, що насіння чіа, кіноа та льону активно використовується у харчовій промисловості як збагачувальні інгредієнти у виробництві соусів (Atanova and Usatyuk, 2020), м'ясних та рибних продуктів (Peshuk et al., 2019; Baran and Galenko, 2019; Peshuk and Gashchuk, 2020), кондитерських виробів (Romanovska & Nakman, 2016; Panchenko & Usatyuk, 2019). Борошно з кіноа та льону входить до складу хлібобулочних виробів, харчових концентратів, закусочок, а також використовується як природний загусник (Bolgova, 2025; Shapovalenko, 2015; Kravtsova, 2014).

У світовій практиці лідерами з переробки насіння чіа та кіноа є США, Канада, Австралія і Нова Зеландія. Слід зазначити, що в країнах Європи значно активніше використовують

насіння льону. Науковцями досліджено харчову і біологічну цінність насіння льону та його використання в якості білкового збагачувача харчових продуктів. Відомі дослідження процесу екстрагування слизових оболонок із насіння льону різними екстрагентами і подальшим визначенням складу екстрактивних речовин (Kajla, Sharma & Sood, 2015; Goyal & Sharma, 2014).

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ. Методологічною основою дослідження є системний підхід до аналізу сучасного стану ринку молока і молочних продуктів в Україні, порівняльний аналіз статистичних даних виробництва та споживання, а також структурно-функціональний аналіз наукових джерел щодо створення функціональних харчових продуктів, зокрема сиркових паст підвищеної біологічної цінності.

Інформаційна база дослідження :

- монографії, наукові статті вітчизняних та зарубіжних учених, присвячені питанням технології виробництва морозива та функціональних харчових продуктів;
- матеріали міжнародних конгресів, симпозіумів і науково-практичних конференцій, що висвітлюють сучасні досягнення в області харчових технологій та нутриціології;
- патенти, авторські свідоцтва на інноваційні рецептури та технологічні рішення з використанням насіння чіа, кіноа та льону;
- статистичні дані Державної служби статистики України, профільних асоціацій та міжнародних аналітичних агенцій, що характеризують стан і динаміку вітчизняного ринку молока і молочних продуктів;
- результати власних досліджень.

У якості об'єктів дослідження використовували ціле та подрібнене насіння чіа, кіноа та льону. Подрібнення зразків здійснювали з подальшим просіюванням у три етапи: через сито №1 розміром частинок 1,0 мм, потім через сито №2 – 0,7 мм, і завершальний етап – через сито №3 з розміром частинок 0,5 мм.

Вміст білка у подрібненому насінні чіа, кіноа та льону визначали методом К'ельдаля згідно з вимогами ДСТУ ISO 1871:2001 «Загальні методи визначення азоту», що передбачає три етапи досліджень:

- мінералізацію концентрованою сульфатною кислотою за наявності каталізатора;
- дистиляцію - відгонку аміаку у борну кислоту;
- титрування розчином хлоридної кислоти.

Масову частку білка розраховували за вмістом загального азоту з використанням коефіцієнтів перерахунку, прийнятих для змішаних харчових систем (загальний коефіцієнт 6,25).

Масову частку жиру в насінні визначали методом холодного екстрагування за Сокслетом відповідно до ДСТУ 7577:2014. Екстракцію здійснювали гексаном до повного вилучення жирової фракції. Жир висушували до сталої маси та виражали у відсотках до маси зразка.

Вміст загальних вуглеводів визначали розрахунковим методом як різницю між 100 % та сумою вмісту білків, жирів, золи та вологи відповідно до вимог ДСТУ 4661:2006 (методика розрахунку харчової цінності).

Вміст харчових волокон визначали ферментативно-гравіметричним методом згідно з ДСТУ ISO 5498:2004 «Продукти харчові сільськогосподарські. Загальний метод визначення вмісту сирової клітковини» та методами АОАС 985.29 та 991.43. Метод передбачає послідовний ферментативний гідроліз зразка α -амілазою, протеазою та амілазою, відокремлення розчинної та нерозчинної фракцій, висушування залишку до сталої маси та гравіметричне визначення вмісту волокон.

Для визначення біологічної цінності білків оцінювали загальний вміст незамінних амінокислот в насінні та їх жирнокислотний склад.

Вологоутримувальну здатність (ВУЗ) зразків визначали методом замочування проб у дистильованій воді у співвідношенні 1:10 у центрифужних пробірках. Проби витримували при

кімнатній температурі протягом 4 годин, після чого проводили центрифугування для відокремлення надлишкової вологи.

Статистичний аналіз результатів проводили за вимогами ДСТУ ISO 5725-2:2005 щодо точності, правильності та повторюваності вимірювань.

Усі вимірювання виконували у трьох повторностях ($n = 3$), після чого обчислювали середнє значення (M) та стандартне відхилення (SD).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ. Необхідність комбінування харчових продуктів обумовлена не тільки сучасними проблемами харчової промисловості (дефіцит повноцінної сировини та її низька якість, неповне перероблення усіх складових компонентів), але й необхідністю забезпечення споживачів функціональним харчовим раціоном на фоні недостатнього споживання білку, вітамінів, мікро- та мікроелементів й інших незамінних нутрієнтів.

При розробці композиційних сумішей слід дотримуватися комплексного підходу, враховуючи низку ключових вимог: добавки рослинного походження повинні не лише надавати позитивний вплив на біологічні та фізіологічні процеси в організмі людини, а й бути економічно доцільними, доступними у необхідних обсягах, стабільними за якістю та легко інтегрованими в технологічний процес виробництва.

Насіння сьогодні користується значною популярністю як харчова добавка завдяки високій концентрації білків, поліненасичених жирних кислот, клітковини та різноманітних біологічно активних сполук (Kulczyński et al., 2019; Nadathur, 2016; Ullah et al., 2016). Через це його активно використовують у продуктах функціонального спрямування як природний збагачувач, що підвищує харчову цінність та біологічну активність продукції (Motyka et al., 2023; Agarwal et al., 2023).

У класичних технологіях сиркових паст обов'язковим рецептурним компонентом є стабілізатор або стабілізаційна система. Як правило, багатократне зв'язування вільної вологи - основний технологічний ефект подібних добавок ~ властиве широкому колу полісахаридів (пектину, крохмалю та його хімічним модифікаціям, агару, альгінату, каррагенану, камедям та ін.), та деяким білковим сполукам - желатину, концентратам молочних білків та ін. Подібні речовини, що мають досить високу вартість, постачають з-за кордону та застосовують згідно рекомендаціям виробників у кількостях від 0,2 до 1,5 %. Тому виникла ідея: для зменшення використання синтетичних стабілізаторів у виробництві сиркових паст підвищеної біологічної цінності запропоновано застосовувати сировину рослинного походження, що містить камеді та слизові речовини. Ці компоненти здатні покращувати реологічні властивості сумішей, сприяючи формуванню потрібної текстури. Додатковою перевагою використання рослинних добавок є збагачення продуктів харчування харчовими волокнами та іншими баластними речовинами, що позитивно впливає на функціональну цінність виробів.

З метою розроблення нових технологій комбінованих харчових продуктів на молочній основі, зокрема, кисломолочного сиру, був проведений аналіз складу насіння та псевдонасіння: чіа, кіноа та льону. Насіння не лише сприяє оптимізації хімічного складу продуктів, що є важливим критерієм їх харчової цінності, але й виконує низку додаткових функцій. Зокрема, воно може слугувати стабілізатором текстури, проявляти антимікробну активність і діяти як природний консервант, тим самим підвищуючи безпечність і тривалість зберігання готової продукції (Nitrayová et al., 2014; Peshuk et al., 2019).

В процесі дослідження виявлено, що фізико-технологічні властивості насіння значною мірою залежать від багатьох факторів: сортових властивостей, ґрунтово-кліматичних умов, технології вирощування, фази стиглості. Вміст макронутрієнтів у дослідних зразках та калорійність насіння представлені в таблиці 1. Дані таблиці свідчать, що насіння чіа, кіноа та льону характеризуються низьким вмістом вуглеводів і підвищеним вмістом білків, ліпідів, харчових волокон. Так, вміст білка в насінні може коливатися орієнтовно від 14% до 18%, залежно від виду насіння, а також залежно від умов вирощування кожної культури,

температури та вологості. Білки насіння демонструють добру засвоюваність (78,9%), що можна порівняти з казеїном (88,6%) та вище, ніж у білків, що містяться в кукурудзі (66,6%), рисі (59,4%), пшениці (52,7%) або амаранті (90%) (Agarwal et al., 2023).

Насіння та псевдозлаки часто включають до складу продуктів харчування, щоб задовольнити попит споживачів на безглютенові продукти. Цей ринок за останні роки демонструє експоненціальне зростання через збільшення кількості захворювань, пов'язаних зі споживанням глютену (целиакія), нецелиакійську чутливість до глютену та алергію на пшеницю, а також підвищений попит з боку верств населення, які обирають безглютенову дієту, оскільки вона вважається здоровішою. (Mystkowska et al., 2024). Наведені факти додатково підтверджують доцільність використання насіння в якості збагачувальної безглютенової добавки для створення продуктів підвищеної біологічної цінності.

Таблиця 1. Порівняльна характеристика хімічного складу насіння

Показник	Види насіння		
	Чіа	Кіноа	Льон
Білки (г/100 г сухої речовини)	15,9 ± 0,08	13,62 ± 0,07	17,8 ± 0,09
Ліпіди (г/100 г сухої речовини)	30,7 ± 0,16	5,92 ± 0,03	41, 6 ± 0,21
Вуглеводи (г/100 г сухої речовини)	42,8 ± 0,22	67,21 ± 0,34	29,1 ± 0,15
Харчові волокна (г/100 г сухої речовини)	34,7 ± 0,18	7.4 ± 0,04	27.1 ± 0,14
Енергетична цінність (ккал/100 г сухої речовини)	511 ± 2,56	376,60 ± 1,88	562 ± 2,81

Джерело: власні дослідження

Амінокислотний склад білків насіння чіа, кіноа та льону представлений у таблиці 2.

Таблиця 2. Вміст незамінних амінокислот у насінні, г/100 г

	Чіа	Кіноа	Льон
Аргінін	2.14	0,758	1,92
Гістидин	0,53	0,033	0,47
Ізолейцин	0,80	0,404	0,90
Лейцин	1.37	0,561	1,24
Лізін	0,97	0,480	0,86
Метіонін	0,59	5,360	0,37
Фенілаланін	1.02	0,253	0,96
Треонін	0,71	0,071	0,77
Триптофан	0,44	0,38	0,29
Валін	0,95	0,571	1,07
Цистин	0,41	0,35	0,34
Тирозин	0,56	0,130	0,49
Аланін	1.04	0,654	0,93

Джерело: Nitrayová et al., 2014, Kraievska et al., 2018.

Аналіз амінокислотного складу підтвердив наявність 10 екзогенних амінокислот, серед яких найбільший вміст спостерігався для аргініну, лейцину, фенілаланіну, валіну та лізину. Білки в насінні також багаті на ендogenous амінокислоти, головним чином цистин, тирозин та аланін. Різниця в вмісті окремих амінокислот між насінням не була статистично значущою ($P < 0,05$). Відсоток незамінних амінокислот до загальної кількості, який вважається показником якості білка, становив 37,87%, 33,76% та 35,18% для насіння чіа, льону та кіноа відповідно, що свідчить про високу якість цих білків (Gebremeskal and Nadtchii, 2024).

Особливий інтерес представляє профіль жирних кислот. Він характеризується високим вмістом поліненасичених жирних кислот, головним чином α -ліноленової кислоти (ALA), яка становить приблизно 60% усіх жирних кислот (табл.3).

Таблиця 3. Вміст жирних кислот у насінні, г/100 г

	Чіа	Кіноа	Льон
Насичені ЖК			
Пальмітинова кислота (C16:0)	7.1	-	2,17
Стеаринова кислота (C18:0)	3.24	1,03	1,33
Мононенасичені жири (МНЖК)			
Пальмітолеїнова кислота (C16:1)	0,2	-	0,09
Олеїнова кислота (C18:1 – ω -9)	10.53	27,6	7,36
Ейкозенова кислота (20:1)	0,16		0,07
Поліненасичені			
Лінолева кислота (C18:2 – ω -6)	20.37	5,7	5,9
Ліолена кислота (C18:3 – ω -3)	59,76	54,9	58.2
Ейкозадієнова кислота (20:2)	0,08		0,07
ПНЖК	80,4	73,63	60,6
Співвідношення n-6/n-3	0,35	0,3	0,32

Джерело: Nitrayová et al., 2014, Gebremeskal and Hadtochii, L. A., 2024

Лінолева, олеїнова та пальмітинова кислоти містяться в менших кількостях. Насіння чіа має більший вміст омега-3 кислот, ніж насіння льону. Так, насіння чіа містить в кілька разів більше жирів, ніж зернові культури, з найвищим рівнем омега-3 жирних кислот, до складу яких входить 41-59 % альфа-ліноленової (омега-3), 18-25 % лінолевої (омега-6) кислоти. У порівнянні з іншими продуктами, які вважаються багатими на вміст омега-3, кількість жирних кислот цього сімейства в насінні чіа майже в 2 рази більше, ніж в ікрі лосося, в 3 рази більше, ніж в печінці тріски і в 42 рази більше, ніж в оливковій олії. Вміст омега-3 жирних кислот в насінні чіа становить в середньому 21 %, в той час як у насінні льону – тільки 17 % (Kulczyński and Kobus-Cisowska, 2019).

Також слід наголосити на вигідному співвідношенні омега-6 та омега-3 кислот, яке становить приблизно 0,35:0,3: 0,32 (Nitrayová et al., 2014).

Ще однією цінністю добавок із чіа, кіноа і льону є вміст у них харчових волокон. Як відомо, харчові волокна - клітковина, пектин геміцелюлоза - сприяють зменшенню калорійності раціону, знижують негативну дію на обмінні процеси у людей, що споживають у надлишку жири і вуглеводи, допомагають регулювати моторну функцію кишечника. Харчові волокна абсорбують та виводять з організму людини різні хімічні, в тому числі й канцерогенні речовини.

До важливих фізико-хімічних характеристик насіння чіа, кіноа і льону відноситься водопоглинаюча та водоутримуюча здатність. Насіння обох культур містить багато слизу – розчинної клітковини, яка добре набухає і желує у воді. На молекулярному рівні у складі слизу завжди домінують такі прості цукри як ксилоза, арабіноза, галактоза, рамноза, глюкоза. При замочуванні насіння у воді відбувається утворення однорідної гелеподібної маси. Такі властивості водорозчинної клітковини насіння дозволяють широко використовувати її у дієтичному харчуванні. Вживання такого слизу з насінням забезпечує фізичний бар'єр між травними ферментами та їжею, що сприяє більш повільному перетравленню вуглеводів, а отже підтримується низький рівень цукру у крові, що є дуже важливим для попередження розвитку цукрового діабету (Diakonova, et al., 2025).

З технологічної точки зору, структура сиркових паст є одним із ключових показників якості, оскільки невідповідність їхніх реологічних характеристик може призводити до збільшення кількості відбракованої продукції, непридатної для подальшого фасування, зберігання та реалізації.

З метою обґрунтування доцільності використання рослинної сировини у складі сиркових паст підвищеної харчової та біологічної цінності проведено порівняння структурно-механічних властивостей цілого та подрібненого на різні фракції (0,5; 0,7 і 1,0 мм) насіння.

У результаті досліджень встановлено, що на рівень вологоутримувальної здатності дослідних зразків впливають такі чинники:

- **ступінь подрібнення** – дрібніші частинки характеризуються істотно вищими показниками;
- **температура гідратації** – оптимальний діапазон становить 40–60 °С;
- **pH середовища** – найбільш сприятливі значення pH = 4–5;
- **тривалість гідратації** – оптимальна в межах 30–60 хв.

Таблиця 4. Вологоутримуюча здатність цілого та подрібненого насіння чіа, кіноа та льону

	Вологоутримуюча здатність (W, %)			
	Ціле насіння	Подрібнене насіння		
		№ 1	№ 2	№ 3
Чіа	820 ± 41	1000 ± 50	1250 ± 63	1470 ± 74
Кіноа	160 ± 8	220 ± 11	280 ± 14	310 ± 16
Льон	340 ± 17	510 ± 26	600 ± 30	750 ± 38

Джерело: власні дослідження

Дані таблиці 4 корелюють з даними таблиці 1. Так, вміст харчових волокон найвищий у насінні чіа ($34,7 \pm 0,18$ г/100 г сухої речовини), завдяки чому спостерігається найвища вологоутримуюча здатність (820 - 1470%). При гідратації формується гель (густий колоїд), що може утримувати велику кількість води навіть без термообробки.

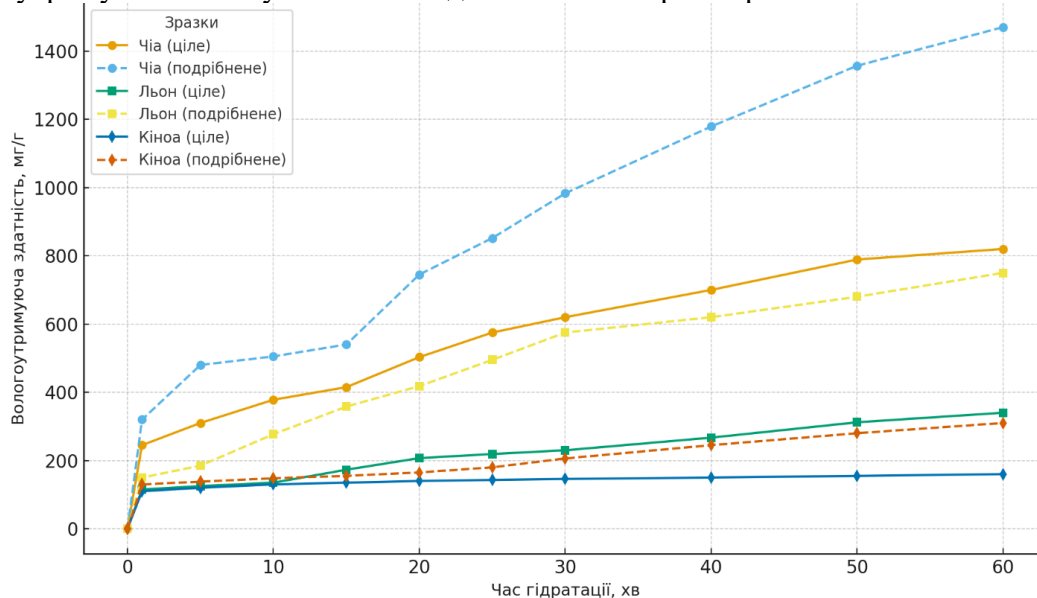


Рисунок 4. Залежність вологоутримуючої здатності та часу гідратації насіння цілого та подрібненого

Джерело: розроблено автором.

Кіноа містить близько 7,4 % клітковини, тому її *W* нижча, ніж у чіа. Проте показник волоутримання може зростати після термічної обробки або ферментативної модифікації.

Вологуютримуюча здатність льону (340 – 750%) обумовлена вмістом слизів (суміші гомо- і гетерополісахаридів та поліуронидів, які легко набухають у воді, муциляжів), целюлози, геміцелюлози та білків. Слизові речовини насіння льону містять волокнисті матеріали (діаметром 18 – 45 нм, які розтягуються у присутності води).

У складі насіння міститься значна кількість водорозчинних речовин вуглеводної природи, наявність яких обумовлює зміну ступеню набухання і приросту маси у всіх дослідних зразках. (рис.4). При гідратації проходить утворення в'язких розчинів. Видно, що кількість гелю збільшувалася у подрібненого насіння порівняно з цілим у всіх трьох видах. Процес набухання насіння чіа в цілому і подрібненому вигляді відбувається найбільш інтенсивно протягом перших 30 хвилин з наступною стабілізацією показників в наступні пів години. (що корелює з даними таблиці 2). Показники набухання льону і кіноа більш рівномірні, але відрізняються кількістю гелю, що утворювався в процесі дослідження - найнижчі показники набухання в зразках насіння кіноа, оскільки в них найнижчий вміст клітковини.

Названі технологічні характеристики у поєднанні з оздоровчими властивостями насіння підтверджують доцільність його використання як одного з компонентів-збагачувачів у рецептурі молочно-рослинних продуктів. Використання насіння дозволяє підвищити функціональні властивості продукту, покращити його харчову цінність та водночас зменшити собівартість виробництва, що робить технологію більш економічно ефективною та привабливою для промислового впровадження (Orona-Tamayo et al., 2017; Gaikwad et al., 2025).

ВИСНОВКИ. На основі аналізу сучасного стану ринку молочних продуктів України визначено основні тенденції розвитку галузі, а також окреслено напрями вдосконалення та розширення асортименту функціональних молочно-рослинних продуктів.

Для обґрунтування доцільності використання насіння чіа, кіноа та льону як функціональних добавок у рецептурах сиркових паст на основі кисломолочного знежиреного сиру проведено дослідження їхнього хімічного складу, амінокислотного та жирнокислотного профілю, а також визначено параметри гідратації цілого та подрібненого насіння.

Встановлено, що поєднання білкової молочної основи зі збагачувачами рослинного походження є перспективним напрямом у створенні продуктів підвищеної харчової та біологічної цінності. Використання розмеленого насіння чіа, кіноа та льону сприяє покращенню структурно-механічних властивостей сиркових паст, а також збагачує їх цінними нутрієнтами – білками, харчовими волокнами, ненасиченими жирними кислотами та мікроелементами.

Завдяки своєму складу, включення цих видів насіння до складу нових продуктів не лише підвищує їх функціональну цінність, але й позитивно впливає на органолептичні показники – надає виробам приємного аромату, смаку та більш виразної текстури. Отримані результати можуть бути використані для подальшої розробки технологій функціональних молочно-рослинних продуктів з підвищеною біологічною ефективністю.

Подяки. Немає.

Конфлікт інтересів. Немає.

References

Agarwal, A., Rizwana, Tripathi, A. D., Kumar, T., Sharma, K. P., & Patel, S. K. S. (2023). Nutritional and functional new perspectives and potential health benefits of quinoa and chia seeds. *Antioxidants* (Basel, Switzerland), 12(7), 1413. <https://doi.org/10.3390/antiox12071413>

- Atanova, Y. O., & Usatyuk, S. I. (2020). Mayonnaise with chia seeds (Patent of Ukraine No. 142993). Ukrainian National Office for Intellectual Property and Innovations. <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1442876/>
- Baran, D. I., & Galenko, O. O. (2019). Boiled sausages with chia seeds and nutmeg (Patent of Ukraine No. 139269). Ukrainian National Office for Intellectual Property and Innovations. <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1399032/>
- Betoret, E., Betoret, N., Vidal, D., & Fito, P. (2021). Functional foods development: Trends and technologies. *Trends in Food Science & Technology*, 22(9), 498–508. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.06.003>
- Bolgova, N. V. (2025). Method for producing bread from wheat flour with quinoa flour (Patent of Ukraine No. 159063). Ukrainian National Office for Intellectual Property and Innovations. <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1852546/>
- Diakonova, A. K., & Stepanova, V. S. (2016). Comparative analysis of the biological value and water-holding capacity of chia and flax seeds. *Food Industry*, (19), 40–45. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Khp_2016_19_10
- Ditrih, I. V., & Iskandarova, I. R. (2019). Fish cutlets with quinoa (Patent of Ukraine No. 138948). Ukrainian National Office for Intellectual Property and Innovations. <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1396100/>
- DSTU 4554:2006. (2006). Sour milk cheese. Specifications [Standard]. Ukrainian State Standards.
- DSTU 7577:2014. (2014). Oilseeds–Determination of oil content by Soxhlet extraction method. Retrieved from https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=89229
- DSTU ISO 1871:2003. (2003). Foodstuffs–General guidance on the determination of nitrogen content by the Kjeldahl method. Retrieved from https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=85579
- DSTU ISO 5498:2004. (2004). Foodstuffs–General method for the determination of crude fiber content. Retrieved from https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=85581
- DSTU ISO 5725-2:2005. (2005). Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results–Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method (IDT, GOST ISO 5725-2:2003). Retrieved from <https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html>
- Gaikwad, A., Shere, P. D., Ghodke, S. V., & Agrawal, R. (2025). Comparative analysis of physical, functional, and nutritional properties of selected super seeds. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 10(1). <https://www.foodsciencejournal.com>
- Gebremeskal, Y. H., Nadtochii, L. A., Eremeeva, N. B., Mensah, E. O., Kazydub, N. G., Soliman, T. N., Baranenko, D. A., El-Messery, T. M., & Tantawy, A. A. (2024). Comparative analysis of the nutritional composition, phytochemicals, and antioxidant activity of chia seeds, flax seeds, and psyllium husk. *Food Bioscience*, 61, 104889. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.104889>
- Goyal, A., Sharma, V., Upadhyay, N., Gill, S., & Sihag, M. (2014). Flax and flaxseed oil: An ancient medicine & modern functional food. *Journal of Food Science and Technology*, 51(9), 1633–1653. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1247-9>
- Ivashyna, L., Byshovets, L., & Oliferchuk, O. (2024). The dairy market in Ukraine: Assortment and quality. *Innovations and Technologies in the Sphere of Services and Nutrition*, (4(14)), 16–24. [https://doi.org/10.32782/2708-4949.4\(14\).2024.3](https://doi.org/10.32782/2708-4949.4(14).2024.3)
- Kajla, P., Sharma, A., & Sood, D. R. (2015). Flaxseed—a potential functional food source. *Journal of Food Science and Technology*, 52(4), 1857–1871. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1293-y>
- Kaprelyants, L., Yehorova, A., Trufkati, L., & Pozhitkova, L. (2019). Functional food products: Prospects in Ukraine. *Food Science and Technology*, 13(2). <https://doi.org/10.15673/fst.v13i2.1382>
- Kapustina, K. (2022). How the 2022 war is changing the milk market in Ukraine. *Zemliak.com*, 2022. <https://zemliak.com/biznes/2590-yak-viyna-2022-zminyuye-rinok-moloka-v-ukrajini>

- Kraievska, S., Stetsenko, N., & Bandurenko, H. (2018). Evaluation of flaxseed protein quality by the DIAAS method. *Grain Products and Mixed Fodders*, 18(3), 10–15. <https://doi.org/10.15673/gpmf.v18i3.1073>
- Kravtsova, L. I. (2014). Method for obtaining a food product from flax seeds (Patent of Ukraine No. 88455). Ukrainian National Office for Intellectual Property and Innovations. <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1096870/>
- Kukhaleishvili, H. (2025). Ukrainian market: Milk production volumes are decreasing. General overview of the milk market. Milkua. Retrieved November 2, 2025, from <https://milkua.info/uk/post/ukrainskij-rinok-obsagi-virobnictva-moloka-skorocutsa1>
- Kulczyński, B., Kobus-Cisowska, J., Taczanowski, M., Kmiecik, D., & Gramza-Michałowska, A. (2019). The chemical composition and nutritional value of chia seeds—Current state of knowledge. *Nutrients*, 11(6), 1242. <https://doi.org/10.3390/nu11061242>
- Motyka, S., Skala, E., Ekiert, H. M., & Szopa, A. (2023). Health-promoting approaches of the use of chia seeds. *Journal of Functional Foods*, 103. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1756464623000804>
- Mystkowska, I., Plažuk, E., Szepeluk, A., & Dmitrowicz, A. (2024). Gluten-containing flours and gluten-free flours as a source of calcium, magnesium, iron and zinc. *Scientific Reports*, 14(1), 14643. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-65530-2>
- Nitrayová, S., Brestenský, M., Heger, J., Patráš, P., Rafay, J., & Sirotkin, A. (2014). Amino acids and fatty acids profile of chia (*Salvia hispanica* L.) and flax (*Linum usitatissimum* L.) seed. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 8(1), 72–76. <https://doi.org/10.5219/332>
- Noreen, S., Tufail, T., Bader Ul Ain, H., Ali, A., Aadil, R. M., Nemat, A., & Manzoor, M. F. (2023). Antioxidant activity and phytochemical analysis of fennel seeds and flaxseed. *Food Science & Nutrition*, 11(3), 1309–1317. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3165>
- Orona-Tamayo, D., Valverde, M. E., & Paredes-López, O. (2017). Chia—The new golden seed for the 21st century: Nutraceutical properties and technological uses. In S. Nadathur (Ed.), *Sustainable protein sources* (1st ed., pp. 265–281). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802778-3.00017-2>
- Panchenko, O. Yu., & Usatyuk, S. I. (2019). Recipe for sugar cookies with chia seeds (Patent of Ukraine No. 139269). Ukrainian National Office for Intellectual Property and Innovations. <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1355140/>
- Pandya, A., Thiele, B., Köppchen, S., Zurita-Silva, A., Usadel, B., & Fiorani, F. (2023). Characterization of Bioactive Phenolic Compounds in Seeds of Chilean Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) *Germplasm. Agronomy*, 13(8), 2170. <https://doi.org/10.3390/agronomy13082170>
- Peshuk, L. V., & Hashchuk, O. I. (2020). Hearty appetizer with chia seeds and parsley root (Patent of Ukraine No. 139565). Ukrainian National Office for Intellectual Property and Innovations. <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1400649/>
- Peshuk, L. V., Galenko, O. O., & Hanskyi, R. L. (2019). Liver pâté with chia seeds (Patent of Ukraine No. 135648). Ukrainian National Office for Intellectual Property and Innovations. <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1367148/>
- Romanovska, O. L., & Hakman, O. I. (2016). Method for preparing pudding with quinoa groats (Patent of Ukraine No. 110015). Ukrainian National Office for Intellectual Property and Innovations. <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/507794/>
- Shapovalenko, O. I. (2015). Method for obtaining a concentrated product from flax seeds (Patent of Ukraine No. 101357). Ukrainian National Office for Intellectual Property and Innovations. <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/869983/>
- Slozhenkina, M. I., Gorlov, I. F., Kryuchkova, V. V., Serkova, A. E., Ryaskova, A. D., & Belik, S. N. (2019). Vegetable ingredient in cheese product. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 13(1), 1018–1025. <https://doi.org/10.5219/1207>

- Tulush, L. (2025). Tendencies of the dairy industry development in Ukraine in the fourth year of the Russian military invasion. The Ukrainian Farmer, (10). <https://agrotimes.ua/article/u-rezhymy-dynamichnyh-zmin/>
- Ullah, R., Nadeem, M., Khalique, A., Imran, M., Mehmood, S., Javid, A., & Hussain, J. (2016). Nutritional and therapeutic perspectives of Chia (*Salvia hispanica* L.): A review. Journal of Food Science and Technology, 53(4), 1750–1758. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1967-0>

Отримано 08.08.2025 р., прийнято до друку 01.11.2025 р.

УДК 637.181

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.4.2025.113>

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СКЛАДОВОЇ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДИСПЕРГУВАННЯ ЕМУЛЬСІЙ

Ірина Миколаївна Берник

доктор технічних наук, професор

<https://orcid.org/0000-0002-1367-3058>

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
03041, Героїв Оборони, м. Київ, Україна*

Ігор Олегович Драчук

аспірант,

<https://orcid.org/0000-0003-0018-2871>

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
03041, Героїв Оборони, м. Київ, Україна*

Анотація. Сучасні тенденції розвитку харчової індустрії змінюються під впливом прагнення населення до здорового способу життя. Це є передумовою для проведення наукових досліджень, спрямованих на створення ресурсощадних технологій, які дозволяють відмовитися від внесення технологічних добавок за рахунок ефективного розкриття функціонально-технологічних властивостей основної сировини. Актуальним є вдосконалення процесів диспергування емульсій із застосуванням фізичних методів впливу. Метою роботи є теоретичне обґрунтування енергетичної ефективності використання резонансних режимів ультразвукової кавітації для отримання стабільних дрібнодисперсних емульсій. Проведено порівняльний аналіз методів дроблення дисперсної фази, серед яких виділено акустичний та гідродинамічний вплив. В роботі застосовано методи теоретичного моделювання. На відміну від класичних підходів, методика враховує в'язкість дисперсного середовища та розглядає інтенсивність як інтегральну характеристику процесу. Енергія подрібнення при диспергуванні емульсій визначена як на основі дискретної так і континуальної моделей. Виявлено, що ультразвуковий вплив на оброблювальне середовище залежить не тільки від параметрів апарату, які визначають енергію, а і від в'язкості середовища, діаметру бульбашки, який змінюється від мінімального до максимального значення та пов'язаних з його зміною явищ, таких як, ударні хвилі, мікротечії, акустична турбулентність. Встановлено, що процес диспергування ефективно реалізується в розширеному діапазоні частот 10–40 кГц, що уточнює відомі дані (20–40 кГц). Теоретично обґрунтовано вплив в'язкості емульсії на енергетичний баланс системи, що є елементом наукової новизни. Визначено, що інтенсивність ультразвукового поля є ключовим параметром, який визначає швидкість трансформації енергії в кавітуючому об'ємі. Показано, що застосування саме резонансних режимів диспергування сприяє утворенню кластерів жирових кульок мінімальних розмірів. Це забезпечує термодинамічну стійкість системи без використання додаткових стабілізаторів.

Ключові слова: диспергування, ультразвукова кавітація, стабільність, параметри, енергія, інтенсивність.

UDC 637.181

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.4.2025.113>

THEORETICAL ASPECTS OF THE ENERGY COMPONENT OF ULTRASONIC EMULSION DISPERSION

Iryna Bernyk

Doctor of Technical Sciences, Professor,

<https://orcid.org/0000-0002-1367-3058>,

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,

03041, 15 Heroiv Oborony Str., Kyiv, Ukraine

Igor Drachyk

Postgraduate Student

<https://orcid.org/0000-0003-0018-2871>

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,

03041, 15 Heroiv Oborony Str., Kyiv, Ukraine

Abstract. Modern trends in the food industry are evolving in response to the population's growing pursuit of a healthy lifestyle. This creates a prerequisite for research aimed at developing resource-saving technologies that enable the elimination of technological additives by effectively unlocking the functional and technological properties of raw materials. Improving emulsion dispersion processes using physical impact methods is currently of great relevance. The aim of this work is the theoretical substantiation of the energy efficiency of using resonant modes of ultrasonic cavitation to obtain stable, finely dispersed emulsions. A comparative analysis of dispersed phase fragmentation methods was conducted, highlighting acoustic and hydrodynamic impacts. Theoretical modelling methods were applied in the study. Unlike classical approaches, the methodology takes into account the viscosity of the dispersion medium and considers intensity as an integral characteristic of the process. The energy of disruption during emulsion dispersion was determined based on both discrete and continuous models. It was revealed that the ultrasonic impact on the treated medium depends not only on the equipment parameters that determine the energy, but also on the medium's viscosity, the bubble diameter (varying from minimum to maximum values), and associated phenomena such as shock waves, microstreaming, and acoustic turbulence. It was established that the dispersion process is effectively realized in an extended frequency range of 10–40 kHz, refining known data (20 – 40 kHz). The influence of emulsion viscosity on the system's energy balance is theoretically substantiated, representing a novel scientific contribution. It was determined that the intensity of the ultrasonic field is a key parameter defining the rate of energy transformation within the cavitating volume. It is demonstrated that the application of resonant dispersion modes facilitates the formation of fat globule clusters of minimal size. This ensures the thermodynamic stability of the system without the use of additional stabilizers.

Keywords: dispersion, ultrasonic cavitation, stability, parameters, energy, intensity.

ВСТУП. Широкий асортимент харчових продуктів виготовляється з використанням емульсійної технології шляхом диспергування однієї фази в іншій об'ємній фазі (McClements D., 2015). Такі продукти, як вершки, морозиво, майонез, масло, безалкогольні напої, оброблене молоко, ароматизоване молоко, десерти, соуси тощо, є емульсіями двох різних фаз, які не змішуються (Friberg et al., 2003). Створення та забезпечення стабільності емульсії, пов'язане з низкою техніко-технологічних викликів. В першу чергу це пов'язано з тим, що харчові емульсії є термодинамічно нестабільними системами, які прагнуть до коалесценції та седиментації в залежності від нативних властивостей складових (Tadros, T., 2013). У сучасних технологіях, з метою забезпечення агрегативної стійкості емульсійних продуктів, виробники

використовують емульгатори та стабілізатори різного походження: природні, синтетичні та модифіковані (Hasenhuettl et al., 2008).

Сучасні тенденції розвитку харчової індустрії зазнають кардинальних змін під впливом прагнення населення до здорового способу життя (Asioli et al., 2017). Це є передумовою для проведення наукових досліджень, спрямованих на створення ресурсощадних технологій, які дозволяють відмовитися від внесення технологічних добавок за рахунок ефективного розкриття функціонально-технологічних властивостей основної сировини (Ashokkumar et al., 2008). Таким чином, актуальною є питання вдосконалення процесів диспергування за використання сучасних фізико-механічних методів впливу на харчові технологічні середовища (Chemat et al., 2019).

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ. Диспергування матеріалів здійснюється із застосуванням гідромеханічних методів (McClements, D. , 2015). Вони ґрунтуються на підведенні зовнішньої механічної енергії, що реалізується у вигляді інтенсивних гідродинамічних сил зсуву, турбулентності та кавітації, забезпечуючи ефективне подрібнення дисперсної фази. Основні способи диспергування приведені на рисунку 1.

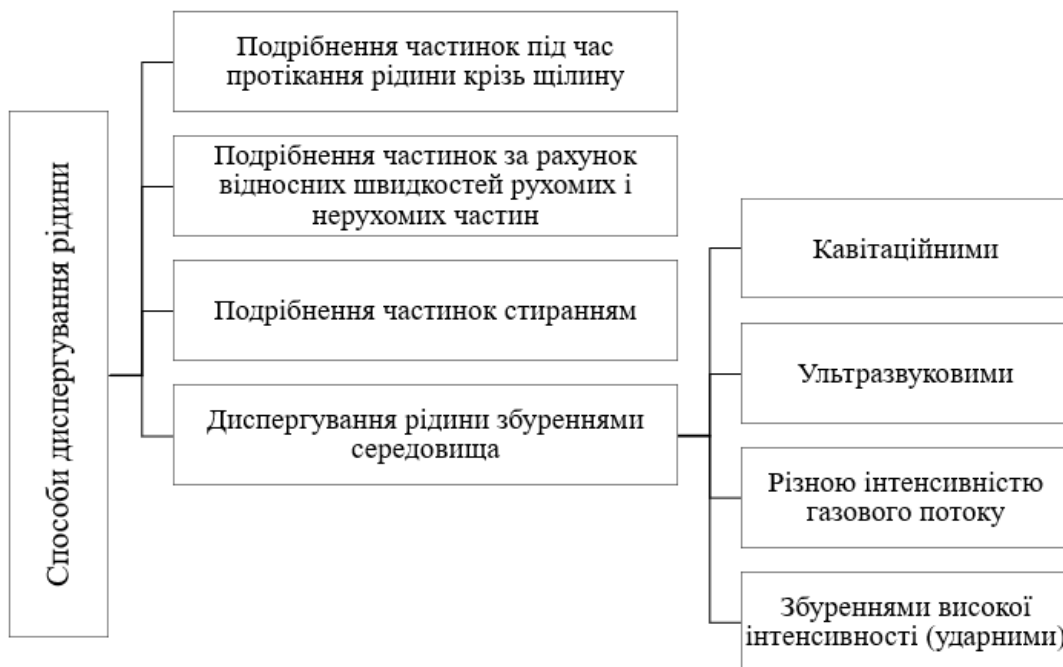


Рисунок 1. Основні способи диспергування

Джерело: розроблено авторами

Дроблення частинок при протіканні рідини через зазор реалізується в клапанному (плунжерному) гомогенізаторі. Принцип дроблення частинок за рахунок відносних швидкостей рухомих і нерухомих частин використовується в колоїдних млинах та дискових роторних апаратах (Håkansson, A., 2019). При диспергуванні в колоїдних млинах визначальним фактором дроблення є відносна швидкість рухомих та нерухомих деталей конструкцій та величина зазору між ними.

Дроблення частинок стиранням спостерігається в апаратах типу струменевий млин. За таким способом зіткнення частинок, що прискорюються різними струменями і що призводять до дроблення дуже мала, то диспергування в цих апаратах відбувається головним чином, за рахунок стирання частинок, що рухаються у вихорах з різними швидкостями. Фактором, що визначає дроблення в них, є не швидкість основного потоку, а градієнт швидкостей у вихрових закручених потоках (Gogate et al., 2001). Якщо в процесі диспергування параметри корпусу

струменевого млина не змінюються, то і масштаби утворювальних вихорів також залишаються незмінними.

Метод дроблення частинок шляхом збурення середовища спостерігається в ряді пристроїв для диспергування шляхом виникаючих кавітаційних явищ. Це, наприклад, відбувається при пропусканні потоку суцільного середовища через канал (сопло), або в ультразвукових пристроях (Carpenter et al., 2017).

Значний вплив ультразвуку на утворення стабільної емульсії зумовлений акустичною кавітацією, під час якої утворення, ріст та сплескування бульбашок призводять до підвищення температури та тиску всередині системи. Зміни температури та тиску в системі призводять до фізичних ефектів, які допомагають підвищити стабільність емульсії. Фізичні сили, такі як ударні хвилі, високий тиск, мікрострумені, сили зсуву та акустичний потік, відповідають за фізичні наслідки під час процесу ультразвукової обробки (Ashokkumar, M., 2011). Внаслідок локального підвищення тиску та ударних хвиль, спричинених акустичною кавітацією, великі краплі емульсії розбиваються на дрібніші. Водночас, під впливом акустичного поля частинки дисперсної фази коливаються з різною швидкістю відносно середовища. Цей вібраційний ефект, зумовлений поширенням хвилі та різницею у швидкостях коливань, створює градієнти тиску, що призводить до зміни гідродинамічних характеристик потоку та сприяє додатковому диспергуванню (Kentish et al., 2008; Khadhraoui et al., 2019).

Процес диспергування в акустичному полі за наявності кавітації відбувається двома способами (Chemat et al., 2011): по-перше, під дією ударних хвиль, що виникають внаслідок колапсу кавітаційних бульбашок; по-друге, під дією мікроструменів рідини, що виникають внаслідок колапсу несферичних кавітаційних бульбашок. Процес формування стабільної емульсії за допомогою ультразвуку залежить від ефективності акустичного процесу, який визначається параметрами системи, до яких належить частота і амплітуда дії, тиск в контактній зоні та швидкість його трансформації в кавітуючому об'ємі суміші (Bernyk I., 2017). Процес емульгування для отримання стабільної емульсії здійснюється використанням частот в діапазоні 20–40 кГц (Li et al., 2017). Аналіз досліджень, проведених в роботах (Bernyk I., 2017; Bernyk et al., 2016) показує, що оптимальна ультразвукова обробка залежить не лише від типу процесу, що реалізується, але й від типу середовища, в якому здійснюються технологічні процеси.

Відповідно до досліджень Deng et al., (2021) ударні хвилі частково розгортають молекули білків, вивільняючи їхні гідрофобні групи. Це дозволяє білкам сировини працювати як високоефективні емульгатори, замінюючи синтетичні добавки.

Незважаючи на відмічені в роботах можливості застосування ультразвукових технологій, існує низка невирішених питань. Так, в роботі (Carpenter et al., 2017) розглядається підведення зовнішньої енергії, але не приведено визначення механізму її трансформації в кавітуючому середовищі. В роботі (Li W. et al., 2017) використовується вузький діапазон частот (20–40 кГц), що звужує потенційну можливість застосування для різних за властивостями емульсій. В більшості моделей, які описують гідродинамічні фактори (градієнт швидкостей, сили зсуву) (Gogate, 2001; Håkansson, 2019), недостатньо уваги приділяється оцінці впливу в'язкості дисперсного середовища на енергетичний баланс процесу. Таким чином, відсутність моделі, яка описує резонансний режим із врахуванням фізико-механічних властивостей емульсії, в тому числі в'язкості є стримуючим фактором підвищення енергетичної ефективності диспергування емульсій. Вирішення проблеми в роботі здійснюється шляхом використання резонансних режимів на етапі сплескування бульбашок та досягненням стабільності емульсії за критерієм інтенсивності поля, який є відображає інтегральну оцінку енергетичної ефективності з урахуванням реологічних властивостей системи фізико-механічними властивостями емульсії (зокрема, в'язкістю).

Виходячи з цього наукова новизна роботи є теоретичне обґрунтування застосування резонансних режимів ультразвукової обробки, що дає можливість керувати дисперсністю та

стабільністю емульсій через енергетичні параметри процесу та відкриває шлях до створення екологічно безпечних харчових продуктів.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ – теоретичне обґрунтування енергетичної ефективності використання резонансних режимів ультразвукової кавітації для отримання стабільних дрібнодисперсних емульсій.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ. Матеріалами дослідження використані емульсії: вода, в'язкістю 0,8...1,0 мПа·с, при 20°C та напої, що являють собою аналог молока із в'язкістю мПа·с (соєвий напій) та в'язкістю мПа·с (арахісовий напій). Також базовою емульсією було обрано коров'яче молоко, в'язкістю 1,5 – 2,0 мПа·с (при 20°C). Теоретичні дослідження процесів диспергування базуються на загальноприйнятих класичних положень теорії механічних коливань та теорії суцільних середовищ. Вибір параметрів акустичними коливаннями здійснювалися на визначені амплітуди і частоти коливань, як ключових параметрів інтенсивності, який прийнятий критерієм ефективності диспергування емульсій, оскільки він визначає питому енергію. Дослідження здійснювалися на частотах 10...40 кГц, а амплітуда коливань знаходилася в межах 4,0...10 мкм, Інтенсивність, як питома енергія диспергування емульсії складала величину 1,0...4,4 Вт/см².

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ. При подрібненні жирових кульок в певному об'ємі емульсії можна припустити, що енергія витрачається на утворення нової поверхні, $A_{н.п}$, пружної деформації, $A_{пр.д}$ та пластичної деформації, $A_{пл.д}$. Для визначення енергії на утворення нової поверхні, $A_{н.п}$ існує ряд методів, серед яких найбільш відома гіпотеза Ребіндера, у відповідності до якої робота на утворення нової поверхні, $A_{н.п}$ прямо пропорційна приросту площі нової поверхні ΔS , помноженої на коефіцієнта пропорційності K_s :

$$A_{н.п} = K_s \Delta S \quad (1)$$

де: коефіцієнта пропорційності K_s за розмірністю представляє собою енергію, яка витрачається на одиницю площі нової поверхні ΔS , тобто, Дж/м².

При всій логічності формули (1) її застосування вкрай неможливе, оскільки відсутні числові значення коефіцієнта пропорційності K_s та значення приросту утворення нової поверхні ΔS . Разом з тим, за фізичною сутністю ця гіпотеза є корисною для загального розуміння процесу диспергування. Для визначення енергії A на стабілізацію об'єму емульсій dV при диспергуванні в ній жирових включень можна представити формулою:

$$A = W dV, \text{ Дж} \quad (2)$$

де: W – питома енергія для одиниці об'єму емульсії, Дж/м³.

Одним з методів визначення енергії W є розгляд тиску кавітаційного апарату на емульсію у контактній зоні:

$$AW = \int p dx \quad (3)$$

де p – тиск у контактній зоні, Н/м²; $\varepsilon = \varepsilon(t)$ – закон зміни деформації в зоні контакту.

Визначимо пружну енергію W за залежністю (3) (рис. 2).

Точка A на діаграмі відповідає деформації жирових включень під дією напруження σ . При наступному невеликому прирості напруження $d\sigma$ виникає нова невелика відносна деформація $d\varepsilon$ з переходом жирових включень в стан, якому на діаграмі деформацій відповідає точка B .

Перехід зі стану A в близький для нього новий стан B потребує витрати елементарної кількості енергії dW , що дорівнює (відносно до одиниці об'єму) добутку діючого в цей момент напруження $\sigma + d\sigma$ на переміщення його точки прикладення $d\varepsilon$:

$$dW = (\sigma + d\sigma)d\varepsilon = \sigma d\varepsilon + d\sigma d\varepsilon.$$

Якщо відкинути член $d\sigma d\varepsilon$ як нескінченно малу величину другого порядку, то елементарна робота:

$$dW = \sigma d\varepsilon.$$

Ця елементарна робота геометрично визначається площею елементарного прямокутника з висотою σ і основою $d\varepsilon$.

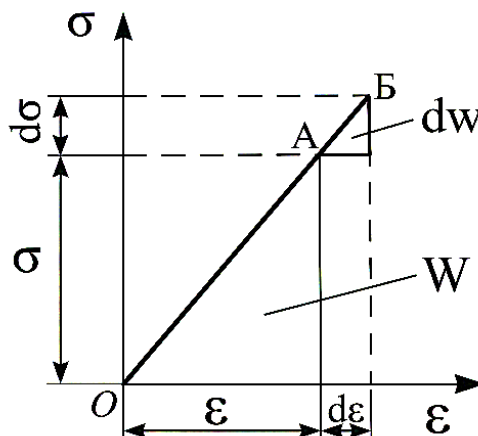


Рисунок 2. Діаграма визначення пружної енергії на руйнування жирових включень
Джерело: розроблено авторами

Застосовуючи такий підхід до всіх елементарних приростів напруження від початку деформації, можна переконалися, що послідовний ряд елементарних прямокутників поступово перекриває всю площу діаграми і вся енергія деформації, що витрачена на одиницю об'єму, дорівнює площі діаграми, обмеженої лініями ординат (напруження) і абсцис (деформації). Отже, витрата енергії на деформацію одиниці об'єму жирових включень може бути знайдена як інтеграл елементарних енергетичних витрат:

$$W = \int dW = \int \sigma d\varepsilon \quad (4)$$

Повна витрата енергії на деформацію одиниці об'єму жирових включень є питомою енергією деформації. Згідно із законом Гука ($\sigma = E\varepsilon$) знайдемо кінцевий вираз для енергії, враховуючи, що $d\varepsilon = \frac{d\sigma}{E}$:

$$W = \frac{1}{E} \int \sigma d\sigma = \frac{\sigma^2}{2E} \quad (5)$$

де E – модуль пружності емульсії у контактній зоні; σ – напруження емульсії у контактній зоні.

Визначена питома енергія деформації (5) має розмірність Н/м^2 . Вона тільки зовні збігається із розмірністю напруження, фізично ж вона виражає енергію ($\text{Н} \cdot \text{м}$), віднесену до одиниці об'єму (м^3), тобто $\text{Н} \cdot \text{м/м}^3 = \text{Н/м}^2$.

У наведених залежностях напруження і деформація записані у загальному вигляді, не вказується закон зміни цих параметрів від характеристик процесу диспергування. Проте важливо у загальному контексті визначити й ту частку енергії, що втрачається, тобто перетворюється на теплоту при деформуванні жирових включень.

Тепер визначимо енергію (рис. 3), яка відображається відхиленням прямої зміни напруження від деформації, як при навантаженні, так і при зворотному процесі зняття тиску.

У діаграмі трикутник OAB виражає енергію, необхідну для деформування жирових включень, а площа, обмежена дугами OA і AO , і є та енергія ΔW , що розсіюється всередині включень.

Співвідношення цих енергій $\frac{\Delta W}{W}$ і визначається коефіцієнтом поглинання енергії:

$$\psi = \frac{\Delta W}{W} \quad (6)$$

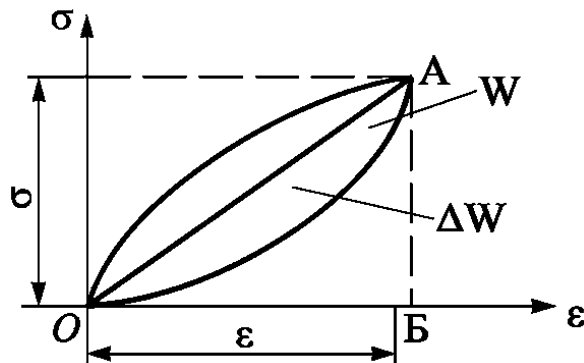


Рисунок 3. Діаграма визначення непружної енергії на руйнування жирових включень
Джерело: розроблено авторами

У рівняння для динамічного розрахунку розсіяння енергії коефіцієнт поглинання завжди входить у вигляді відношення до числа 2π , що характеризує циклічність процесу деформації жирових включень:

$$\gamma = \frac{\psi}{2\pi} \quad (7)$$

де γ – коефіцієнт дисипативного опору емульсії; Ψ – коефіцієнт розсіяння енергії в емульсії.

У рівняння для напруження і деформацій він входить у вигляді:

$$\sigma = E\varepsilon(1 + i\gamma) \quad (8)$$

де i – умовна одиниця, яка вказує на поворот вектору пружної сили $E\varepsilon$ відносно сили $E\varepsilon\gamma$, що враховує втрату енергії за один цикл напруження, або тиску на жирові включення.

Визначення енергії подрібнення при диспергуванні емульсій побудована на загальних підходах визначення утворення нових поверхонь розглядом дискретних моделей. Процес диспергування емульсій визначення енергії на основі континуальної хвильової теорії, що припадає на одиницю об'єму емульсії, може бути виражена такою залежністю:

$$E_e = \frac{\rho \vartheta^2}{2} = 2\pi^2 \rho f^2 A^2, \quad (9)$$

де E_e – енергія, що припадає на одиницю об'єму емульсії; ρ – щільність емульсії; ϑ – швидкість коливань кавітаційного апарату; f – частота коливань кавітаційного апарату; A – амплітуда коливань в зоні контакту емульсії і кавітаційного апарату.

Енергію ультразвукових хвиль, що припадає на одиницю площі в одиницю часу, прийнято характеризувати інтенсивністю ультразвукових коливань. Коли плоска хвиля падає перпендикулярно до поверхні, то інтенсивність ультразвуку:

$$I = 2\pi^2 \rho c f^2 A^2 = \frac{P_M^2}{2\rho c} \quad (10)$$

де I – інтенсивність ультразвукових коливань; P_M – тиск в зоні контакту; c – швидкість розповсюдження хвиль в емульсії.

Ультразвукові коливання характеризуються рядом параметрів, якими є довжина хвилі λ , швидкість поширення хвилі c , яка пов'язана з довжиною хвилі, періодом коливань T та частотою f наступним співвідношенням:

$$\lambda = cT = c/f \quad (11)$$

Швидкість розповсюдження хвиль залежить від властивостей середовища. Для води та водних розчинів при невисоких концентраціях, тисках та температурах:

$$c = \sqrt{1/(\rho/\beta_{\text{АД}})} \quad (12)$$

де $\beta_{\text{АД}}$ – адіабатна стисливість, Па^{-1} ; ρ – щільність емульсії, кг/м^3 .

Під дією ультразвукових коливань частки емульсії, якими є жирові включення коливаються з прискоренням, що періодично змінюється. Між змінним звуковим тиском та зміщенням частинок емульсії існує певний зв'язок. При гармонійних коливаннях звуковий тиск:

$$p = \rho c \omega A \cos(\omega t - kr) \quad (13)$$

де k – хвильове число; r – відстань до випромінювача, м.

Амплітуда звукового тиску ультразвукового кавітаційного апарату на емульсію визначається за формулою:

$$p_{\text{ак}} = \rho c \omega A \quad (14)$$

де A – амплітуда коливань, м; ω – частота коливань, рад/с .

Аналіз досліджень кавітаційних процесів, проведеними різними авторами (Bernyk I. et al., 2016) засвідчує, що ультразвуковий вплив на оброблювальне середовище є достатньо складним. Цей процес залежить не тільки від параметрів апарату, які визначають енергію, а і від в'язкості середовища, діаметру бульбашки, який змінюється від мінімального R_0 до максимального значення R_m та пов'язаних з його зміною явищ, таких як, ударні хвилі, мікротечії, акустична турбулентність. Вплив параметра R_m/R_0 на ефективність сплескування бульбашки слідує також з простих енергетичних міркувань. У фазі розширення бульбашка набуває потенційну енергію:

$$E = \frac{4}{3} \pi R_{\text{mak}}^3 P_0 \quad (15)$$

де P_c – усереднений тиск в емульсії в процесі сплескування.

Початковий (мінімальний) радіус бульбашки знаходиться в межах $R_0 = (1 - 10) \cdot 10^{-6}$ м, а змінюється при ультразвуковій кавітації в кінці стиснення до числових значень $R_{\text{max}} = 10^{-7} - 10^{-8}$ м, що свідчить про суттєву зміну об'єму бульбашки. Резонансна частота коливань бульбашки визначається за формулою:

$$\omega_{\text{рез}} = \sqrt{\left[\frac{3\gamma}{\rho R_0^2} \left(P_0 + \frac{2\sigma}{R_0} \right) - \frac{2\sigma}{\rho R_0^3} + \frac{2c_{\text{пр}}}{\rho R_0^3} \right] - \left(\frac{2\pi\delta_{\text{пр}}}{\omega} \right)^2} \quad (16)$$

де $\omega_{\text{рез}}$ – резонансна частота коливань бульбашки; γ – коефіцієнт в'язкості бульбашки ρ – щільність емульсії; σ – поверхневий натяг в бульбашці; P_0 – акустичний тиск; $\delta_{\text{пр}}$ – приведений коефіцієнт розсіяння енергії; R_0 – початковий радіус бульбашки; $C_{\text{пр}}$ – приведений коефіцієнт пружності бульбашки.

Із умови рівності власної частоти (16) вимушеній $\omega_{\text{рез}} = \omega$ отримаємо умову резонансу, при досягненні якої реалізовується процес сплескування бульбашок. При цьому виникають потужні ударні сили, які подрібнюють жирові включення шляхом реалізації максимальної енергії. За реалізації такої ідеї утворюється область у вигляді кластера нових жирових кульок

мінімальних розмірів в стабілізованому положенні. Тому врахування як динамічних параметрів, так і розмірів бульбашок для забезпечення процесу диспергування емульсії та її стабілізації є необхідною умовою при розрахунках. Із врахуванням зазначеного розроблено алгоритм для розрахунку параметрів процесів диспергування емульсії (рис. 4).

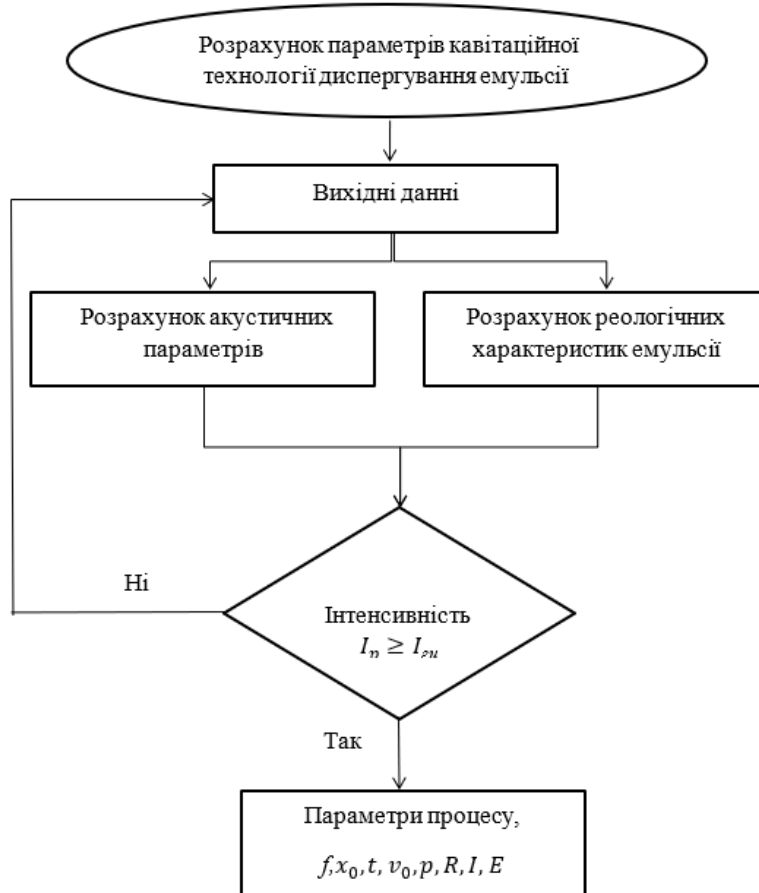


Рисунок 4. Алгоритм розрахунку параметрів ультразвукової кавітаційної технології робочих процесів диспергування емульсії

Джерело: розроблено авторами

Сутність алгоритму полягає у виборі критерія, яким є граничне значення енергії, яка передається від перетворювача ультразвукового апарату в емульсію. На рисунку 5 приведено розрахунок акустичного тиску і інтенсивності від частоти коливань.

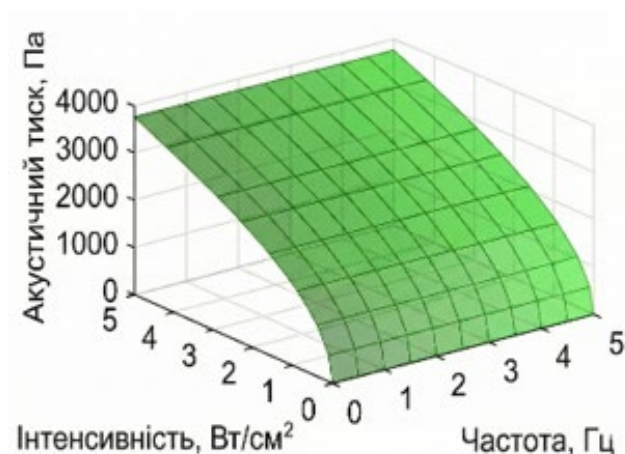


Рисунок 5. Характер зміни акустичного тиску і інтенсивності від частоти коливань

Джерело: розроблено авторами

Розрахунки щодо диспергування води акустичними коливаннями частоти 20 кГц засвідчили реалізацію резонансного режиму у відповідності до відношення $R_{\max} / R_0$ (рис. 6).

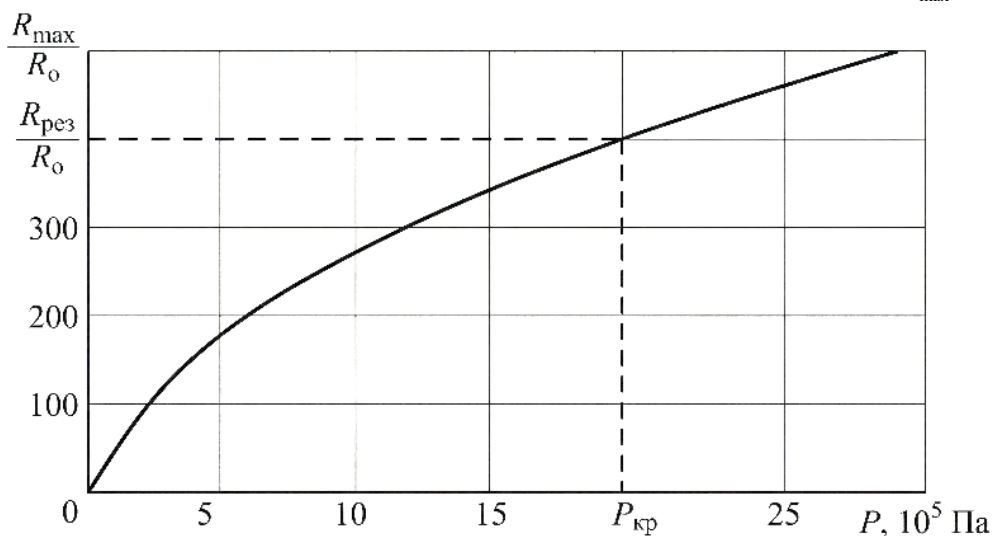


Рисунок 6. Залежність максимального кавітаційних радіусу бульбашок від величини звукового тиску

Джерело: розроблено авторами

Виявлено, що в'язкість емульсії надає значний вплив на визначення параметрів кавітаційного процесу диспергування (табл. 1).

Таблиця 1. Числові значення інтенсивності для емульсій різної в'язкості

Показник	Значення		
В'язкість, η , 10^{-3} Па	10	20	30
Інтенсивність, $I_{\min}$, Вт/см ²	1,0	2,0	2,4
Інтенсивність, $I_{\max}$, Вт/см ²	2,3	3,7	4,5

Джерело: розроблено авторами

При цьому амплітуда коливань для в'язкості $1 \cdot 10^{-3}$ Па·с була 4,0 мкм, а для в'язкості емульсії $5.6 \cdot 10^{-3}$ Па·с амплітуда коливань була 10 мкм.

В обговоренні результатів варто відзначити, що енергія є ключовим критерієм та найбільш важливим параметром реалізації процесу диспергування емульсії в утвореній кавітаційній області. Здійснений підхід в роботі узгоджується із роботою (Carpenter et al., 2017) в якій відмічається про підведення зовнішньої енергії, але не вказується її визначення. Дослідження процес емульгування для отримання стабільної емульсії здійснюється використанням частот в діапазоні 20–40 кГц (Li et al., 2017), що узгоджується із результатами наших досліджень, але в наших дослідженнях досліджено більший діапазон частот: 10–40 кГц. Асортимент харчових продуктів таких, як оброблене молоко, ароматизоване молоко, виготовляється з використанням емульсійної технології шляхом диспергування однієї фази в іншій об'ємній фазі (McClements D., 2015), є емульсіями двох різних фаз, які не змішуються (Friberg et al., 2003) відповідає виконанням дослідженням, а відмінність полягає у врахуванні нами впливу в'язкості емульсії, що є однією із складових новизни роботи. Пояснення виникнення в процесах диспергування таких сил, як ударні хвилі, високий тиск, мікрострумені, сили зсуву та акустичний потік (Ashokkumar, M., 2011), що відповідають за фізичні наслідки під час процесу ультразвукової обробки узгоджуються із результатами досліджень, але використання резонансного режиму приводиться тільки в даній роботі. В роботі (Håkansson, A., 2019) розкривається принцип подрібнення без зазначення передумов та гіпотез подрібнення із

твердженням про вплив швидкості, а в роботі (Gogate et al., 2001) зазначається, що градієнт швидкостей у вихрових закручених потоках є більш важливим фактором. Порівнюючи результати досліджень із результатами розглянутих вище робіт можна зазначити, що саме інтенсивність, як інтегральна характеристика процесу створення та забезпечення стабільності існування емульсії, доповнює згадані вище роботи в частині вибору параметрів. Їх значення в залежності від в'язкості наведено в таблиці. А з енергетичної точки зору застосування резонансних режимів ультразвукового способу диспергування емульсій відкриває можливість забезпечення їхнього стабільного стану утворенням кластера нових жирових кульок мінімальних розмірів.

ВИСНОВКИ. Проведена оцінка існуючих методів подрібнення при диспергуванні емульсій показала, що найбільш адекватною з фізичної точки зору є теорія утворення нових поверхонь, оскільки вона безпосередньо враховує енергетичні витрати на руйнування міжфазної поверхні та формування дисперсної структури емульсії. Застосування даної теорії дозволяє коректно описати процеси, що відбуваються під час інтенсивного механічного та акустичного впливу на дисперсну систему, а також узгоджується з експериментальними спостереженнями зменшення розміру жирових включень.

Розроблена методика дослідження робочих процесів диспергування емульсій базується на використанні фундаментальних положень класичної теорії хвильових процесів, що дало змогу встановити закономірності передачі енергії від ультразвукового перетворювача до технологічного середовища.

Запропонована гіпотеза процесу сплескування кавітаційних бульбашок ґрунтується на реалізації резонансного режиму коливань, за якого досягається максимальна концентрація енергії в локальних об'ємах емульсії. У таких умовах виникають короткочасні, але надзвичайно потужні ударні навантаження, що сприяють ефективному подрібненню жирових включень, руйнуванню агломератів і формуванню стабільної дрібнодисперсної структури.

Розроблено алгоритм розрахунку параметрів ультразвукової кавітаційної технології диспергування емульсій, який базується на визначенні граничного значення енергії, що передається від ультразвукового апарату до емульсії. Встановлено основні технологічні параметри процесу, зокрема робочу частоту, інтенсивність ультразвукового поля та тривалість обробки, що забезпечують досягнення заданого ступеня дисперсності за мінімальних енергетичних витрат.

Перспективним напрямом є розроблення узагальненої математичної моделі, яка б поєднувала хвильові, гідродинамічні та термодинамічні аспекти кавітаційних процесів у багатофазних системах. Також доцільно дослідити можливість масштабування ультразвукової технології для промислових умов та оцінити її енергоефективність у порівнянні з традиційними методами диспергування.

Подяки. Немає.

Конфлікт інтересів. Немає.

References

- Ashokkumar, M. (2011). The characterization of acoustic cavitation bubbles – An overview. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18(4), 864–872. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2010.11.016>
- Ashokkumar, M., Sunartio, D., Kentish, S., Mawson, R., Simons, L., Vilkuh, K., & Versteeg, C. (2008). Modification of food ingredients by ultrasound to improve functionality: A preliminary study on a model system. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9(2), 155–160. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2007.05.005>
- Asioli, D., Aschemann-Witzel, J., Caputo, V., Vecchio, R., Annunziata, A., Næs, T., & Varela, P. (2017). Making sense of the “clean label” trends: A review of consumer food choice behavior

- and discussion of industry implications. *Food Research International*, 99, 58–71. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.07.022>
- Bernyk, I. (2017). Theoretical aspects of the formation and development of cavitation processes in technological environment. *Motrol. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*, 19(3), 5–13.
- Bernyk, I., Luhovskyi, O., & Nazarenko, I. (2016). Research staff process of interaction and technological environment in developed cavitation. *Journal of Mechanical Engineering of the National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"*, 1(76), 12–19. <https://doi.org/10.20535/2305-9001.2016.76.39735>
- Carpenter, J., George, S., & Saharan, V. K. (2017). Low-pressure hydrodynamic cavitating device for producing highly stable oil-in-water emulsion: Effect of geometry and cavitation number. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 116, 97–104. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2017.02.013>
- Chemat, F., & Vorobiev, E. (Eds.). (2019). *Green food processing techniques: Preservation, transformation, and extraction*. Academic Press.
- Chemat, F., Zill-e-Huma, & Khan, M. K. (2011). Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18(4), 813–835. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2010.11.023>
- Deng, X., Ma, Y., Lei, Y., Zhu, X., Zhang, L., Hu, L., Lu, S., Guo, X., & Zhang, J. (2021). Ultrasonic structural modification of myofibrillar proteins from Coregonus peled improves emulsification properties. *Ultrasonics Sonochemistry*, 76, Article 105659. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105659>
- Friberg, S., Larsson, K., & Sjoblom, J. (2003). *Food emulsions* (4th ed.). Marcel Dekker.
- Gogate, P. R., & Pandit, A. B. (2001). Hydrodynamic cavitation reactors: A state-of-the-art review. *Reviews in Chemical Engineering*, 17(1), 1–85. <https://doi.org/10.1515/REVCE.2001.17.1.1>
- Håkansson, A. (2019). Emulsion formation by homogenization: Current understanding and future perspectives. *Annual Review of Food Science and Technology*, 10, 239–258. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-032818-121501>
- Hasenhuettl, G. L., & Hartel, R. W. (Eds.). (2008). *Food Emulsifiers and Their Applications* (2nd ed.). Springer.
- Kentish, S., Wooster, T. J., Ashokkumar, M., Balachandran, S., Mawson, R., & Simons, L. (2008). The use of ultrasonics for nanoemulsion preparation. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9(2), 170–175. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2007.07.005>
- Khadhraoui, B., Fabiano-Tixier, A.-S., Robinet, P., Imbert, R., & Chemat, F. (2019). Ultrasound technology for food processing, preservation, and extraction. In F. Chemat & E. Vorobiev (Eds.), *Green food processing techniques: Preservation, transformation and extraction* (pp. 23–56). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815353-6.00002-1>
- Li, W., Leong, T. S. H., Ashokkumar, M., & Martin, G. J. O. (2017). A study of the effectiveness and energy efficiency of ultrasonic emulsification. *Physical Chemistry Chemical Physics*, 20, 86–96. <https://doi.org/10.1039/c7cp07133g>
- McClements, D. J. (2015). *Food emulsions: Principles, practices, and techniques* (3rd ed.). CRC Press.
- Tadros, T. F. (2013). *Emulsion formation and stability*. Wiley-VCH.

Отримано 25.09.2025 р., прийнято до друку 25.11.2025 р.

УДК 665.3.002.5:664.34

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.4.2025.125>

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ПРЕСУВАННЯ НА ОКИСНУ СТАБІЛЬНІСТЬ ЛЛЯНОЇ ОЛІЇ

Максим Миколайович Гудзенко

кандидат технічних наук, доцент

<https://orcid.org/0000-0001-7959-3627>

Національний університет біоресурсів і природокористування

03041, Героїв Оборони 15, м. Київ, Україна

Віктор Володимирович Сарана

кандидат юридичних наук

<https://orcid.org/0000-0002-5102-2264>

Національний університет біоресурсів і природокористування

03041, Героїв Оборони 15, м. Київ, Україна

Зінаїда Андріївна Бурова

<https://orcid.org/0000-0002-4712-6298>

Національний університет біоресурсів і природокористування

03041, Героїв Оборони 15, м. Київ, Україна

Дмитро Володимирович Горенков

аспірант

<https://orcid.org/0009-0004-5133-311X>

Національний університет біоресурсів і природокористування

03041, Героїв Оборони 15, м. Київ, Україна

Анотація. Лляна олія є цінним джерелом поліненасичених жирних кислот, однак її висока чутливість до окиснення робить стабільність продукту критично залежною від технологічних параметрів віджиму. Комерційні виробники змушені балансувати між підвищенням виходу олії та збереженням її біологічної цінності, що зумовлює потребу в систематичному аналізі впливу температури, тиску та типу пресів на якість готового продукту. Узагальнити наукові дані щодо впливу параметрів механічного віджиму на окисну стабільність лляної олії та визначити оптимальні технологічні умови, що дозволяють мінімізувати деградацію поліненасичених жирних кислот. Використано аналітичний, порівняльний та структурно-логічний методи. Проведено системний перегляд результатів досліджень щодо механічного віджиму, холодного пресування та гідравлічних технологій. Особливу увагу приділено залежності пероксидного числа, кислотного числа та швидкості первинної ініціації окиснення від технологічних режимів. Узагальнено, що підвищення температури віджиму понад 40–50 °C істотно прискорює первинні окисні процеси, ініціюючи руйнування альфа-ліноленової кислоти. Встановлено, що шнекові преси забезпечують більший вихід олії, однак супроводжуються інтенсивнішим локальним нагріванням і, відповідно, зниженням стабільності продукту. Натомість гідравлічний віджим дає змогу зберігати низьку температуру протягом усього процесу, що сприяє кращому збереженню поліненасичених жирних кислот, хоча вихід олії є нижчим. Проаналізовано конструктивні особливості пресів і встановлено технологічні параметри, що найбільше впливають на початкове окиснення: тривалість віджиму, питомий тиск та швидкість подачі сировини. Сформовано рекомендації для виробників щодо оптимізації технологічних режимів для отримання лляної олії з високою окисною стабільністю. Результати можуть бути використані у виробництві холодно пресованих олій, при модернізації пресового обладнання та під час розроблення технологій з підвищеною збережуваністю біоактивних компонентів.

Ключові слова: насіння льону, лляна олія, гідравлічні преси, шнекові преси, холодне пресування, якість, окислення

UDC 640.4:001.895:663.93

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.4.2025.125>

INFLUENCE OF PRESSING PARAMETERS ON THE OXIDATIVE STABILITY OF FLAXSEED OIL

Maksym Hudzenko

PhD in Technical Sciences, Associate Professor

<https://orcid.org/0000-0001-7959-3627>

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

03041, 15 Heroiv Oborony Str., Kyiv, Ukraine

Viktor Sarana

PhD in Technical Sciences, Associate Professor

<https://orcid.org/0000-0002-5102-2264>

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

03041, 15 Heroiv Oborony Str., Kyiv, Ukraine

Zinaida Burova

PhD in Technical Sciences, Associate Professor

<https://orcid.org/0000-0002-4712-6298>

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

03041, 15 Heroiv Oborony Str., Kyiv, Ukraine

Dmytro Gorenkov

PhD student

<https://orcid.org/0009-0004-5133-311X>

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

03041, 15 Heroiv Oborony Str., Kyiv, Ukraine

Abstract. Linseed oil is a valuable source of polyunsaturated fatty acids, but its high sensitivity to oxidation makes the stability of the product critically dependent on the technological parameters of pressing. Commercial producers are forced to balance between increasing the yield of oil and preserving its biological value, which necessitates the need for systematic analysis of the influence of temperature, pressure, and type of presses on the quality of the finished product. To summarize scientific data on the influence of mechanical pressing parameters on the oxidative stability of linseed oil and to determine the optimal technological conditions that allow minimizing the degradation of polyunsaturated fatty acids. Analytical, comparative, and structural-logical methods were used. A systematic review of research results on mechanical pressing, cold pressing, and hydraulic technologies was conducted. Special attention was paid to the dependence of peroxide value, acid value, and the rate of primary oxidation initiation on technological modes. It is generalized that increasing the pressing temperature above 40–50 °C significantly accelerates the primary oxidative processes, initiating the destruction of alpha-linolenic acid. It was established that screw presses provide a higher oil yield, but are accompanied by more intense local heating and, accordingly, a decrease in product stability. In contrast, hydraulic pressing allows maintaining a low temperature throughout the process, which contributes to better preservation of polyunsaturated fatty acids, although the oil yield is lower. The design features of the presses were analyzed and the technological parameters that most affect the initial oxidation were established: pressing duration, specific pressure and feed rate of raw materials. Recommendations were formed for manufacturers to optimize technological modes to obtain linseed oil with high oxidative stability.

The results can be used in the production of cold-pressed oils, when modernizing pressing equipment and when developing technologies with increased preservation of bioactive components.

Keywords: flax seeds, linseed oil, hydraulic presses, screw presses, cold pressing, quality, oxidation

ВСТУП. Протягом останніх десятиліть насіння та олія льону стали предметом підвищеного інтересу серед дієтологів та в дослідженнях різноманітних захворювань завдяки позитивному впливу на здоров'я людини, зумовленому його біологічно активними речовинами. Тому не дивно, що насіння льону входить до складу багатьох рецептів у сучасній кулінарній літературі про здорове харчування. (Dzuvoor et al., 2018). Холоднопресована лляна олія є цінним джерелом біологічно активних сполук, які сприяють зміцненню здоров'я (Rabiej-Kozioł, et al., 2023). Поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК) ω -3 та ω -6 привернули особливу увагу лікарів, оскільки ці кислоти мають здатність брати участь у структурній та функціональній організації клітинних мембран, регулюють жировий обмін, знижують рівень холестерину в крові, тощо. У лляній олії ПНЖК ω -3 та ω -6 містяться в оптимальному співвідношенні 1:10. Наразі насіння льону та препарати з нього широко використовуються в медицині. Воно особливо корисне для людей похилого віку, ослаблених дітей та післяопераційних пацієнтів. (Ivanov et al., 2011). Лляне насіння зазвичай містить 35–45% олії, яка містить 9–10% насичених жирних кислот (пальмітинової та стеаринової), близько 20% мононенасичених жирних кислот (головним чином олеїнової кислоти) та понад 70% α -ліноленової кислоти. Вміст білка в насінні льону коливається від 20 до 30%, тоді як вміст харчових волокон може сягати 28% (Dzuvoor et al., 2018; Sydow et al., 2019). Лляна олія належить до найбільш цінних функціональних харчових продуктів завдяки своєму унікальному жирнокислотному профілю. Вона є рекордсменом серед рослинних олій за вмістом α -ліноленової кислоти - поліненасиченої жирної кислоти ряду ω -3, частка якої може сягати 50–65% (Goyal et al., 2014). Користь лляної олії для здоров'я шляхом оцінки наукових доказів доведена в роботі Nie et al., (2025). Вміст олії та жирних кислот у насінні льону коливається від 38 до 45% залежно від місця вирощування та умов навколишнього середовища (Moknatjou et al., 2015). Також, у цьому дослідженні стверджується, що вміст жирних кислот у насінні льону змінюється залежно від умов обсмажування, оскільки склад жирних кислот насіння льону впливає на застосування в подальшому цієї олії.

Протягом останніх двох десятиліть насіння льону перебуває в центрі підвищеного інтересу в галузі досліджень дієт та захворювань завдяки потенційній користі для здоров'я, пов'язаній з деякими його біологічно активними компонентами. Насіння льону має харчові характеристики та є багатим джерелом ω -3 жирних кислот: α -ліноленової кислоти, коротколанцюгових поліненасичених жирних кислот, розчинної та нерозчинної клітковини, фітоестрогенних лігнанів, білків та низки антиоксидантів (Ivanov et al., 2011; Goyal et al., 2014). Біологічну активність насіння льону та його роль у покращенні здоров'я людини ґрунтовно описано в дослідженні (Nowak and Jeziorek, 2023). В роботі змістовно представлено дослідження користі лляної олії, описано їх шлях застосування від ліків до функціонального джерела їжі та її користь для здоров'я у зменшенні різноманітних захворювань людини. У дослідженні (Rezaei et al. 2020) вивчали вплив лляної олії, як багатого джерела α -ліноленової кислоти, на жирову дистрофію печінки та кардіометаболічні фактори ризику у пацієнтів з неалкогольною жировою хворобою печінки (НАЖХП). Результати показали, що в контексті запропонованої дієти та помірної фізичної активності лляна олія може бути корисною для пацієнтів з НАЖХП для покращення ступеня жирової дистрофії печінки та ваги порівняно з соняшниковою олією.

Однак, існує проблема, яка полягає в тому, що високий вміст ПНЖК робить олію надзвичайно чутливою до окислення під впливом тепла, світла та кисню. Тому, вибір технології видобування олії впливає на її кінцеву якість. Слід враховувати і той факт, що виробники, прагнуть максимізувати вихід олії з насіння, тому вони часто використовують режими, що підвищують температуру пресування. Звідси і виникає конфлікт між економічною ефективністю та біологічною цінністю отриманої продукції.

Пресування є оптимальним методом видобування олії: він енергоефективний, вартість і вибір обладнання доступні широкому колу людей задіяних у виробництві олії, на відміну від хімічного способу екстракцією розчинниками. Однак, в залежності від вибору і параметрів

обраного обладнання, вихід олії порівняно з екстракцією є низьким, до 18% олії залишається в макусі (Hudzenko et al., 2020).

Враховуючи вищенаведену інформацію, вважаємо, що як для українського споживача "натуральної" лляної олії, так і для виробників олії в цілому, дослідження спрямовані на аналіз та узагальнення наукової інформації щодо існуючих на сьогодні технологій видобування олій, типів обладнання для цього, сучасних іноземних досліджень по даній темі, узагальненні користі від вживання лляної олії є актуальним.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ – аналіз та узагальнення наукової інформації про сучасні технології та обладнання для видобування лляної олії, особливості технології "холодного" віджиму та наукове обґрунтування температурних режимів для максимального збереження її окисної стабільності та користі для здоров'я людини.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ. Методологія дослідження базувалася на двох ключових етапах: уточненні розуміння термінів, які деталізують досліджувану проблему, та визначення чітких критеріїв для відбору відповідних джерел інформації..

Для досягнення поставленої мети були застосовані аналітичні та загальнонаукові методи, а саме: монографічний, аналіз і синтез, класифікаційний підхід та пошук інформації в електронних джерелах. Для підтвердження висновків використовуються дані ретроспективного аналізу наукових публікацій, що досліджують вплив параметрів механічного пресування на фізико-хімічні показники олій. В якості матеріалів аналізуються результати досліджень, де порівнювалися олії, отримані на шнекових та гідравлічних пресах, за різного температурного режиму.

Об'єктом дослідження є проблеми вибору оптимальних параметрів температури процесу відтискання у різноманітних конструкціях пресів та якісні показники олії.

Предметом дослідження є обладнання для віджимання олії, отримана олія для харчування та вплив її застосування на здоров'я людини.

Інформаційна база дослідження. При проведенні дослідження було використано інформацію, представлену в базах даних Scopus, Web of Science Core Collection, PubMed і Google Scholar. У процесі пошуку було виявлено 134 статті. Після змістовного аналізу їх розподілено по відповідним категоріям щодо мети дослідження, та найвагоміші з них було використано у подальшому дослідженні.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ. Видобуток лляної олії з олійного насіння є ключовим першим кроком у виробництві найбільшої кількості корисних для здоров'я людини продуктів з насіння льону. Для отримання олії з насіння льону було впроваджено багато методів (традиційних і нових). До них належать механічна обробка, екстракція розчинником (полярним та неполярним), екстракція надкритичною флюїдом, екстракція за допомогою ультразвуку та екстракція за допомогою мікрохвиль (Bhargavi et al., 2018; Dzuvor et al., 2018). У дослідженні (Gutte et al., 2015) була оптимізація процесу екстракції лляної олії за допомогою ультразвукової обробки та визначення її впливу на ω -3 жирну кислоту. Екстракцію лляної олії оптимізували за допомогою різних розчинників, таких як метанол, ацетон, петролейний ефір, етанол, гексан та дихлорметан. Ультразвукову обробку оптимізували щодо амплітуди (20–80 кГц), температури (25–40°C), часу ультразвукової обробки (20–80 хв) та співвідношення твердої речовини до розчинника (1:5, 1:10 та 1:15) для екстракції лляної олії. У роботі (Chemat et al., 2012) описані альтернативні методи видобування олії. Наприклад екстракція надкритичним CO₂ застосовується в кількох секторах, таких як харчова, косметична та фармацевтична промисловість. Для екстракції ефірних олій, барвників та антиоксидантів було використано новий метод мікрохвильової екстракції без розчинників, який називається мікрохвильовою гідродифузією та гравітацією. Цей метод, що базується на відносно простому принципі, також передбачає розміщення рослинного матеріалу в мікрохвильовому реакторі без

додавання розчинника чи води. Внутрішнє нагрівання води *in situ* всередині рослинного матеріалу розтягує рослинні клітини та призводить до розриву залоз та олійних вмістилищ.

Заслугове уваги робота (Chemat et al., 2012) у якій приділено увагу розвитку зелених технологій. Використання відновлюваної сировини відіграють центральну роль в екологічно чистих процесах. Застосований термін зеленого видобутку природних продуктів, трактують наступним чином: «Зелений видобуток базується на відкритті та розробці процесів екстракції, які зменшать споживання енергії, дозволять використовувати альтернативні розчинники та відновлювані природні продукти, а також забезпечать безпечний та високоякісний екстракт/продукт». У роботі представлено шість принципів екологічно чистої екстракції. Описано багатогранну стратегію застосування цієї концепції на дослідницькому та промисловому рівні. Основою запропонованого робочого протоколу є нові та інноваційні технології, інтенсифікація процесів, агророзчинники та енергозбереження. Останні тенденції в методах екстракції значною мірою зосереджені на пошуку рішень, які мінімізують використання розчинників. Запропоновано використання альтернативних розчинників, на заміну нафтохімічних розчинників і головним чином води або агророзчинників, що видобуваються із сільськогосподарських ресурсів.

Головною метою процесу видобування олії є отримання високого рівня виходу олії та високоякісної макухи (шроту) для їх подальшого використання в харчових продуктах та на кормові цілі. Екстракція розчинником та механічне пресування є двома важливими методами екстракції олії. Екстракція олії розчинником є найефективнішим методом і здатна витягти понад 98% олії (Hudzenko et al., 2020). Механічне пресування за допомогою в основному гідравлічного та шнекового преса є технічно менш складним і використовується для матеріалів з високим вмістом олії, щоб видобувати більшу частину олії перед екстракцією розчинником решти олії з макухи (Mridula et al., 2015). Механічне пресування олійного насіння дозволяє витягти 86–92% олії за один-два проходи. Головною рушійною силою процесу механічного видобування олії є застосування тиску і зсувних сил до олієвмісного матеріалу за допомогою механічних пресів-експелерів, а сам процес називається пресуванням.

Вибір технології пресування є важливим параметром, який впливає як на вихід, так і на якість олії. Підвищення впливу температури при пресуванні значно підвищує вихід олії; однак це призводить до деградації термочутливих біоактивних сполук в олії. Крім того, висока температура прискорює окислення ПНЖК, що ставить під загрозу харчову цінність та стабільність олії.

Процес холодного пресування не передбачає попереднього нагрівання насіння олійних культур. Під час холодного пресування насіння олійних культур надходить у прес при температурі навколишнього середовища (20 °C), а температура віджатої олії зазвичай не перевищує 50 °C. Технологія холодного віджиму гарантує збереження ароматичного профілю та макро- та мікроелементів, що містяться в олії, а також інших біологічно активних компонентів, тому ідеально підходить для холодних страв. (Hudzenko et al., 2020; Krulj et al., 2021). Олії холодного віджиму викликали значний інтерес за останні два десятиліття, що призвело до переосмислення їхнього виробничого процесу. Такі олії повинні мати чіткий колір, прозорість та свіжий і чистий аромат, характерний для олійних рослин (Tian et al., 2023).

Однак цей метод призводить до нижчого виходу олії (24–26% виходу лляної олії), зберігаючи при цьому майже 15–30% олії в макусі. Перед пресуванням застосовують різні методи попередньої обробки олієвмісного матеріалу, такі як обсмажування, паровий вибух та ферментативна обробка, щоб покращити вихід та якість олії. Однак ці підходи часто ставлять під загрозу окислювальну стабільність та харчову цінність олії. У сучасному дослідженні (Chand et al., 2025) автори описують підхід попередньої обробки насіння заморожуванням-відтаванням, який створює тепловий шок, порушуючи клітинну структуру та підвищуючи антиоксидантну здатність і вихід олії. Оптимальними умовами для пресування було виявлено 6 годин заморожування та 6 годин відтавання протягом 4 циклів, що призвело до значного

збільшення виходу олії з 25,13% до 38,28% та 24% збільшення вмісту біологічно активних сполук, що спричинило покращення окислювальної та харчової стабільності.

Нині в Україні зберігається тренд з переорієнтації з вирощування зернових культур на олійні, оскільки коштують вони дорожче. В Україні динамічно розвивається виробництво олії нішевих культур. Виробляються вони на невеликих за потужністю підприємствах та орієнтовані як на внутрішній, так і зовнішні ринки. У зв'язку з сучасними тенденціями та переорієнтацію українських аграріїв на вирощування олійних культур, очевидно подальше зростання виробництва саме нішевих олій.

В крафтовому виробництві застосовують переважно технологію одноступеневого холодного пресування, коли застосовується лише прес першого рівня. Перевагами такого пресування є менші потреби в енергії, простота конструкції пресу та його обслуговування, а також невеликі розміри, що разом значно скорочує інвестиційні витрати. При роботі в більш холодних середовищах (взимку), коли насіння потенційно може піддаватися впливу температур нижче 15 °C, рекомендується додати технологію для стабілізації температури (до 20 °C). З метою видобування більшої кількості олії застосовують технологію двоступеневого пресування. При цьому виді пресуванні, насіння безперервно транспортується в преси першого рівня, а з них макуха надходить у прес другого рівня.

У дослідженні Kasote (2013) приводяться результати трьохступеневого холодного пресування, які підтвердили, що застосування третього пресу призводить до втрати як загального вмісту фенолів, так і флавоноїдів у лляній олії, що може бути пов'язано із застосуванням високого тиску та значного нагрівання макухи, що утворюється під час обробки потрійним пресуванням. Відомо, що фенольні сполуки запобігають окисленню ліпідів і мають великий вплив на стабільність, чутливість та поживні характеристики олії.

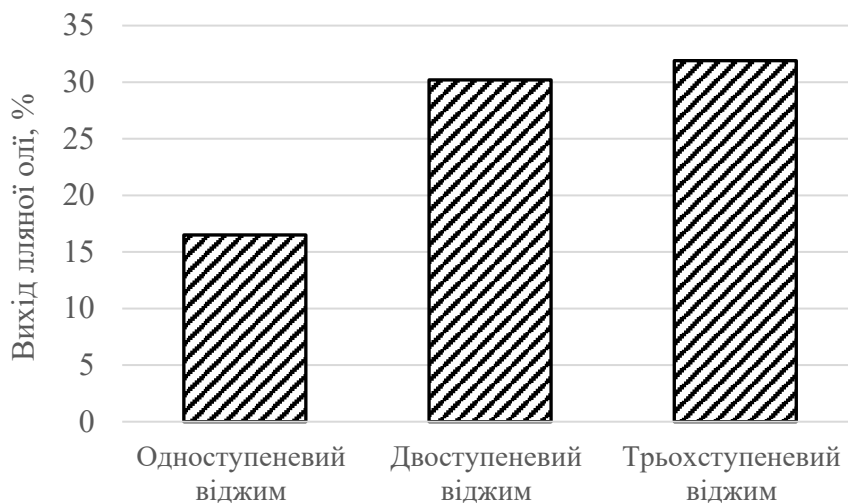


Рисунок 1. Вплив кількості ступенів пресування на вихід лляної олії [Kasote, 2013]

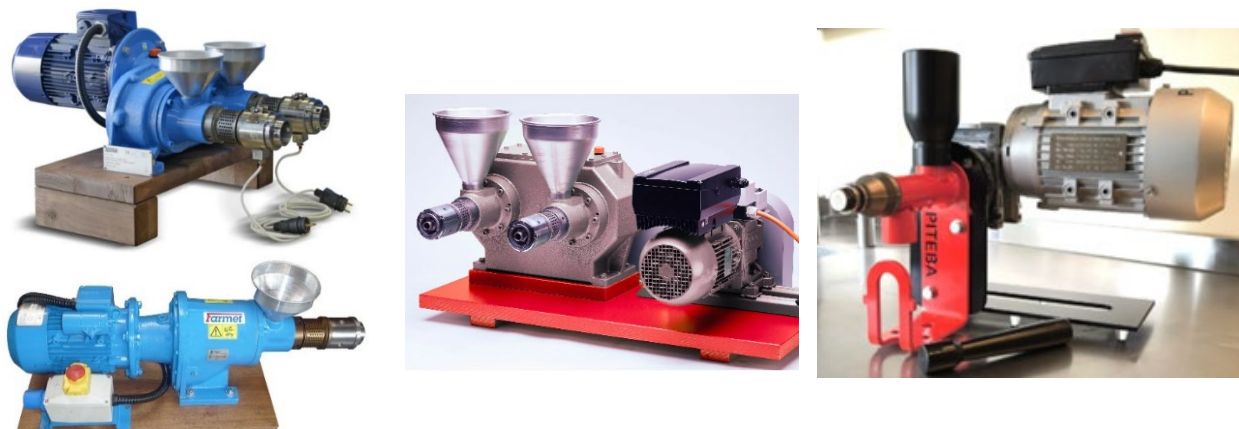
Найчастіше, для отримання олії "холодного віджиму" використовують шнекові преси з приводом робочих органів від електродвигуна (рис. 2, 3).

Для домашнього вжитку виробляють конструкції пресів з ручним приводом шнека (Наприклад: преси *PITEVA* (Нідерланди) та *IBG Monforts Oekotec*, Німеччина). В конструкціях пресів "холодного віджиму" передбачений нагрів робочої зони для полегшеного запуску преса. Більшість пресів мають електродвигун потужністю 3 кВт та продуктивністю до 50 кг/год.

При дослідженнях пресів даного типу, найчастіше змінними параметрами є величина вихідного отвору для макухи, геометричні розміри шнека та швидкість обертання шнека.

У дослідженнях S. Karaj and J. Müller (2019) контролювали температуру, що генерується механічним шнековим пресом вздовж шнекового валу та визначали її вплив на хімічні властивості олії. У результаті автори дійшли висновку, що температура, що генерується під час механічного пресування в зоні стиснення має прямий вплив на якість олії та не залежить від

зовнішніх умов. Не всі змінні хімічні властивості показують кореляцію з температурою в зоні стиснення. Наприклад, кислотне число, вільні жирні кислоти, загальне забруднення, залишки вуглецю та вміст води не показують кореляції з температурою в зоні стиснення. Однак встановили, що температури в місцях збору олії та у місці формування та виходу макухи демонструють дуже значні коливання під час експерименту.

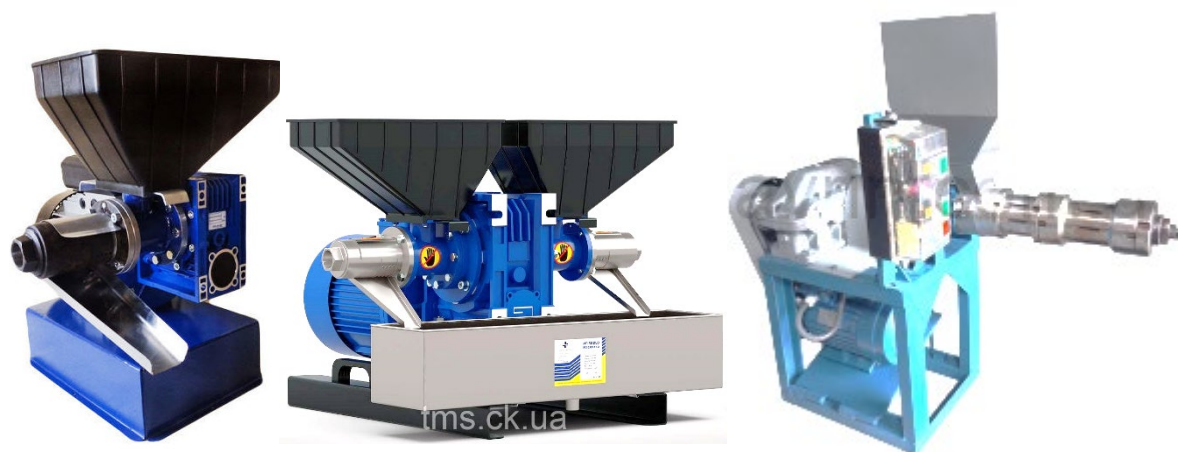


а)

б)

в)

Рисунок 2. Шнекові преси холодного віджиму виготовлені в Європі: *а - Farmet DUO та UNO (Чехія); б – Komet D85-1G (IBG Monforts Oekotec, Німеччина); в –PITEBA (Нідерланди).*



а)

б)

в)

Рисунок 3. Шнекові преси холодного віджиму вироблені в Україні: *а - МП-50 "Маслятко" (ТОВ "ТехноМашСтрой", м. Черкаси); б – МП-50 DUO (ТОВ "ТехноМашСтрой", м. Черкаси); в - ММШ-50 (ТОВ "Лаврін" м. Дніпро)*

У роботі (Mizera et al., 2018) зазначено, що вміст вологи в насінні впливає на продуктивність шнекового преса. Нижча вологість насіння призводить до кращого виходу олії, але також підвищує температуру пресування. Споживана потужність преса зменшувалася при вищій швидкості обертання шнека. Швидкість обертання шнека в експерименті становила 10, 20, 30, 40, 55 та 65 об/хв. Ефективність вилучення олії та питома механічна енергія знижувалися при збільшенні пропускної здатності насінневого матеріалу. Максимальна ефективність вилучення олії 82,6% була за найнижчої швидкості шнека. Оптимальна робоча точка для шнекового преса Farmer 20 DUO становила по продуктивності ріпаку 20 кг/год.

Питома механічна енергія в оптимальній робочій точці становила 0,61 кВт·год/кг олії, а ефективність вилучення олії – 76,3%.

Т. Fouda et al. (2021) дослідив ефективність холодного пресування та низькотемпературних методів (контрольоване підвищення температури) для виробництва лляної олії та вплив їх на час віджиму. Використовувалися зважені зразки насіння льону у кількості подачі 1, 2, 3, 4 та 5 кг при вмісті вологи 12% сухої маси. Результати холодного пресування показали, що відповідне співвідношення подачі збільшилося з 20, 40, 60, 80 та 100%, час роботи збільшився до 8, 16, 23, 32 та 38 хвилин, крім того, температура початку процесу пресування починалася з 29 °С та збільшувалася на 31, 34, 35, 36 та 37°С. Також, кількість олійного продукту збільшилася на 184, 402, 576, 775 та 981 г. Вага макухи збільшилася на 786, 1576, 2351, 3196 та 3991 г. У той час як при низькотемпературних методах з використанням початкової температури нагрівача головки преса 47°С (при цьому температура знизилася шляхом охолодження олією з 43, 42, 41, 40 та 39 °С, а час екстракції збільшився з 8, 16, 23, 32 та 38 хв.). Вага олійного продукту збільшилася на 187, 388, 581, 783 та 991 г, а вага макухи – на 800, 1591, 2394, 3191 та 3900 г. Відповідно коефіцієнт подачі збільшився з 20, 40, 60, 80 та 100 %. але температура знизилася з 43, 42, 41, 40 та 39 °С після використання холодного пресування та низькотемпературних методів. Автори зазначили, що холодний віджим олії є найкращим методом для отримання якісної олії. Однак, коли потрібно скоротити час віджиму, рекомендують використовувати нагрівач, який може збільшити температуру до 50 °С.

Останнім часом, набирають популярності преси з приводом від гідравлічних насосів. Конструкції цих пресів в основному мають два типи виконання рам пресів з розташуванням гідравлічних циліндрів (рис. 4). Українським виробником CraftOil розроблені преси різної продуктивності. Найчастіше використовуються 30-тонні машини для холодного віджиму олії. Цей прес виготовлений зі сталевого швелера та поєднана з 3-літровою дерев'яною бочкою ручної роботи та оснащений двоступеневим гідравлічним насосом, здатним створювати тиск до 30 тонн, що ідеально підходить для ефективного пресування олії за кімнатної температури. Вихід олії (приблизно з 2 кг сировини) для насіння льону складає 20% (~400 мл або більше).



а)



б)

Рисунок 4. Преси з приводом від гідроциліндрів (основна контактна частина з олією виготовлена з натуральної деревини)

Конструкція такого преса складається з прес-пластини, яка розміщена внизу або вгорі гвинтового притискного механізму. Тиск, що розвивається в конструкціях цих пресів, залежить від діаметра кожуха преса та від потужності домкратів чи гідроциліндрів. Вищого тиску можна досягти, зміншивши діаметр кожуху, а також притискної пластини. Зменшення діаметра кожуху призводить до зменшення продуктивності. Як правило, тіло кожуха преса може вмістити 5-30 кг олійної маси із середньою місткістю 20 кг. Тиск слід повільно збільшувати. У випробуваннях (Bhargavi et al., 2018) проведено дослідження, як вміст вологи впливає на вихід олії. Олія, отримана на такому пресі зберігає всі первісні властивості, закладені природою, і володіє лікувальними властивостями. Корпус таких пресів зазвичай виконаний з натурального дерева і оброблений бджолиним воском. Для збільшення виходу олії з великого насіння і для віджиму олії з дрібних насінин - їх потрібно подрібнити перед тим як пресувати олії, навіть досить щоб була порушена оболонка насіння.

Отримана в результаті олія має легкий аромат і зберігає всі корисні речовини сировини, з якої була виготовлена. Наступний етап виготовлення натуральних олій - природне відстоювання, під час якого осідають усі тверді частинки. На середніх і великих за потужністю виробництвах олія фільтрується під тиском із використанням коагулянтів і різних хімічних засобів для освітлення і збільшення терміну зберігання.

У дослідженні (Singh et al., 2012) вивчали фізичні та хімічні властивості насіння льону як функцію вмісту вологи. Встановлено, що геометричні властивості збільшувалися зі збільшенням вмісту вологи. Насипна щільність, зусилля розриву, деформація та поглинена енергія лінійно зменшувалися, тоді як справжня щільність, пористість, маса тисячі насінин, кут природного укусу та статичний коефіцієнт тертя лінійно зростали зі збільшенням вмісту вологи.

Вибір певного типу пресового обладнання визначає здатність виробника нішевих олій дотримуватися температурного режиму представлено в таблиці 1.

Таблиця 1. Застосування на виробництві пресів в залежності від температурного режиму

Тип преса	Температурний режим	Вихід олії	Тип виробництва
Гідравлічний (Сиродавлення)	Гарантовано 40°C (мінімальне статичне стиснення).	Низький	Крафтове виробництво, найвища якість.
Шнековий (без нагріву; з охолодженням)	Потребує активного охолодження для підтримки 45°C (через динамічне тертя).	Середній - Високий	Крафтове виробництво (преси продуктивністю до 20-40 кг/год)
Шнековий (без охолодження)	45°C – 60°C	Високий	Середні (преси продуктивністю від 40 кг/год) виробництва, компроміс "якість-обсяг".

Джерело: розроблено авторами

При дослідженні процесів видобування рослинних олій науковцями піднімаються питання: як помірно підвищення температури пресування може впливати на якість отриманої олії. Адже підвищення температури нагріву корпусу преса у діапазоні температур "холодного віджиму" має двоякий ефект:

- вплив на вихід олії: збільшення температури навіть у межах 45-60°C знижує в'язкість олії, що полегшує її витікання і збільшує загальний вихід (mridula et al., 2015). це є головним економічним стимулом для виробників.
- вплив на якість (окисна стабільність): вважається, що нагрів каталізує первинне окислення (зростання перекисного числа), знижуючи нутриціологічну цінність. дослідження показують, що олії, отримані при вищих температурах, мали значно гірші показники якості (sydow et al., 2019). оскільки перекисне число є маркером свіжості, це означає, що високотемпературна олія має менший термін зберігання і швидше втрачає свою користь для здоров'я.

У роботі (sydow et al., 2019) було досліджено відтискання лляних олій з насіння двох сортів з коричневим та золотим насінням за різних температур (від 50 до 90°C). При цьому паралельно аналізували вплив таких технологічних параметрів пресування (продуктивність пресування, пропускна здатність, споживання енергії) на якісні показники отриманих олій (кислотне число, перекисне число, колір олії). Якість олій оцінювали як для свіжовідтиснутої олії, так і для олій, що зберігалися при температурі 5°C або 25°C протягом 30 днів. Результати показали, що вищі температури пресування (80–90°C) можуть бути непридатними для прийнятних показників якості лляної олії (зміна кольору олії тощо) та надмірного споживання енергії пресом. Для інших температурних діапазонів негативного впливу на якість олій не спостерігалось, тоді як технічні параметри для цих варіантів підтримувалися на подібному рівні для обох сортів льону. (Sydow et al., 2019).

Для забезпечення максимальної користі для здоров'я, необхідно використовувати технологічні рішення, які долають конфлікт "вихід - якість".

Окислювальна стабільність є одним з найважливіших параметрів, який використовується для оцінки якості олії, визначення її стійкості до процесу окислення. Окислення відбувається в ненасичених жирних кислотах під час зберігання або термічної обробки олії та спричиняє їх погіршення якості. Визначають її за допомогою різних методів, які досить широко досліджені в роботі (Symoniuk et al., 2018).

Ляльна олія, навіть найякісніша, дуже схильна до окислення під час обробки та зберігання через такі фактори, як тепло, світло та кисень. В результаті окислення ПНЖК та вітаміни втрачають свої біологічні властивості та можуть утворювати токсичні продукти, іноді канцерогенного характеру (Nycter et al., 2008). У роботі (Tańska et al., 2016) проведено дослідження щодо визначення якості та окислювальної стабільності відібраних лляних олій холодного віджиму. Для експерименту було відібрано зразки олії свіжо відтиснуті, тобто з виробництва, що вважається початком терміну придатності. А також, зразків олії, які зберігалися в холодильнику протягом трьох місяців (кінець заявленого терміну придатності). Науковці (Nycter et al., 2008; Tańska et al., 2016) пропонують наступні основні рекомендації згідно згаданих факторів щодо зберігання олії для збереження її біологічної активності:

1. Температура: Зберігати виключно в холодильнику (при температурі від 4°C до 8°C). Адже низька температура значно сповільнює хімічні реакції окислення, які руйнують поліненасичені жирні кислоти, вітаміни та антиоксиданти. Зберігання при кімнатній температурі призводить до швидкої втрати якості.

2. Світло. Тип упаковки також відіграє важливу роль у захисті якості лляної олії. Зберігати в темній (бажано коричневій або зеленій) скляній тарі. Адже сонячне світло (особливо ультрафіолет) є сильним каталізатором процесу фотохімічного окислення. Темне скло виступає фізичним бар'єром, захищаючи чутливі омега-3 жирні кислоти від руйнування.

3. Кисень: Після кожного використання негайно і щільно закривати кришку. Кисень є безпосереднім реагентом у процесі окислення. Чим менше повітря контактує з олією, тим повільніше відбувається її псування. Тому для здорового харчування рекомендовано купувати лляну олію в маленьких об'ємах (наприклад, 200–300 мл), щоб спожити її протягом 4-6 тижнів після відкриття. Чим довше відкрита пляшка стоїть, тим більше кисню залишається у вільному просторі та тим інтенсивніше відбувається окислення.

Результати приведених досліджень показують, що прозорі пластикові пляшки не підходять для зберігання довше 3 місяців. Це пов'язано з їхньою проникністю для кисню та впливом світла на олію. Відомо, що більш ненасичені жирні кислоти більш схильні до окислення. Поліненасичені жирні кислоти, ліноленова та лінолева, швидко окислюються навіть за кімнатної температури, тоді як олеїнова кислота може окислюватися лише за підвищених температур. Крім того, швидкість реакції кисню з ліноленовою кислотою приблизно вдвічі вища, ніж у лінолевої кислоти.

Згідно приведених даних у роботах (Choo et al., 2007; Tańska et al., 2016) термін придатності олії коливається від 5 тижнів до 3 місяців при зберіганні в холодильнику. Термін зберігання якісної лляної олії холодного віджиму зазвичай не перевищує 6–12 місяців у закритій тарі (і менше, ніж в олій з меншим вмістом ПНЖК). Після відкриття цей термін різко скорочується. Виділяють наступні ознаки псування: прогірклий, різкий, "рибний" або "фарбовий" запах та смак свідчать про те, що омега-3 окислилися, і олія втратила свою біологічну цінність, а її споживання може бути небезпечним.

Дотримання цих трьох "ворогів" олії – тепла, світла та кисню – є єдиним способом зберегти її користь, отриману завдяки ретельному холодному віджиму.

Щоб мінімізувати окислення олії Tang et al. (2021) рекомендує спробувати багато передових методів, наприклад, технологію виробництва наноемульсій (мікрофлюїдизація, мікрохвильова піч, потужний ультразвук), розпилювальне сушіння тощо, щоб захистити лляну олію, що ще більше розширить її використання. Або, в дослідженні Teimouri Okhchlar et al. (2024) запропоновано використовувати до 5% бланшованого оливкового листа разом з насінням льону для посилення окислювальних властивостей стабільності пресованих олій. При цьому окислювальна стабільність екстрагованих олій була вищою на 7,5% порівняно з контрольним зразком.

На ринку харчових продуктів представлені олії холодного віджиму з різною пропорцією поліненасичених жирних кислот та різним складом антиоксидантів. Однак ці олії схильні до автоокислення, що призводить до накопичення продуктів окислювального руйнування ліпідів, які вважаються шкідливими (Grajzer et al., 2020). Антиоксидантна поведінка різних класів антиоксидантів являє собою складне явище, яке залежить не лише від структури антиоксиданту, але й від його концентрації. Відповідно, Grajzer et al. (2020) проаналізували та запропонували багато стратегій для полегшення процесу окислення ліпідів у харчових оліях. Автори визначили комбінації антиоксидантів, які, додані до олій холодного віджиму, можуть забезпечити міцні стратегії для підвищення окислювальної стабільності олій холодного віджиму.

Отримані результати свідчать про ключовий вплив температури, тиску та конструктивних параметрів пресового обладнання на початкові стадії окислення лляної олії. Узагальнюючи дані власного аналізу, важливо порівняти їх з наявними науковими публікаціями, що стосуються технологій пресування, холодного віджиму та стабільності поліненасичених жирних кислот.

Передусім, результати цього дослідження узгоджуються із висновками Choo, Birch і Dufour (2007), які виявили, що навіть незначне перевищення температури під час механічного віджиму суттєво прискорює первинні окисні реакції. Дослідники підкреслили, що температури понад 45 °C призводять до різкого зростання пероксидного числа, що повністю корелює з висновками авторів статті, де показано критичний вплив температурного режиму 40–50 °C на початок окислення. Спільним для обох робіт є твердження про важливість суворого контролю нагрівання під час пресування, проте Choo et al. додатково наголошують на ролі світлопроникності тари, чого в аналізованій статті не розглянуто.

Порівнюючи дані з роботою Gutte, Sahoo і Ranveer (2015), слід зазначити, що вони досліджували дію ультразвуку як попередньої обробки та встановили підвищення виходу олії без критичного збільшення температури. Їхні результати частково відрізняються від отриманих авторами цієї статті, оскільки в огляді не розглядаються комбіновані технології, а

фокус зміщений лише на механічний віджим. Проте висновки Gutte et al. підтверджують важливість мінімізації теплового навантаження при збереженні технологічної ефективності, що відповідає загальній логіці представлених у статті результатів.

Важливо звернути увагу на роботу Grajzer та співавторів (2020), які показали, що стабільність холодно пресованих олій залежить не лише від температури процесу, а й від початкової якості насіння та наявності природних антиоксидантів. Порівняно з результатами цієї статті, де основний акцент зроблено на технологічних параметрах пресів, Grajzer et al. розширюють розуміння проблеми, додаючи фактори, не пов'язані з механічною частиною процесу. Це свідчить про необхідність доповнення технологічного аналізу комплексною оцінкою сировини, що може бути перспективою подальших досліджень.

Зіставляючи отримані результати з даними Kasote (2013), який детально дослідив вплив механічного пресування на якість лляної олії, спостерігається значна відповідність: автор також зазначає, що шнекові преси забезпечують високу продуктивність, проте за рахунок підвищених температур і збільшеного ступеня окислення. Спільним є висновок про компроміс між виходом і стабільністю. Водночас Kasote акцентує на ролі конструкції шнека, тоді як у статті Гудзенка основну увагу зосереджено на порівнянні шнекових та гідравлічних пресів без детального аналізу геометрії робочих органів.

У ході порівняння з результатами Chemat, Vian і Cravotto (2012) було встановлено, що автори огляду «зелених» методів екстракції пропонують принципово інші підходи — зокрема, застосування надкритичного CO₂ та мікрохвильових технологій, які значною мірою зменшують теплове навантаження. У контексті цього, аналізована стаття зосереджується лише на традиційних технологіях механічного віджиму, тому її результати доцільно розглядати як частину ширшої картини, де альтернативні підходи також можуть забезпечувати високу стабільність продукту. Додавання таких порівнянь могло б суттєво посилити дискусію.

У роботі Çakaloğlu, Özyurt і Ötleş (2018) підкреслено, що холодне пресування є найбільш стабільним методом отримання олії за умови точного контролю всіх етапів процесу. Вони наголошують, що навіть в умовах холодного пресування неконтрольоване зростання тиску може призвести до локального перегрівання, що погіршує якість олії. Ці результати повністю узгоджуються з даними авторів статті, де також встановлено, що тривалість та інтенсивність пресування визначають швидкість первинного окислення. Проте Çakaloğlu et al. більш детально розглядають ризики мікролокальних температурних піків у зоні шнека, тоді як у статті ці аспекти не деталізовано.

Дослідження Hudzenko et al., (2023) підтверджує важливість конструктивних рішень каналів для відведення олії, що безпосередньо впливають на температуру та рівномірність віджиму. Їхні експериментальні дані доповнюють загальні висновки статті, яка вказує на необхідність мінімізації теплового впливу, але не містить конструктивних рекомендацій. Це свідчить про те, що результати Гудзенка та співавторів слід розширити за рахунок глибиннішого аналізу конструктивних параметрів обладнання.

Окремої уваги заслуговує дослідження Goyal et al. (2014), яке показало, що збереження альфа-ліноленової кислоти є ключовим чинником біологічної цінності лляної олії. Вони наголошують, що навіть за умов «холодного» віджиму незначні коливання температури істотно змінюють фракційний склад жирних кислот. У статті Гудзенка ці аспекти підтверджуються, проте без кількісних зіставлень профілю жирних кислот. Тому дані обох робіт доповнюють одне одного: автори статті фокусуються на технологічному процесі, а Goyal et al. — на біохімічних наслідках змін параметрів пресування.

Узагальнюючи результати порівняння з науковими публікаціями, можна стверджувати, що висновки авторів статті загалом узгоджуються з сучасними даними про вплив температури, тиску та тривалості віджиму на окисну стабільність лляної олії. Проте в інших роботах значно ширше розглядаються додаткові чинники: властивості сировини, альтернативні методи екстракції, конструктивні характеристики пресів та комбіновані технології. Це дає підстави рекомендувати подальше розширення дослідження в напрямі кількісного аналізу змін складу

жирних кислот, детального розгляду теплоутворення в зоні пресування та оцінки ефективності альтернативних технологій із низьким тепловим впливом.

ВИСНОВКИ. Проведене дослідження підтверджує, що якість лляної олії, визначальна для здорового харчування, прямо залежить від технологічних параметрів її механічного пресування. Температура під час віджиму є головним фактором окисної стабільності лляної олії. Узагальнення літературних даних показало, що перевищення температури 40–50 °C призводить до зростання пероксидного числа на 25–60 % у порівнянні з холодним пресуванням. Це підтверджує критичний вплив локальних температурних піків у шнекових пресах на ініціацію окисних реакцій.

Шнекові преси забезпечують на 12–18 % вищий вихід олії, однак супроводжуються утворенням зон локального перегрівання, що прискорює деградацію альфа-ліноленової кислоти. Гідравлічні преси демонструють нижчу температуру віджиму (22–32 °C), завдяки чому забезпечують до 20 % кращу збереженість поліненасичених жирних кислот, забезпечуючи її найвищу нутриціологічну цінність, хоча вихід олії є нижчим. Проведений аналіз підтверджує існування економічного конфлікту між максимізацією виходу олії та збереженням її користі для здоров'я.

Встановлено, що збільшення тривалості віджиму на кожні 10 хв спричиняє підвищення пероксидного числа в середньому на 8–11 %, незалежно від типу пресового обладнання. Це підкреслює необхідність оптимізації режимів подачі та інтенсивності пресування. Збільшення ефективності відведення олії на 15–20 % дає змогу зменшити час перебування сировини в зоні нагріву та знизити інтенсивність окислення.

Визначено, що для отримання лляної олії з високою біологічною цінністю оптимальними є такі параметри: температура пресування не вище 35–40 °C; питомий тиск нижче 60 МПа; рівномірне відведення олії через канали максимально допустимої площі.

Практична цінність проведеного аналізу полягає у формуванні конкретних технологічних рекомендацій для виробників, а саме: модернізація шнекових пресів шляхом оптимізації геометрії каналів може підвищити окисну стабільність продукту на 15–25 %; використання гідравлічних пресів є доцільним для виробництва преміальної холодно пресованої олії; контроль температури є ключовим чинником, що визначає конкурентоспроможність продукції.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з моделюванням теплоутворення в робочій камері пресів; дослідженням взаємодії конструктивних параметрів і фракційного складу жирних кислот; порівнянням механічних та альтернативних «зелених» технологій видобування.

Подяки. Немає.

Конфлікт інтересів. Немає

References

- Çakaloğlu, B., Özyurt, V. H., & Ötleş, S. (2018). Cold press in oil extraction. A review. *Ukrainian Food Journal*, 7(4), 640–654. <https://doi.org/10.24263/2304-974x-2018-7-4-9>
- Chand, M., Chopra, R., Singh, A., Prabhakar, P. K., Kamboj, A., & Singh, P. K. (2025). "Enhancement of flaxseed oil quality and yield using freeze-thaw pretreatment optimization: A novel approach". *Food chemistry: X*, 26, 102328. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2025.102328>
- Chemat, F., Vian, M. A., & Cravotto, G. (2012). Green extraction of natural products: concept and principles. *International journal of molecular sciences*, 13(7), 8615–8627. <https://doi.org/10.3390/ijms13078615>
- Choo, W.-S., Birch, J., & Dufour, J.-P. (2007). Physicochemical and quality characteristics of cold-pressed flaxseed oils. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20(3–4), 202–211. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.12.002>

- Dzuovor, C. K. O., Taylor, J. T., Acquah, C., Pan, S., & Agyei, D. (2018). Bioprocessing of Functional Ingredients from Flaxseed. *Molecules*, 23(10), 2444. <https://doi.org/10.3390/molecules23102444>
- Goyal, A., Sharma, V., Upadhyay, N., Gill, S., & Sihag, M. (2014). Flax and flaxseed oil: an ancient medicine & modern functional food. *Journal of food science and technology*, 51(9), 1633–1653. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1247-9>
- Gutte, K. B., Sahoo, A. K., & Ranveer, R. C. (2015). Effect of ultrasonic treatment on extraction and fatty acid profile of flaxseed oil. *OCL*, 22(6), D606. <https://doi.org/10.1051/ocl/2015038>
- Grajzer, M., Szmalczel, K., Kuźmiński, Ł., Witkowski, M., Kulma, A., & Prescha, A. (2020). Characteristics and Antioxidant Potential of Cold-Pressed Oils—Possible Strategies to Improve Oil Stability. *Foods*, 9(11), 1630. <https://doi.org/10.3390/foods9111630>
- Hudzenko, M., Vasylyv, V., Zheplinska, M., Sarana, V., & Gorenkov, D. (2023). Study of the effectiveness of the design of the oil removal channels of screw presses for squeezing out oil. *Animal Science and Food Technology*, 14(4), 58-73. <https://doi.org/10.31548/animal.4.2023.58>
- Hudzenko, M., Shtefan, E., Yastreba, S., Vasylyv, V., Mushtruk, M., & Slobodyaniuk, N. (2020). Scientific and technical substantiation of oil presses parameters. Kyiv: Comprint.
- Fouda, T., El-Kholy, M., Elmetwalli, A., Darwesh, M., & Zanaty, A. E. (2021). Using cold pressing and low temperature technique to preserve of flax seed oil quality and cake product.
- Ivanov, S., Rashevskaya, T., & Makhonina, M. (2011). Flaxseed additive application in dairy products production. *Procedia Food Science*, 1, 275–280. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2011.09.043>
- Karaj, S., & Müller, J. (2019). Temperature influence on chemical properties of jatropha curcas L. oil extracted with mechanical screw press. *Biofuels*, 12(7), 853–859. <https://doi.org/10.1080/17597269.2018.1554946>
- Kasote, D. (2013). Effect of mechanical press oil extraction processing on quality of linseed oil. *Industrial Crops and Products*. <https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2012.05.015>
- Kasote, D. M., & Patil, A. S. (2024). Advances in linseed oil extraction and its quality assessment. In *Linseed* (pp. 73–78). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-443-15439-3.00020-5>
- Krulj, J.; Pezo, L.; KoJi'c, J.; Solarov, M.B.; Tesli'c, M. Quality evaluation of cold-pressed oils and semi-defatted cake flours obtained on semi-industrial scale. *J. Food Nutr. Res.* 2021, 60, 217–228.
- Mizera, Č., Herák, D., Hrabě, P., & Kabutey, A. (2018). Extraction of oil from rapeseed using duo screw press. <https://doi.org/10.15159/AR.18.059>
- Moknatjou, R., Hajimahmoodi, M., Toliyat, T., Moghaddam, G., Sadeghpour, O., Monsef-Esfahani, H., & Shams-Ardekani, M. (2015). Effect of Roasting on Fatty Acid Profile of Brown and Yellow Varieties of Flaxseed (<i>Linum usitatissimum</i> L). *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 14(1), 117. <https://doi.org/10.4314/tjpr.v14i1.17>
- Mridula, D., Barnwal, P., & Singh, K.K. (2015). Screw pressing performance of whole and dehulled flaxseed and some physico-chemical characteristics of flaxseed oil. *Journal of food science and technology*, 52(3), 1498–1506. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1132-6>
- Mridula, D., Saha, D., Gupta, R., Bhadwal, S., Arora, S., Kumar, P., & Kumar, S. R. (2020). Oil expelling from whole and dehulled sunflower seeds: Optimization of screw pressing parameters and Physico-chemical quality. *International Journal of Chemical Studies*, 8(4), 4002–4009. <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i4ay.10274>
- Nie, Y., Wang, Y., Hui, J., Shao, D., Chen, R., Deng, Q., Chen, Y., Wang, X., & Zhu, D. (2025). The Impact of Flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) Oil Supplementation on Human Health: A Human-Centric Evidence-Graded Approach. *Nutrients*, 17(11), 1791. <https://doi.org/10.3390/nu17111791>
- Nowak, W.; Jeziorek, M. (2023). The Role of Flaxseed in Improving Human Health. *Healthcare*, 11, 395. <https://doi.org/10.3390/healthcare11030395>

- Nykter, M., Kymäläinen, H., Gates, F.K., & Sjöberg, A.M. (2008). Quality characteristics of edible linseed oil. *Agricultural and Food Science*, 15, 402–413. DOI: 10.2137/145960606780061443
- Rabiej-Kozioł, D.; Momot-Ruppert, M.; Stawicka, B.; Szydłowska-Czerniak, A. (2023). Health Benefits, Antioxidant Activity, and Sensory Attributes of Selected Cold-Pressed Oils. *Molecules*, 28, 5484. <https://doi.org/10.3390/molecules28145484>
- Rezaei, S., Sasani, M. R., Akhlaghi, M., & Kohanmoo, A. (2020). Flaxseed oil in the context of a weight loss programme ameliorates fatty liver grade in patients with non-alcoholic fatty liver disease: a randomised double-blind controlled trial. *The British journal of nutrition*, 123(9), 994–1002. <https://doi.org/10.1017/S0007114520000318>
- Singh, K. K., Mridula, D., Barnwal, P., & Rehal, J. (2012). Physical and chemical properties of flaxseed. *International Agrophysics*, 26(4).
- Sydow, Z., Idaszewska, N., Janeba-Bartoszewicz, E., & Bieńczak, K. (2019). The Influence of Pressing Temperature and Storage Conditions on the Quality of the Linseed Oil Obtained from *Linum Usitatissimum* L. *Journal of Natural Fibers*, 18(3), 442–451. <https://doi.org/10.1080/15440478.2019.1628866>
- Symoniuk, E., Ratusz, K., Ostrowska-Ligeża, E. et al. (2018) Impact of Selected Chemical Characteristics of Cold-Pressed Oils on their Oxidative Stability Determined Using the Rancimat and Pressure Differential Scanning Calorimetry Method. *Food Anal. Methods* 11, 1095–1104. <https://doi.org/10.1007/s12161-017-1081-1>
- Tang, Z., Ying, R.-F., Lv, B.-F., Yang, L.-H., Xu, Z., Yan, L.-Q., Bu, J.-Z., & Wei, Y.-S. (2021). Flaxseed oil: Extraction, health benefits and products. Quality Assurance and Safety of Crops & Foods, 13(1), 1–19. <https://doi.org/10.15586/qas.v13i1.783>
- Tańska, M., Roszkowska, B., Skrajda, M., & Dąbrowski, G. (2016). Commercial Cold Pressed Flaxseed Oils Quality and Oxidative Stability at the Beginning and the End of Their Shelf Life. *Journal of oleo science*, 65(2), 111–121. <https://doi.org/10.5650/jos.ess15243>
- Teimouri Okhchlar, R., Javadi, A., Azadmard-Damirchi, S., & Torbati, M. (2024). Quality improvement of oil extracted from flaxseeds (*Linum usitatissimum* L.) incorporated with olive leaves by cold press. *Food science & nutrition*, 12(5), 3735–3744. <https://doi.org/10.1002/fsn3.4044>
- Tian M, Bai Y, Tian H, Zhao X. (2023) The Chemical Composition and Health-Promoting Benefits of Vegetable Oils-A Review. *Molecules*. 28(17):6393. <https://doi.org/10.3390/molecules28176393>
- Complex Oilseed Processing. Retrived from <https://www.farmet.cz/en-us/complex-oilseed-processing>

Отримано 20.09.2025 р., прийнято до друку 11.11.2025 р.