ISSN 2786-8974 (Online)
2025 | 1
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

https://dx.doi.org//10.31548/humanhealth.1.2025

ISSN 2786-8974 (Online) **УДК 613:17.023.31/.32**

ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ І НАЦІЇ

Електронний науковий журнал. № 1(2025)
виходить 4 рази на рік

Рекомендовано до видання та поширення Вченою радою НУБіП України, протокол №8 від 27.02.2025 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

© Національний університет біоресурсів і природокористування України, 2024
https://dx.doi.org//10.31548/humanhealth.1.2025

ISSN 2786-8974 (Online) **UDC 613:17.023.31/.32**

HUMAN and NATION'S HEALTH

Electronic scientific journal. № 1(2025)
Published 4 times a year

Recommended for publication and distribution the Academic Council NULES of Ukraine, Minutes No.8 of February 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 *(головний редактор);*
Муштрук Михайло Михайлович	Кандидат технічних наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна *(заступник головного редактора)*;
Мельник Вікторія Іванівна	Кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна *(відповідальний секретар)*;
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;
Бєлікова 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 Миколївна	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 Юріївна	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 *(Editor-in-Chief)*;
Mushtruk Mykhailo Mykhailovych	PhD in Technical Sciences, Associate Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine *(Deputy Editor-in-Chief)*;
Melnyk Viktoriia Ivanivna	PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine *(Executive Secretary)*;
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,	Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Borys Grinchenko Kyiv University, Ukraine;
Martynchuk Oleksandr Arkadiiovych	PhD in Medical Sciences, Associate Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukrain;
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 Vitaliiovych	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. Тетяна Манолі, Тетяна Афанасьєва, Олександр Василик, Яна Баришева, Гліб Каплан
Створення сенсорного профілю українських сидрів **7**

2. Олександр Андрощук, Наталія Голембовська,
Аналіз сучасного стану рибного ринку України **21**

3. Ростислав Кравченюк, Ігор Стадник
Вплив властивостей квасу зі столового буряка на якість пшеничного хліба **37**

4. Марія Жеплінська, Володимир Василів, Костянтин Горенков, Надія Зубар
Дослідження впливу процесу екстрагування на макроелементи та органічні кислоти з екстрактів лікарської рослинної сировини **50**

5. Тетяна Бровенко
План НАССР для виробництва продукції з м'яса сільськогосподарської птиці **61**

6. Юрій Медвєдєв
Розробка рецептури яловичих консервів із м`яса категорії DFD **73**

7. Ярослав Кислиця, Аліна Менчинська,
Африканський сом (*Clarias gariepinus*) як перспективна сировина для продуктів здорового харчування **88**

8. Олександр Мартинчук, Лариса Баль-Прилипко, Олег Швець, Альона Альтанова
Можливості застосування штучного інтелекту в нутриціології **100**

9. Людмила Кулакова, Юлія Слива,
Амінокислотний склад варених ковбасних виробів збагачених хлорелою **126**

CONTENTS

1. Tetiana Manoli, Tetiana Afanasieva, Oleksandr Vasylyk, Yana Barysheva, Hlib Kaplan
Creation of a sensory profile of Ukrainian ciders **7**

2. Oleksandr Androshchuk, Nataliia Holembovska
Analysis of the current state of the Ukrainian fish market **21**

3. Rostislav Kravchenyuk, Ihor Stadnyk
The influence of the properties of kvas from table beet on the quality of wheat bread **37**

4. Marija Zheplinska, Volodymyr Vasyliv, Konstantyn Gorenkov, Nadiya Zubar
Study of the influence of the extraction process on macro elements and organic acids from extracts of medicinal plant raw materials **50**

5. Tetyana Brovenko
HACCP plan for the production of poultry meat products **61**

6. Yuriy Medvedev
Development of formulation of canned meat produced of beef of category of DFD **73**

7. Yaroslav Kyslytsia, Alina Menchynska
African catfish (*Clarias Gariepinus*) as a promising raw material for healthy food products **88**

8. Oleksandr Martynchuk, Larysa Bal-Prylypko, Oleg Shvets, Alona Altanova
Potential applicationts of artificial intelligence in nutrition science **100**

9. Liudmyla Kulakova, Yuliia Slyva
Amino acid composition of cooked sausage products enriched with chlorella **126**

УДК 663.31:543.92(477)
https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2025.7

СТВОРЕННЯ СЕНСОРНОГО ПРОФІЛЮ УКРАЇНСЬКИХ СИДРІВ

Тетяна Анатоліївна Манолі
Кандидат технічних наук, доцент,
https://orcid.org/0000-0001-9121-9232,
Одеський національний технологічний університет,
65039, вул. Канатна, 112, м. Одеса, Україна
Тетяна Миколаївна Афанасьєва,
Кандидат технічних наук, доцент,
https://orcid.org/0000-0003-2791-0779,
Одеський національний технологічний університет,
65039, вул. Канатна, 112, м. Одеса, Україна
Олександр Васильович Василик,
Кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,
https://orcid.org/0000-0002-0546-414,
Одеський національний технологічний університет,
65039, вул. Канатна, 112, м. Одеса, Україна
Яна Олегівна Баришева,
Ph.D, асистент кафедри,
https://orcid.org/0000-0002-5479-7479,
Одеський національний технологічний університет,
65039, вул. Канатна, 112, м. Одеса, Україна
Гліб Валерійович Каплан,
здобувач ступеню Ph.D,
https://orcid.org/0009-0001-2929-5442
Одеський національний технологічний університет,
65039, вул. Канатна, 112, м. Одеса, Україна

Анотація. *Досліджено сучасний стан виробництва яблучного сидру як традиційного слабоалкогольного напою, що набуває популярності серед різних категорій споживачів у всьому світі, зокрема, й в Україні. Розглянуто світові тенденції у виробництві та споживанні сидру, серед яких домінують Західна Європа, Африка, Північна Америка та Австралія. Відзначено зростаючу популярність сидру в країнах Східної Європи, включно з Чехію, Румунію та Словенію, а також перспективи для українського ринку. Підкреслюється, що виробництво сидру в Україні має потужний потенціал завдяки наявності природних ресурсів та можливості культивування спеціальних сортів яблук для сидру.*

Аналізуються проблеми, пов'язані із сировиною, зокрема відсутність достатньої кількості технічних сортів яблук із високим вмістом танінів, які відіграють важливу роль у формуванні сенсорних властивостей напою. Наголошується, що сорти яблук суттєво впливають на колір, гіркоту, терпкість і загальну органолептичну якість сидру. Також описано методи оцінки сенсорного профілю сидру, включаючи створення смакових коліс, які сприяють ідентифікації унікальних характеристик напоїв.

Акцентовано увагу на необхідності формування спільної мови для опису сенсорних характеристик сидру. У цьому контексті дослідження спрямоване на розробку сенсорного профілю українських сидрів шляхом застосування стандартних методів оцінки, таких як описовий метод, бальний аналіз та метод створення спектра флейвору.

Результати дослідження дають змогу окреслити основні тенденції та особливості виробництва сидру в Україні, а також сформувати базу для покращення якості продукції на основі глибокого сенсорного аналізу. Показано, що сучасні українські виробники сидру орієн-

нтуються на два основні стилі – традиційний, який базується на використанні яблук для сидру, та сучасний, який передбачає застосування десертних і кулінарних сортів.

Особливу увагу приділено впливу смакових переваг споживачів на якість продукції. Встановлено, що споживачі оцінюють виразність яблучного аромату, кислотність і баланс смакових компонентів як ключові показники якості. Також розглянуто популярність різних видів сидру, включаючи яблучний, грушевий, фруктові, пряні та спеціальні напої.

Отримані результати можуть бути корисними для виробників сидру, сприяючи вдосконаленню технологій, розробці нових продуктів та підвищенню конкурентоспроможності українського сидру на внутрішньому та світовому ринках.

Ключові слова: *сенсорний аналіз, таніни, вино, сорт яблук, технологія бродіння, дегустаційна панель, якість продукції*

UDC 663.31:543.92(477)
https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2025.7

CREATION OF A SENSORY PROFILE OF UKRAINIAN CIDERS

Tetiana Manoli
Ph.D., Associate Professor
https://orcid.org/0000-0001-9121-9232
Odessa National University of Technology, 112 Kanatna St., Odesa, 65039, Ukraine
Tetiana Afanasieva
Ph.D., Associate Professor
https://orcid.org/0000-0003-2791-0779
Odessa National University of Technology, 112 Kanatna St., Odesa, 65039, Ukraine
Oleksandr Vasylyk
Ph.D., Associate Professor
https://orcid.org/0000-0002-0546-414
Odessa National University of Technology, 112 Kanatna St., Odesa, 65039, Ukraine
Yana Barysheva,
Ph.D, Assistant Professor,
https://orcid.org/0000-0002-5479-7479,
Odessa National University of Technology, 112 Kanatna St., Odesa, 65039, Ukraine
Hlib Kaplan,
Ph.D. Candidate,
https://orcid.org/0009-0001-2929-5442
Odessa National University of Technology, 112 Kanatna St., Odesa, 65039, Ukraine

Abstract. *The current state of apple cider production as a traditional low-alcohol beverage, which is gaining popularity among various categories of consumers around the world, including Ukraine, is studied. Global trends in cider production and consumption are considered, among which Western Europe, Africa, North America and Australia dominate. The growing popularity of cider in Eastern European countries, including the Czech Republic, Romania and Slovenia, as well as prospects for the Ukrainian market are noted. It is emphasized that cider production in Ukraine has a strong potential due to the presence of natural resources and the possibility of cultivating special apple varieties for cider.*

Problems related to raw materials are analyzed, in particular, the lack of a sufficient number of technical apple varieties with a high content of tannins, which play an important role in shaping the sensory properties of the drink. It is emphasized that apple varieties significantly affect the color, bitterness, astringency and overall organoleptic quality of cider. Methods for evaluating the sensory

profile of cider are also described, including the creation of flavor wheels that help identify unique beverage characteristics.

The emphasis is on the need to form a common language for describing the sensory characteristics of cider. In this context, the study is aimed at developing a sensory profile of Ukrainian ciders by using standard evaluation methods, such as the descriptive method, point analysis, and the method of creating a flavor spectrum.

The results of the study allow us to outline the main trends and features of cider production in Ukraine, as well as to form a basis for improving product quality based on in-depth sensory analysis. It is shown that modern Ukrainian cider producers are focused on two main styles - traditional, which is based on the use of apples for cider, and modern, which involves the use of dessert and culinary varieties.

Special attention is paid to the influence of consumer taste preferences on product quality. It is established that consumers evaluate the expressiveness of apple aroma, acidity, and balance of flavor components as key quality indicators. The popularity of various types of cider, including apple, pear, fruit, spiced and specialty drinks, is also reviewed.

The results obtained may be useful for cider producers, contributing to the improvement of technologies, the development of new products and increasing the competitiveness of Ukrainian cider in the domestic and global markets.

***Keywords**: sensory analysis, tannins, wine, apple variety, fermentation technology, tasting panel, product quality*

ВСТУП. Сидр – слабоалкогольний напій (вміст спирту від 1,2 % до 8,5 %), виготовлений методом повного або часткового спиртового бродіння яблучних соків з подальшим можливим насиченням діоксидом вуглецю ендогенного або екзогенного походження (Institute of Agroecology and Environmental Management of the NAAS, 2012). Під час виробництва сидрів допускається використовувати концентровані яблучні соки як підсолоджуючий інгредієнт перед та (або) після бродіння (до 50 % у перерахунку на відновлений сік) і мед натуральний, а також проведення спеціальних технологічних прийомів (додавання рослинної таніномісткої сировини, біологічне кислотозниження та ін.) для забезпечення специфічних властивостей напою (Institute of Agroecology and Environmental Management of the NAAS, 2012).

Цей традиційний алкогольний напій популярний у всьому світі, причому основні виробники знаходяться у США та Європі. Такі країни, як Франція, Іспанія та Англія, є традиційними країнами для вироблення сидру і в колоніальні часи сприяли поширенню виробництва сидру в США. Сидр можна приготувати не тільки з яблук, але і з будь-яких інших цукристих фруктів. Однак традиційний напій почав втрачати свою популярність із початком розвитку пивовареної промисловості та серйозною конкуренцією з боку інших напоїв (Calugar et al., 2021). Наразі виробництво сидру, хоча воно набагато обмеженіше, ніж вино і пиво, можна знайти на кожному континенті в регіонах вирощування яблук по всьому світу.

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ. Світове виробництво сидру постійно зростає. Найбільш важливими регіонами споживання сидру у світі є Західна Європа (55,7 %), Африка та Північна Америка (по 12 %), Австралія (8 %) та Східна Європа (6,4 %). Велика Британія є лідером у світі за споживанням сидру. З огляду на країни Східної Європи, Чеська Республіка, Румунія та Словенія нещодавно досягли найвищого зростання споживання сидру відповідно на 121,13 %, 117,6 % та 53,68 % (Calugar et al., 2021).

В останні роки в Україні активно розвиваються різні маленькі та середні підприємства, що виробляють різного роду алкогольні напої та намагаються переосмислити та осучаснити їх. Сидр завойовує свою долю ринку у всьому світі і не тільки тому, що це легкий, слабоалкогольний недорогий напій. Сьогодні можна виробляти сидри для різних категорій споживачів: від простих любителів, що віддають перевагу незамисленим освіжаючим напоям з приємним смаком і ароматом яблука, до істинних поціновувачів, які шукають нові складні смакові від-

чуття, справжніх гурманів. Сидр в Україні має великий потенціал. Адже в Європі виробництво яблук і груш для сидру та кальвадосу скорочується, тому Україна наразі є форпостом, де для виготовлення цих напоїв існують потужні можливості (TM "Shveikiv": how ciders, wines and Calvados are made in the Ternopil region, 2023).

Увесь процес виготовлення сидру можна розділити на 5 основних етапів: збір і подрібнення плодів, вичавлювання яблучного соку, його подальша обробка, бродіння та розлив. Для виготовлення сидру традиційно використовують яблука пізніх осінніх або ранніх зимових сортів у такій пропорції: 10 % гірких сортів, 70 % солодких та гірко-солодких і 20 % кислих (Cider: prospects of the drink on the Ukrainian market, 2022a).

Одна з основних проблем, з якими стикаються сьогодні виробники сидру, – це недостатня кількість сировини, яблук спеціально виведених технічних сортів, так званих яблук для сидру (VanderWeide et al., 2022), (Cider: prospects of the drink on the Ukrainian market, 2022). У західних країнах під час його приготування не можуть використовуватися звичайні їстівні яблука, оскільки рівень умісту таніну в подібних сортах дуже низький (Soomro et al., 2022) У зв'язку з цим культивуються спеціальні сидрові сорти, які класифікують відповідно до вмісту яблучної кислоти та таніну на чотири великі групи:

- sweets – солодкі з високим вмістом цукру, що «активізують» бродильні процеси, проте містять мало танінів;
- sharps – кислі, а іноді навіть гіркі, на відміну від попередньої групи сортів, вміст цукру в таких яблуках не великий, також не багаті вони і на таніни;
- bittersweets – кисло-солодкі яблука, що містять значну кількість, як танінів, так і цукру, при використанні подібних сортів сидр стає в'язким;
- bittersharps – гірко-кислі, мають збалансоване співвідношення фруктових кислот і танінів, завдяки чому надають сидру дуже тонкий, вишуканий смак.

Рівень сухості визначається на основі залишкового цукру, титрованої кислотності та вмісту танінів (поліфенолів). Що стосується фенольних сполук, дослідники виявили, що яблука порівняно з 10 іншими часто споживаними фруктами (авокадо, банан, чорниця, білий виноград, грейпфрут, лимон, диня, нектарин, апельсин і персик) мали найвищий вміст розчинних вільних фенолів. Кожен сорт яблуні має власний поліфенольний профіль, який також залежить від року врожаю, кліматичних змін, умов вирощування та зберігання. Вміст і профіль фенолів мають важливий вплив на сенсорні властивості яблучного сидру, зокрема на їх колір, гіркоту та терпкість (Picchi et al., 2023). «Гірко-солодкі» та «гірко-кислі» яблука з високим вмістом таніну зазвичай називають яблуками для сидру, і вони сприяють структурі, збереженню, фінішній обробці та сприйманій складності сидру (Sommer et al., 2022).

Сидрові види фруктів культивувалися протягом багатьох століть у європейських країнах. Саме застосування цієї сировини є однією з основних умов досягнення потрібних характеристик газованого напою (Jarvis, 2014) .

Основні характеристики сидру залежать від сорту яблук, ступеня стиглості використовуваних плодів, застосованих агротехнічних умов під час росту плодів, процесів віджиму фруктового соку, параметрів бродіння (вид мікроорганізмів, температура, тривалість, початковий вміст екстракту), сполук, що утворилися під час бродіння, обробки та зберігання (Alberti et al., 2016).

Більшість досліджень в галузі виробництва сидрів зосереджено на впливі сортів яблук, використанні різних дріжджів, параметрів бродіння та умов витримки на хімічний склад яблучного сидру. Доступно мало інформації щодо ідентифікації смакових властивостей, які характеризують і групують комерційні яблучні сидри (Qin et al., 2018).

Залежно від уподобань споживачів сенсорний профіль сидру сильно відрізняється від однієї країни до іншої. У Франції цінується міцний і фруктовий аромат. Останнім часом все більшої популярності набувають ароматні сидри. Німці віддають перевагу класичному, винному, золотисто-жовтому, злегка газованому, з м’яким та освіжаючим смаком. В Іспанії улюбленим для споживача залишається традиційний сидр з легкими оцтовими відтінками, схо-

жими на вино, сильно газований. У британців дуже різноманітний асортимент та крафтові виробники покривають усі вподобання споживачів (Calugar et al., 2021).

Смакові колеса — це візуальні інструменти, побудовані на основі стандартизованих сенсорних термінів, які використовуються в багатьох різних галузях для покращення комунікації, маркетингу та розрізнення продуктів за якістю. (Gawel et al., 2000) Хоча немає єдиного встановленого методу для створення смако-ароматичних коліс, більшість підходів базується на сенсорно-описовому аналізі (Calvert et. al, 2024), (Calvert et al., 2023). Колесо смаків та ароматів для опису сенсорної якості сидрів може відрізнятись в залежності від країни походження, сортових особливостей сировини, технологічних прийомів підготовки яблук (Alberti & Nogueira, 2022).

Наразі на ринку спостерігається конкуренція пива та сидру, коли частка слабоалкогольних напоїв стає все меншою. Пиво і сидр займають понад 90 % споживання слабоалкогольних напоїв і з кожним роком їх асортиментна пропозиція є ще більш привабливою. Тенденція до збільшення попиту на натуральні сидри зумовлена, насамперед, все більшою орієнтованістю споживачів на здорове харчування. Близько 90 % національного ринку сидру займають солодкі сорти (Cider: prospects of the drink on the Ukrainian market, 2022).

В Україні розроблений Національний стандарт України ДСТУ 4836 : 2007 “Сидри. Загальні технічні умови” (Institute of Agroecology and Environmental Management of the NAAS, 2012), а також рекомендовані наступні сорти яблук для виробництва сидру: Антонівка звичайна, Антонівка кам'яничка, Аскольда, Боровинка, Донешта, Едера, Присцилла, Ренет Баумана, Ренет паперовий, Спартан, Теремок, Уманське, Штрейфлінг.

Головна відмінність варіантів українських виробників — стиль «сучасного» і «традиційного» сидра. Сучасні сидри - це сидри, вироблені з кулінарних або десертних яблук, які, як правило, мають менший вміст танінів, більшу кислотність, легкі та освіжаючі смаки. Традиційні сидри визначаються як сидри, вироблені переважно з яблук, призначених для сидру, які, як правило, мають вищий рівень танінів ("Dary Berehivshchyna" juice company produced the first batch of cider, 2024).

Споживач відмічає, що виразний смак, кислотність та інші неприємні аромати (наприклад, запах сірки) ідентифікуються, як ознаки низької якості. Також думки розділилися щодо того, яким «яблучним» повинен бути сидр, і більшість споживачів насолоджувалися сидрами, ароматизованими допоміжними речовинами, особливо тими, що містять місцеві рослини, трави або сезонні фрукти (Lomolino et al., 2022). На споживчі смакові уподобання та визначення якості сидру сильно впливає привід вживання. Такі події, як літні заходи, активний відпочинок на свіжому повітрі чи великі світські збори, були більш сприятливими для хрусткого, освіжаючого, ледь помітно-солодкого сидру з мінімальною складністю (Guide to cider varieties, 2023) .

Щодо популярних смаків сидру, то це може залежати від регіону та країни, а також від смакових уподобань споживачів. Однак, на загальносвітовому ринку сидру можна виділити кілька популярних смаків, таких як:

Яблучний сидр – це класичний смак, який залишається найпопулярнішим в світі.

Грушевий сидр – цей смак здобуває все більшу популярність, особливо в Європі. Його ще називають – Перрі (англ. perry), Пуаре (фр. poiré), Перада (ісп. perada).

Сидр з імбирними нотками – цей напій має пряний смак і є досить популярним серед споживачів, які люблять експериментувати зі смаками.

Сидр з фруктовими нотками – цей вид сидру містить різні фруктові домішки, такі як малина, чорниця, полуниця, ягода, або ківі, що дає напою більш насичений та свіжий смак. Або окремі смаки вишня, грейпфрут, кавун.

Сидр з додаванням спецій – наприклад, кориці, гвоздики, апельсинової цедри або ванілі – цей сидр має більш складний та насичений смак. Сьогодні на ринку сидру можна зустріти різноманітні варіанти цього напою, від традиційного яблучного сидру до екзотичних сортів з різними фруктовими нотками та додаванням спецій (Guide to cider varieties, 2023).

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ. На підставі вивчення сучасного стану та перспектив виробництва яблучного сидру в Україні та світі, проаналізувати проблемні аспекти використання сировини та асортименту продукції.

Розробити сенсорний профіль українських сидрів за допомогою стандартних методів оцінки (описовий метод, бальний аналіз, спектр флейвору) і встановити ключові чинники, які впливають на якість продукції та смакові переваги споживачів.

На основі отриманих результатів сформувати рекомендації для покращення технологічних процесів, розробки нових видів сидру та підвищення конкурентоспроможності українського сидру на внутрішньому та міжнародному ринку.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ. Матеріалами дослідження виступали яблучні сидри вітчизняних виробників (6 зразків).

Промисловості з виробництва сидрів бракує послідовної мови для опису сенсорної якості своєї продукції. Для досягнення мети досліджень була сформована та підготовлена дегустаційна панель з групи експертів згідно ДСТУ ISO 8586 : 2019 "Дослідження сенсорне. Загальні настанови щодо відбору, навчання та контролю відібраних експертів та експертів з органолептичного оцінювання" (SE “UkrNDNC”, 2019). Серед завдань панелі було визначення сенсорного профілю українських сидрів, вивчення сенсорних атрибутів, які можна використовувати для опису великої вибірки.

У ході проведення експерименту застосовували методи сенсорного аналізу: описовий, баловий, метод створення сенсорного профілю згідно ДСТУ ISO 6564 : 2005 "Дослідження сенсорне. Методологія. Методи створювання спектра флейвору" (Technical Committee for Standardization "Products of orchards, vineyards and wine products" (TC 23), 2005).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ. Сенсорні випробування проводили пізно вранці перед обідом у лабораторії сенсорного аналізу кафедри технології вина та сенсорного аналізу Одеського національного технологічного університету, яка обладнана індивідуальними кабінами (з регульованою температурою та комбінованим природним/штучним освітленням), розробленими відповідно до стандарту ISO.

Панель складалася з 7 експертів. Сидри подавали зи температури 10-12 ºС. Учасникам панелі було представлено низку зразків сидру та запропоновано описати та оцінити їх за такими характеристиками, як прозорість, колір, смак (солодкість, кислотність, терпкість, гіркота, післясмак) та аромат. Додатково, на основі інформації, наданої на веб-сайтах і на пакуванні, сидри були розділені на «сучасні» та «традиційні».

Це дослідження дозволило сформулювати 23 сенсорних терміна, які були важливими для розрізнення зразків сидру згідно ДСТУ ISO 11035:2005 "Сенсорний аналіз – Ідентифікація та вибір дескрипторів для встановлення сенсорного профілю за допомогою багатовимірного підходу" (Technical Committee for Standardization "Products of orchards, vineyards and wine products" (TC 23), 2005a). Аналіз дескрипторів показав, що попередні припущення щодо сенсорних відмінностей сидру пов’язані зі стилістичними відмінностями та пакуванням.

Остаточний набір дескрипторів представлений у таблиці 1.

Таблиця 1. Перелік дескрипторів та описових термінів

№ з/п	Дескриптор	Словесний опис
1	Квітковий	«як троянди або інші звичайні квіти»
2	Земляний	«мінеральний, вологе каміння, земля»
3	Металевий	«залізо, кров»
4	Цитрусові	«поєднання ароматів апельсина, лимона та лайма без кисли-

		нки»
5	Яблуко	«запах свіжих яблук; пов'язаний із запахом осіннього фруктового саду чи продуктів із запахом яблука, насіння яблук»
6	Перезрілі (варені) фрукти	«стиглі фрукти, печене яблуко, варені фрукти, компот»
7	Розчинник	«спирт, ацетон, очищувач скла, лак для нігтів»
8	Гума	«гума, пластик, силікон, медична рукавичка»
9	Дріжджовий	«хлібний аромат»
10	Шкіра	«тварина, кінь, шкіра, миша»
11	Пліснява	«сирість, сир з пліснявою, брудна волога кухонна губка, мильний аромат»
12	Сірчаний	«тухлі яйця»
13	Кориця	«виразний свіжий аромат кориці»
14	Мед	«мед, патока»
15	Солодкий	«цукерка, жувальна гумка, крем-брюле, цукати»
16	Кислий	«як лимонна цукерка, оцтовий»
17	Гіркий	«кава, охмелене пиво, гіркий темний шоколад»
18	Масляний	«рослинна олія, вершкове масло»
19	Темні фрукти	«темні ягоди, такі як ожина, вишня, слива, лохина»
20	Фрукти	«груша, персик, виноград, абрикос, черешня, ананас, банан»
21	Карамельний	«карамелізований цукор, зефір, кондитерська нота, конфітюр»
22	Терпкий	«грейпфрут, шкірка цитрусових, перегородки шкірки цитрусових, в'язкий»
23	Спеції (пряний)	«чебрець, гвоздика, бузина, чорний перець, імбир»

Декілька описових термінів використовуються в сенсорних аналізах інших напоїв, наприклад, «спирт», «тухлі яйця», «лак для нігтів». Більшість дослідників для опису солодкості сидру використовували терміни «мед», «карамелізований цукор», «цукерки».

Учасники випробовування дослідили 6 зразків сидру, оцінивши інтенсивність усіх узгоджених сенсорних дескрипторів (табл. 2). Експерти оцінювали обрані сенсорні дескрипторів смаку та аромату за допомогою лінійної шкали від 1 до 7, із кроком оцінки 0,5 бала. Невиявлені атрибути були оцінені як 0.

Таблиця 2. Зразки сидрів українського виробництва

Назва показника, код	Хімічні показники	Результати випробувань	Бал
		Опис органолептичних характеристик	
1	2	3	4

№ 101 CIDRER APPEL КЛАСИК, Нові продукти Україна	Масова концентрація спирту – 5,5 %	Прозорий, колір – темно-солом'яний, невелике і дуже слабке виділення діоксиду вуглецю. Аромат – характерний, але присутній мильний, сонячна олія, cooking. Смак – простий негармонійний. Післясмак – короткий.	17
№ 102 СИДР SOMERSH Прат «Карлстерн», Україна	Масова концентрація спирту – 4,7 %	Прозорий, колір – солом'яний, невелике і дуже слабке виділення діоксиду вуглецю. Аромат – чистий, середньої інтенсивності, типовий, з тонами яблука дюшеса (солодка вода). Смак – простий, присутній сторонній тон. Післясмак – короткий, неприємний, старого печива.	16
№ 103 CIDRE ROYAL, ДП «Роял Фрут Гарден», Україна	Масова концентрація спирту – 5,5 %	Прозорий, колір – темно-солом'яний з сірим відтінком, дуже швидке виділення діоксиду вуглецю, слабко відчувається. Аромат – неінтенсивний, простий. Смак – простий, типовий. Післясмак – короткий, cooking.	18
№ 107 YSLA craft ТОВ «Преміум сайдер інтернешл», Україна	Масова концентрація спирту –6,5 %	Прозорий, але є легкий опал, колір – золотистий, рясне і тривале виділення діоксиду вуглецю після наливу в бокали, слабке відчуття поколювання на язиці. Аромат – чистий, легкий, неінтенсивний, спокійний з тонами сонячної олії. Смак – достатньо свіжий, негармонійний, висока кислотність, легка танінність. Післясмак – з легкою гірчинкою.	19
№ 112 VINO LOGIST сидр сухий КРАФТ, Україна	Масова концентрація спирту – 7 %	Каламутний, є сторонні включення. Колір – солом'яний з сірім відтінком, невелике і слабке виділення діоксиду вуглецю. Аромат – брудний, сторонній, відтінки бретів. Смак – негармонійний, висока кислотність. Післясмак – короткий.	16
№ 113 Некивана качка, ТОВ «Фрукт консалтинг», Україна	Масова концентрація спирту – 7%	Каламутний, колір – світло-солом'яний, рясне і тривале виділення діоксиду вуглецю після наливу в бокали, слабке відчуття поколювання на язиці. Аромат – чистий, середньої інтенсивності із тонами тропічних фруктів, нетиповий. Смак – чистий, свіжий, гармонійний. Післясмак – короткий.	19

Атрибути яблуко, печене яблуко, мед, кондитерська нота були найбільш переважаючими сенсорними дескрипторами, використовуваними для опису схожості та відмінностей у зразках (рис. 1).

Для об'єктивної комплексної оцінки в сенсорному дослідженні був застосований метод профільного аналізу «Флейвор».

Підрахунок середніх значень і ранжування виробників за кращими органолептичними показниками наведений у таблиці 3.

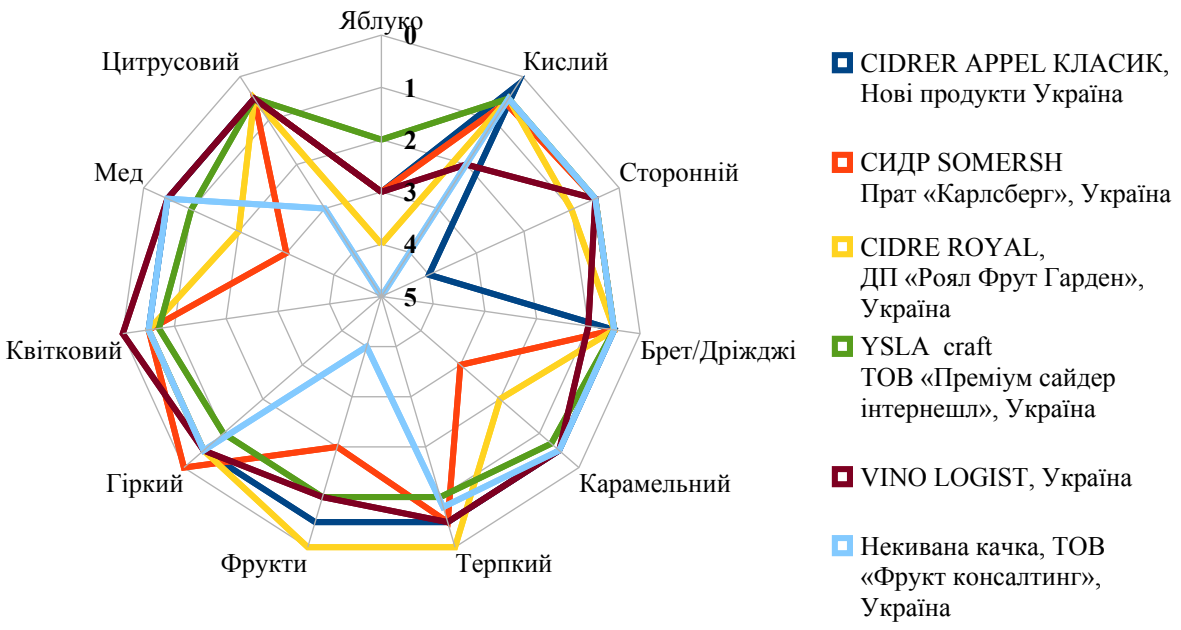


Рисунок 1. Інтенсивність сенсорних дескрипторів, які суттєво відрізнялися в різних зразках

Таблиця 3. Результати оцінки та обробки органолептичних показників за методом «Флейвор»

Показник/зразок	CIDRER APPEL КЛАСИК, Нові продукти Україна	СИДР SOMERSH Прат «Карлстерн», Україна	CIDRE ROYAL, ДП «Роял Фрут Гарден», Україна	YSLA craft ТОВ «Преміум сайдер інтернешл», Україна	VINO LOGIST сидр сухий КРАФТ, Україна	Некивана качка, ТОВ «Фрукт консалтинг», Україна
Інтенсивність	3	3	3	3	4	5
Кислотність	4	3	4	6	4	4
Солодкість	4	3	3	2	1	1
Типовість	3	3	3	4	3	3
Тривалість	3	2	3	3	2	4
Середнє значення	3,4	2,8	3,2	3,6	2,8	3,4
Ранжування	2	4	3	1	4	2

За даними результатів, отриманих за методологією «Флейвор», була побудована пелюсткова діаграма для кожного зразку дослідного напою. Діаграми розташували на одній площині для наочності визначення кращого результату (рис. 2).

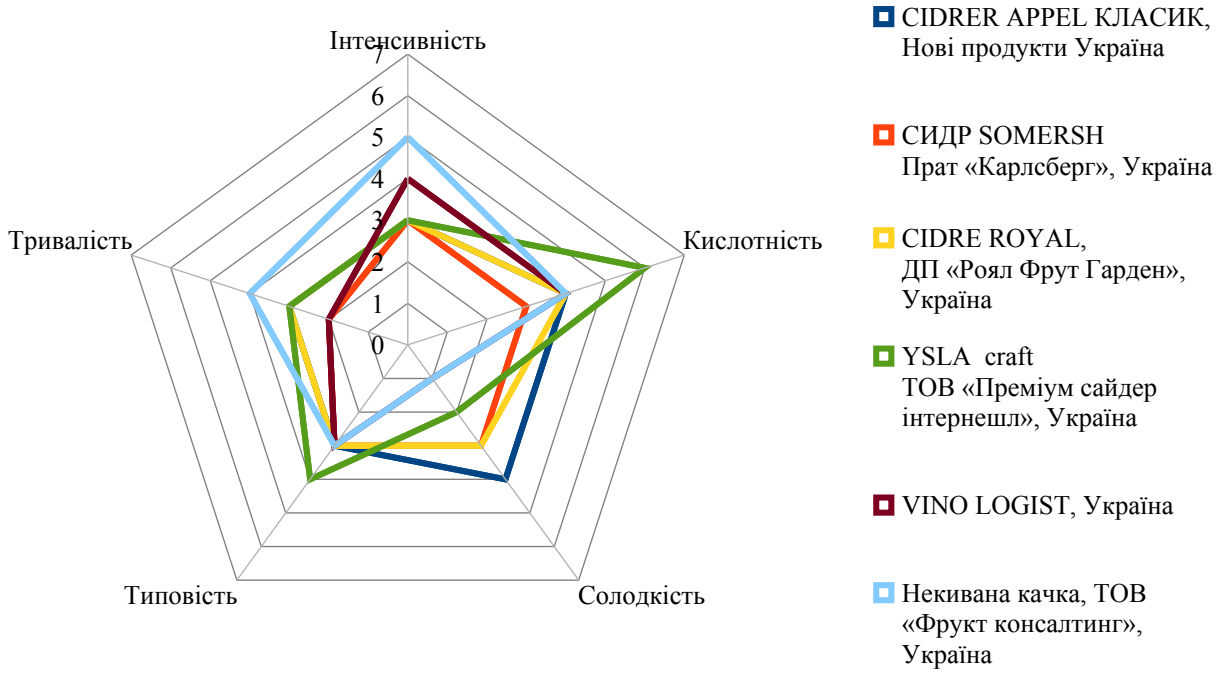


Рисунок 2. Пелюсткові діаграми якісних характеристик сидрів різних українських виробників за методом «Флейвор»

Ці результати створюють основу для опису українських сидрів. Крім того, ці результати підкреслюють потенціал для більш описових, сенсорних стилів, які можуть бути пов’язані з практикою виробництва сидру та терруаром.

Постійне зростання індустрії слабоалкогольної продукції, зокрема сидру, вимагає від дослідників і виробників розробки довідникової інформації щодо стилю сидру, яка б підкреслювала сенсорну якість продукту та давала б можливість порівняння та оцінки. Деякі підходи до класифікації пов’язані з типовістю продукту, із терруаром, де сенсорні характеристики продукту можуть бути пов’язані з сортом фруктів, а також географічними факторами.

Так, наприклад, у результаті досліджень був встановлений зв'язок між типовістю американських сидрів з географічним походженням. (Calvert et al., 2023). Дубильні речовини сидру, гіркота та терпкість є основними характеристиками. Результати цього дослідження підкреслюють різноманітні описові атрибути, які можна використовувати для розрізнення продуктів американського сидру, вироблених на північному сході та в Середній Атлантиці США.

Окрім цього, в результаті дослідження смакових профілв 14 комерційних яблучних сидрів з Великобританії та Скандинавського регіону, було встановлено, що більшість британських яблучних сидрів характеризуються складними ароматами та смаковими нотами, кислими, терпкими та гіркими, тоді як сидри зі скандинавського регіону мали інші сенсорні профілі. (Qin et al., 2018)

Хорватський ринок сидру характеризується виробництвом промислового сидру, здебільшого ароматизованого. Згідно з дослідженнями авторів (Jagatić Korenika et al., 2022), сорт яблук має основний атрибут, що впливає на леткий комплекс сидру, разом із контролем стадії

дозрівання. Це відкриває широку область аналізу потенціалу та ролі традиційних хорватських сортів яблук у зростаючий ринок сидру.

Сенсорне профілювання часто включає описовий аналіз (DA) для розробки лексикону сенсорних атрибутів. Так, при аналогічній з нашою роботою, дослідженням сидрів із Канарських островів, були виявлені специфічні ароматичні профілі, що характеризуються фруктовими та солодкими смаками, пов'язаними з більш високим рівнем вінілфенолів та гідроксикоричних кислот (Fede et al., 2024).

Хімічна характеристика, включаючи аналіз летких сполук та поліфенольних профілів, має важливе значення для розуміння сенсорних ознак. У Вірджинії сидри аналізували на вміст алкоголю, кислотність та залишковий цукор, виявляючи значні відмінності на основі сорту яблуні та стратегії бродіння (Littleson et al., 2022).

Прогнозні моделі, такі як часткові найменші квадрати (PLS), були розроблені для кореляції сенсорних даних з хімічними профілями, полегшуючи оцінку якості. Модель південноафриканського ароматизованого сидру передбачала якість незалежно від умов зберігання, ідентифікуючи ключові сполуки, пов'язані з сенсорною якістю (Rossouw et al., 2023).

Шкала сухості Мерліна була запропонована для прогнозування сухості сидру за допомогою хімічних параметрів, але дослідження показують, що вона може не точно відображати сприйняту сухість, що вказує на складність сенсорного сприйняття (Calvert et al., 2022).

Сенсорний аналіз може виділити регіональні відмінності в профілі сидру. Наприклад, сидри з північного сходу та середньої Атлантики США були охарактеризовані за допомогою 29 сенсорних атрибутів, виявляючи варіації на основі географічного походження та стилю сидру (Calvert et al., 2023).

Дослідження встановило сенсорні профілі для сидрів Вірджинії та орієнтовно пов'язало ці профілі з прийняттям споживачів, сприяючи зростанню кількості знань про сенсорні властивості сидру. Це підкреслює важливість розуміння регіональних споживчих переваг для розробки продукту (Cole et al., 2022).

При досліджені сенсорних характеристик сидрів використовуються різні сенсорні методології, включаючи статичні (шкали категорій) та динамічні (Temporal Check-All-That-Apply (TCATA) методи. Ці підходи допомагають визначити сенсорні відмінності між солодкими та сухими сидрами, хоча досвідчені учасники дегустацій можуть не виявити тонких відмінностей (Moss et al., 2021).

Дослідження уподобань споживачів США виявляють різноманітні напрямки - деякі віддають перевагу солодким сидрам без сторонніх ароматів, а інші віддають перевагу меншій солодкості. Ці ідеї мають вирішальне значення для адаптації продукції до різних споживчих сегментів (Cole et al., 2022).

У світі широко проводяться дослідження не лише з оцінки сенсорних характеристик сидрів, а також вивчається взаємодія сидру з іншими продуктами. Так, дослідження показало, що поєднання сидру з сиром значно змінює сенсорний профіль сидру. Деякі атрибути, такі як терпкість, були зменшені, тоді як інші, такі як фруктовість та стійкість смаку та аромату, посилювалися в поєднанні з сиром. (Lomolino et al., 2022).

Як видно з наведених даних, сенсорний аналіз у технології виробництва сидрів має досить велике значення у процесі створення нових та удосконалення існуючих прийомів виробництва у світі. Хоча сенсорний аналіз дає цінне уявлення про характеристики сидру та уподобання споживачів, він також підкреслює проблеми прогнозування сенсорних ознак виключно на основі хімічних даних. Складність сенсорного сприйняття вимагає багатогранного підходу, що поєднує хімічний аналіз із сенсорною оцінкою, щоб краще зрозуміти та задовольнити переваги споживачів. Це всебічне розуміння може допомогти виробникам оптимізувати виробництво сидру та маркетингові стратегії.

ВИСНОВКИ.

Дослідження сучасного стану виробництва яблучного сидру дозволило виокремити низку ключових аспектів, які визначають перспективи розвитку цієї галузі в Україні:

1. **Потенціал ринку.** Україна має сприятливі умови для розвитку виробництва сидру завдяки кліматичним умовам, природним ресурсам та можливостям культивування спеціалізованих сортів яблук. Зростаюча популярність сидру серед споживачів відкриває нові можливості для внутрішнього ринку та експорту.

2. **Важливість сировини.** Якість яблук, що використовуються для виробництва сидру, є вирішальним фактором. Відсутність достатньої кількості технічних сортів з високим вмістом танінів залишається викликом для виробників. Розробка програм із селекції та культивування відповідних сортів може стати основою для підвищення якості продукції.

3. **Сенсорний аналіз.** Проведення сенсорного аналізу українських сидрів за допомогою стандартних методик дозволяє глибше зрозуміти їхні особливості та розробити рекомендації для покращення органолептичних характеристик напою. Створення універсальної мови для опису сенсорних властивостей сприяє підвищенню конкурентоспроможності продукції.

4. **Тенденції споживання.** Сучасні споживачі високо оцінюють баланс кислотності, виразність яблучного аромату та загальну гармонію смаку сидру. Орієнтація на споживчі вподобання та розширення асортименту, включаючи спеціальні та фруктові види сидру, можуть забезпечити зростання ринку.

5. **Стилістика виробництва.** Виробники орієнтуються на два основні підходи: традиційний, із використанням сидрових яблук, та сучасний, із застосуванням десертних і кулінарних сортів. Обидва стилі мають право на існування, забезпечуючи різноманітність продукції для задоволення різних категорій споживачів.

Отже, подальший розвиток виробництва сидру в Україні потребує комплексного підходу, який включає удосконалення технологій, вирощування спеціальних сортів яблук, проведення детальних сенсорних досліджень і адаптацію до споживчих трендів. Це дасть змогу підвищити якість продукції, зміцнити позиції на внутрішньому ринку та забезпечити успішний вихід на міжнародний рівень.

Подяки. Немає.
Конфлікт інтересів. Немає.

References

Alberti, A., & Nogueira, A. (2022). Volatile Compounds Formation in Cider. https://doi.org/10.1201/9781003129462-8

Alberti, A., Machado dos Santos, T. P., Ferreira Zielinski, A. A., Eleutério dos Santos, C. M., Braga, C. M., Demiate, I. M., & Nogueira, A. (2016). Impact on chemical profile in apple juice and cider made from unripe, ripe and senescent dessert varieties. LWT - Food Science and Technology, 65, 436–443. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.08.045

Calugar, P. C., Coldea, T. E., Salanță, L. C., Pop, C. R., Pasqualone, A., Burja-Udrea, C., Zhao, H., & Mudura, E. (2021). An Overview of the Factors Influencing Apple Cider Sensory and Microbial Quality from Raw Materials to Emerging Processing Technologies. Processes, 9(3), 502. https://doi.org/10.3390/pr9030502

Calvert, M. D., Cole, E., Stewart, A. C., Neill, C. L., & Lahne, J. (2022). Can Cider Chemistry Predict Sensory Dryness? Benchmarking the Merlyn Dryness Scale.Journal of The American Society of Brewing Chemists. https://doi.org/10.1080/03610470.2022.2121562

Calvert, M. D., Neill, C. L., Ac-Pangan, M. F., Stewart, A. C., & Lahne, J. (2024). Development of a hard cider flavor wheel using free word sorting and multivariate statistical techniques. Journal of Sensory Studies, 39(2). https://doi.org/10.1111/joss.12916

Calvert, M. D., Neill, C. L., Stewart, A. C., & Lahne, J. (2023). Sensory descriptive analysis of hard ciders from the Northeast and Mid-Atlantic United States. Journal of Food Science. https://doi.org/10.1111/1750-3841.16507

Cider: prospects of the drink on the Ukrainian market. (2022, 25.10). Horticulture&Viticulture | Nuts. https://techhorticulture.com/sydr-perspektyvy-napoyu-na-ukrayinskomu-rynku/

CIDERS General specifications (DSTU 4836:2007). (2012). SE "UkrNDNC".

Cole, E., Stewart, A. C., Chang, E. A. B., & Lahne, J. (2022). Exploring the Sensory Characteristics of Virginia Ciders through Descriptive Analysis and External Preference Mapping.Journal of The American Society of Brewing Chemists. https://doi.org/10.1080/03610470.2022.2119535

"Dary Berehivshchyna" juice company produced the first batch of cider. (2024, 30.07). Magazine "Drinks. Technologies and Innovations". https://techdrinks.info/sok-dary-beregivshhyny-vygotovyv-pershu-partiyu-sydru/

Fede, R. S. D., González-Hernández, M., Parga-Dans, E., González, P. A., Fernández-Zurbano, P., Olmo, M. C. P. del, & Sáenz-Navajas, M.-P. (2024). Sensory-directed approach to explore cider typicity: the case of ciders from the Canary Islands (Spain).British Food Journal. https://doi.org/10.1108/bfj-06-2023-0531

Gawel, R., Oberholster, A., Oberholster, A., Oberholster, A., Francis, I. L., & Francis, I. L. (2000). A “Mouth-feel Wheel”: terminology for communicating the mouth-feel characteristics of red wine. Australian Journal of Grape and Wine Research. https://doi.org/10.1111/J.1755-0238.2000.TB00180.X

Guide to cider varieties. (2023, 6.09). | My-Beer. https://my-beer.com.ua/haid-po-sortam-sydriv/?srsltid=AfmBOopwcuifqdv_kmKbwEMbiievnlNN9XXWz5KWj0UNGl8ka2QsqVxn

Institute of Agroecology and Environmental Management of the NAAS. (2012). CIDERS General specifications (DSTU 4836:2007). SE “UkrNDNC”.

ISO 11035:1994(en) Sensory analysis — Identification and selection of descriptors for establishing a sensory profile by a multidimensional approach https://www.iso.org/obp/ui/ru/#iso:std:iso:11035:ed-1:v1:en

Jagatić Korenika, A.-M., Preiner, D., Tomaz, I., Skendrović Babojelić, M., & Jeromel, A. (2022). Aroma Profile of Monovarietal Pét-Nat Ciders: The Role of Croatian Traditional Apple Varieties.Horticulturae. https://doi.org/10.3390/horticulturae8080689

Jarvis, B. (2014). Cider (Cyder; Hard Cider). https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384730-0.00066-5

Littleson, B., Chang, E., Neill, C. L., Phetxumphou, K., Sandbrook, A., Stewart, A. C., & Lahne, J. (2022). Sensory and Chemical Properties of Virginia Hard Cider: Effects of Apple Cultivar Selection and Fermentation Strategy.Journal of The American Society of Brewing Chemists. https://doi.org/10.1080/03610470.2022.2057780

Lomolino, G., Marangon, M., Vincenzi, S., & De Iseppi, A. (2022). Sparkling Cider Paired with Italian Cheese: Sensory Analysis and Consumer Assessment. Beverages. https://doi.org/10.3390/beverages8040082

Moss, R., Barker, S., & McSweeney, M. B. (2021).The Use of Temporal Check-All-That-Apply and Category Scaling by Experienced Panellists to Evaluate Sweet and Dry Ciders. https://doi.org/10.3390/BEVERAGES7020024

Picchi, M., Domizio, P., Wilson, M., Santos, J., Orrin, F., Zanoni, B., & Canuti, V. (2023). Chemical Characterization, Sensory Definition and Prediction Model of the Cider Dryness from New York State Apples. Foods, 12(11), 2191. https://doi.org/10.3390/foods12112191

Qin, Z., Petersen, M. A., & Bredie, W. L. P. (2018). Flavor profiling of apple ciders from the UK and Scandinavian region. Food Research International, 105, 713–723. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.003

Rossouw, M., Geldenhuys, G. G., Marini, F., & Manley, M. (2023).Multivariate statistical visualisation and modelling of GC–MS data for sensory quality prediction of flavoured cider as influenced by storage time and temperature. https://doi.org/10.1016/j.microc.2023.109393

SE “UkrNDNC”. (2019). General guidelines for the selection, training and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors (ДСТУ ISO 8586:2019).

Sensory analysis — General guidelines for the selection, training and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors (ISO 8586:2012). (2019).

Sommer, S. Ing., Anderson, A. F., & Cohen, S. D. (2022). Analytical Methods to Assess Polyphenols, Tannin Concentration, and Astringency in Hard Apple Cider. Applied Sciences. https://doi.org/10.3390/app12199409

Tayab, Soomro., Sophie, Watts., Zoë, Migicovsky., Sean, Myles. (2022). Cider and dessert apples: What is the difference?. Plants, people, planet, 4(6):593-598. https://doi.org/10.1002/ppp3.10284

Technical Committee for Standardization "Products of orchards, vineyards and wine products" (TC 23). (2005). Sensory analysis — Methodology — Flavour profile methods (DSTU ISO 6564:2005). SE “UkrNDNC”.

Technical Committee for Standardization "Products of orchards, vineyards and wine products" (TC 23). (2005). Sensory analysis — Identification and selection of descriptors for establishing a sensory profile by a multidimensional approach (DSTU ISO 11035:2005). SE “UkrNDNC”.

TM "Shveikiv": how ciders, wines and Calvados are made in the Ternopil region. (2023b, 23.02). Magazine "Drinks. Technologies and Innovations". https://techdrinks.info/tm-shvejkiv-yak-na-ternopilshhyni-vygotovlyayut-sydry-vyna-ta-kalvadosy/

VanderWeide, J., van Nocker, S., & Gottschalk, C. (2022). Meta-analysis of apple (Malus × domestica Borkh.) fruit and juice quality traits for potential use in hard cider production. Plants, People, Planet. https://doi.org/10.1002/ppp3.10262

Отримано 24.12.2024 р., прийнято до друку 15.02.2025 р.

УДК 338.439.5
https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2025.21

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ РИБНОГО РИНКУ УКРАЇНИ

Олександр Сергійович Андрощук,
здобувач ступеня доктора філософії,
https://orcid.org/0009-0002-3713-5278,
Національний університет біоресурсів і природокористування України,
03041, вул. Виставкова, 16, м. Київ, Україна
Наталія Володимирівна Голембовська,
кандидат технічних наук, доцент
https://orcid.org/0000-0001-8159-4020,
Національний університет біоресурсів і природокористування України,
03041, вул. Виставкова, 16, м. Київ, Україна

Анотація. *Рибна галузь є важливою складовою продовольчої безпеки держави, оскільки забезпечує населення білковими продуктами та підтримує розвиток харчової промисловості. Риба та рибні продукти є біологічно цінними, оскільки є джерелом легкозасвоюваних білків, незамінних жирних кислот, великої кількості макро- і мікроелементів, жиророзчинних вітамінів, що забезпечують метаболізм в організмі людини. В умовах воєнного стану та економічної нестабільності аналіз сучасного стану рибного ринку є критично важливим для оцінки ризиків та можливостей його відновлення. Метою статті є вивчення сучасного стану рибного ринку України, включаючи добування, імпорт, експорт та споживання риби, продукції з риби та водних біоресурсів. Матеріалом для дослідження були статистичні дані Державної служби статистики України, Державного агентства України з розвитку меліорації, рибного господарства та продовольчих програм, міжнародних організацій (FAO) з питань рибництва. Проведено системний аналіз обсягів промислового рибальства та аквакультури. У теперішній час (2023–2024 рр.) видобуток водних біоресурсів, хоча й має певну тенденцію до росту, однак залишається уп'ятеро нижчим, ніж у період до військової агресії рф (2010 – 2014 рр.). Дослідження обсягів вітчизняного виробництва риби, співвідношення імпорту та експорту риби та рибної продукції показало, що ринок України є цілковито імортозалежним. Зокрема, встановлено негативне сальдо торговельного балансу – обсяги імпорту у 2024 році становили 1089,7 млн дол. США, тоді як експорту – 56,7 млн дол. США. У 2024 році Україна переважно експортувала такі товарні позиції: філе рибне та інше м'ясо риб (28,7 %), готова або консервована риба, ікра (17,9 %) та молюски (10,7 %). Основу імпорту складають морські види риб, видобуток яких не здійснюється в рамках вітчизняного виробництва риби. Рівень споживання риби українцями нижчий порівнюючи з середньоєвропейським та має значні географічні коливання. Аналізуючи поточну ситуацію на вітчизняному рибному ринку можна дійти висновку, що рибна галузь України, хоч і зазнала суттєвих втрат унаслідок військової агресії, але поступово адаптується до нових умов та має перспективи розвитку.*

Ключові слова: *водні біоресурси, аквакультура, промислове рибальство, військова агресія, експорт, імпорт*

UDC 338.439.5
https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2025.21

ANALYSIS OF THE CURRENT STATE OF THE UKRAINIAN FISH MARKET

Oleksandr Androshchuk,
Ph.D. student
https://orcid.org/0009-0002-3713-5278,.
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
03041, 16 Vystavkova St., Kyiv, Ukraine
Nataliia Holembovska,
Ph.D. (Engineering), Associate Professor,
https://orcid.org/0000-0001-8159-4020,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
03041, 16 Vystavkova St., Kyiv, Ukraine

Abstract. *The fishing industry is an important component of the state's food security, as it provides the population with protein products and supports the development of the food industry. Fish and fish products are biologically valuable, as they are a source of easily digestible proteins, biologically active lipids, a large number of essential macro- and microelements, vitamins that ensure metabolic processes in the human body. In conditions of martial law and economic instability, an analysis of the current state of the fish market is critically important for assessing risks and opportunities for its recovery. The purpose of the article is to study the current state of the fish market of Ukraine, including production, import, export and consumption of fish, products of fish and aquatic bioresources. The material for the study was statistical data from the State Statistics Service of Ukraine, the State Agency of Ukraine for the Development of Land Reclamation, Fisheries and Food Programs, and international organizations (FAO) on fish farming issues. A systematic analysis of the volumes of industrial fishing and aquaculture was conducted. At present (2023–2024), the production of aquatic biological resources, although it has a certain tendency to grow, remains 5 times lower compared to the period before the military aggression of the russian federation (2010–2014). A study of the volumes of domestic fish production, the ratio of imports and exports of fish and fish products showed that the Ukrainian market is completely import-dependent. In particular, a negative trade balance was established – import volumes in 2024 amounted to 1089,7 million USD, while exports – 56,7 million USD. In 2024, Ukraine mainly exported the following commodity items: fish fillets and other fish meat (28,7%), prepared or canned fish, caviar (17,9%) and shellfish (10,7%). The basis of imports is marine fish species, the extraction of which is not carried out within the framework of domestic industrial fishing. The level of fish consumption among Ukrainians is lower than the European average and has significant geographical fluctuations. Analyzing the current situation on the domestic fish market, it could be concluded that the fishing industry of Ukraine, although it has suffered significant losses as a result of military aggression, gradually adapts to new conditions and has prospects for the development.*

Keywords: *aquatic bioresources, aquaculture, industrial fishing, military aggression, export, import*

ВСТУП. Рибне господарство є частиною продовольчої галузі України і спрямоване на забезпечення населення білковими харчовими продуктами. За даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (далі – FAO) у всьому світі риба забезпечує майже 7 % усього споживаного білка та 17 % білка тваринного походження (FAO & WHO, 2024). Аквакультура та морепродукти використовуються не лише як їжа, але й у суміжних галузях, таких як фармацевтика, косметика та тваринництво (Golembovska & Lebska, 2014).

Повномасштабне вторгнення рф 24 лютого 2022 року призвело до значних втрат і збитків для всіх видів економічної діяльності в Україні, включно із секторами аквакультури та рибальства. За результатами оцінки, проведеної FAO у співпраці з Державним агентством

України з розвитку меліорації, рибного господарства та продовольчих програм (далі – Держрибагентство) загальні збитки в цій сфері оцінюють у 47 млн дол. США у 2022 році. Частина компаній, що займалися аквакультурою та рибальством, були змушені призупинити діяльність через повномасштабне вторгнення рф в Україну. Аквакультурні та рибопереробні компанії також постраждали від збільшення витрат на енергію, а також від високих витрат на логістику та перебоїв у торгівлі. У промисловому рибальстві значну частку становлять збитки, пов'язані із забороною вилову через введення воєнного стану в Україні, приблизно 17,7 млн дол. США. Збитки, пов'язані з пошкодженням рибогосподарських об'єктів, склали 7 млн дол. США, збитки виробничих об'єктів склали 700 тис. дол. США (FAO, 2023).

Підрив Каховської ГЕС спричинив загибель водних біоресурсів, завдавши збитків рибному господарству на суму приблизно 9,8 млрд грн. У деяких регіонах, зокрема, на півдні та сході України, повною мірою оцінити вплив війни на природні водні екосистеми неможливо через низку об'єктивних причин. По-перше, деякі території настільки небезпечні, що кваліфіковані фахівці не можуть отримати до них доступ для отримання необхідної інформації про стан навколишнього середовища. По-друге, на багатьох окупованих і нещодавно звільнених територіях даних недостатньо або збір і узагальнення даних тільки починаються.

Виробництво риби в Україні за останні десятиліття суттєво змінилося. Це пояснюється впровадженням у виробництво сучасних технологій розведення та вирощування існуючих та нових видів риб з урахуванням потреб населення та вимог ринку. Проте попри окремі досягнення, вітчизняна аквакультура та рибальство загалом все ще суттєво поступаються світовим темпам розвитку.

Для розвитку економічного сектору держави в 2023 році за розпорядженням Кабінету Міністрів України схвалено "Стратегію розвитку галузі рибного господарства України на період до 2030 року" та затверджено операційний план заходів із реалізації у 2023–2025 роках цієї стратегії. Розроблені цілі та завдання Стратегії спрямовані на вирішення низки проблем, серед яких: *a)* високий рівень імпортозалежності внутрішнього товарного ринку водних біоресурсів та виробленої з них продукції; *b)* високий рівень незаконної, непідзвітної та нерегульованої рибальської діяльності; *c)* низький експортний потенціал та обмеженість ринків збуту для експорту водних біоресурсів та виробленої з них продукції національного виробництва; *d)* військова агресія рф та її наслідки.

Отже, рибна галузь країни перебуває під впливом численних викликів, серед яких економічні труднощі, втрата виробничих потужностей та наслідки військової агресії рф. З огляду на глобальні тенденції розвитку продовольчих систем та зростаючу потребу в безпечних і якісних харчових продуктах, питання відновлення та сталого розвитку рибного ринку України набуває особливої актуальності. Аналіз вітчизняного виробництва, структури та обсягів експорту й імпорту риби дозволяє оцінити поточний стан галузі та визначити напрями її розвитку. Дослідження також сприятиме вдосконаленню рибопереробної промисловості та задоволенню попиту населення на якісну рибну продукцію. Отже, метою статті є аналіз сучасного стану рибного ринку України.

Відповідно до мети дослідження сформовано такі завдання:

– визначити стан добування водних біоресурсів в Україні;

– проаналізувати структуру та обсяги експорту та імпорту риби, продукції з риби та інших водних біоресурсів;

– дослідити рівень споживання риби та рибної продукції українцями.

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ. Дослідженню рибного ринку України присвячено низку робіт. Міськовець Н. П. (2020) навела економічні показники діяльності українських компаній, що працюють у рибному секторі, приділяючи особливу увагу підприємствам Рівненської області. Також проаналізувала динаміку видобутку водних ресурсів за останнє десятиліття (2008–2018 роки) і показала, що в досліджуваний період національні вилови риби значно скоротилися.

Михальчишина Л. Г. та Синенок І. О. (2020) зазначили, що в сучасних умовах несприятливі зовнішні та внутрішні чинники розвитку аквакультури призвели до переважання

на українському ринку імпортних морепродуктів, тому вони пропонують стратегічний план сталого розвитку галузі для успішного розвитку аквакультури. Варто зазначити, що в останні роки рибні запаси Світового океану скоротилися, а отже, вилов риби також значно зменшився, що й стало причиною широкого розвитку різних форм аквакультури в багатьох країнах.

Аналіз стану та тенденцій розвитку рибальства в Україні та світі з 1996 до 2020 роки наведено в роботі Трофимчук А. М. та ін. (2021). Визначено основні перспективи та бажані стратегії розвитку рибного господарства. Зазначається, що стабільне постачання риби, ракоподібних та інших морепродуктів потребує регулювання вилову риби, контролю умов на деяких промислових об'єктах, а також продовжує залишатися важливим раціональне та екологічно збалансоване ведення аквакультури та морських аквакультурних підприємств. Аналіз тенденцій розвитку галузі вказує на те, що в найближчому майбутньому велика частина світових рибних ресурсів буде виловлюватися в постійних кількостях. У цьому відношенні аквакультурі необхідно подолати розрив між пропозицією дикої риби та потребами зростаючого населення світу. Останнім часом, розвиток аквакультури породжує багато питань, пов'язаних із необхідними ресурсами та загрозами, які створюють зовнішні чинники, особливо наслідки хвороб, пов'язаних зі зміною клімату.

Вивчення впливу російської агресії на екологічний стан вод півдня України має велике значення з огляду на її глобальний та різноманітний вплив. Із загостренням конфлікту зростає занепокоєння щодо впливу військових дій на навколишнє середовище, включаючи забруднення боєприпасами, розливи нафти та пошкодження критичної інфраструктури, такої як очисні споруди. Білоусов М. та інші (2023) зробили достатній звіт про екологічні наслідки активних військових дій рф проти України у 2022–2023 роках, зокрема, щоб задокументувати їх та привернути увагу профільних організацій до екологічних питань.

Ємцев В. І. та інші (2023) у своїх дослідженнях проаналізували динаміку світових та внутрішніх середньорічних обсягів вилову дикої риби, виробництва рибної продукції та рівні забезпечення населення країни цією продукцією в промисловому рибальстві та аквакультурі за останні роки. Також була досліджена динаміка споживання рибної продукції населенням країн світу, яка показала загальне зниження значень цих показників.

У дослідженнях Поліщук А. А. та ін. (2024) зроблено огляд ринку, визначено стан розвитку рибогосподарської галузі в Україні, а також охарактеризовано сучасний стан і перспективи розвитку рибної галузі на Полтавщині.

Гончарова О. В. та Мельниченко С. Г. (2024) вивчали деградації навколишнього середовища та її впливу на населення, екосистему та регіональну стабільність. Провели загальний огляд впливу бойових дій на водні об'єкти півдня України.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ. Відповідно до поставлених мети та завдань дослідження, матеріалом для дослідження були дані Державної служби статистики України, Держрибагентства та FAO.

Для аналізу показників експорту та імпорту риби та продукції з риби та інших водних біоресурсів використано дані за кодами товарних позицій 3010–3080, 1604–1605, 23012 згідно з УКТЗЕД, що наведені у розділі "Зовнішня торгівля окремими видами товарів за країнами світу" Державної служби статистики України. Для встановлення довгострокових тенденцій проведено аналіз показників добування (вилову) водних біоресурсів, обсягу експорту та імпорту риби та продукції з риби та інших водних біоресурсів за період з 2010 до 2024 року включно.

Для опрацювання даних використано загальнонаукові методи – аналізу й синтезу, абстрагування, порівняння. Обробку цифрових даних одержаних з офіційних джерел та побудову графіків проведено з використанням вбудованих функцій Microsoft Exel згідно загальноприйнятих методів статистики.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ. **Основні тенденції виробництва риби в Україні.** Одним із ключових факторів, що впливає на стан рибного ринку держави, є загальні обсяги добування (вилову) водних біоресурсів. Добування водних біоресурсів має важливе

значення для продовольчої безпеки країни, оскільки забезпечує населення доступним джерелом білка, зменшує залежність від імпорту та загалом сприяє стабільності агропродовольчого сектору держави.

Найвищі обсяги добування водних біоресурсів в Україні спостерігалися в період із 2010 до 2014 року – у середньому 214,9 тис. тонн на рік (рис. 1). Пік видобутку припадає на 2013 рік (225,8 тис. тонн). У період із 2014 до 2022 року вилов риби залишався відносно стабільним із тенденцією до зниження і складав у середньому 84,1 тис. тонн на рік, що на 39,1 % менше за попередній період. Найнижчі показники вилову риби за весь період встановлено у 2022 році – 33,8 тис. тонн. У 2023 році спостерігалося поступове відновлення галузі – вилов збільшився на 13 % і склав 38,2 тис. тонн. Тенденція до зростання продовжилася й у 2024 році, коли обсяги вилову риби зросли ще на 17,5 %, до 44,9 тис. тонн. Попри позитивну динаміку у 2023 – 2024 рр., загальний рівень добування водних біоресурсів залишається значно нижчим за довоєнні показники, що свідчить про необхідність подальшого відновлення рибництва.

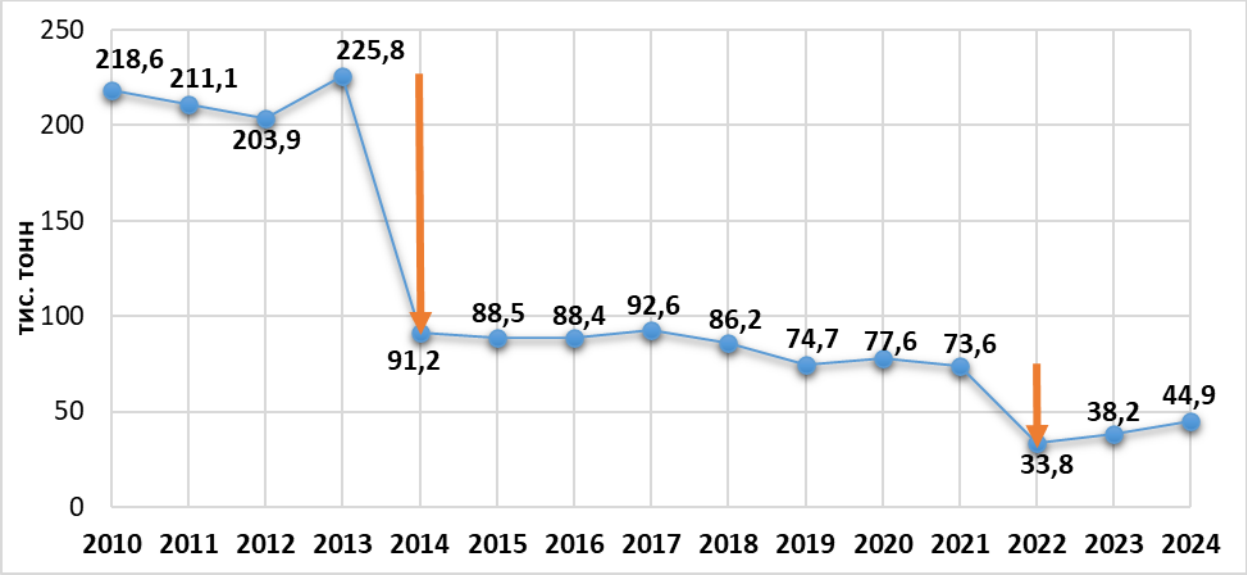


Рисунок 1. Динаміка добування (вилову) водних біоресурсів в Україні у 2010–2024 роках, тис. тонн

Джерело: розроблено автором за даними Держрибагентства та Державної служби статистики України (2025)

Отже, розглянувши динаміку добування водних біоресурсів в Україні впродовж останніх 15 років варто зазначити, що суттєві скорочення обсягів вилову риби відбулись у 2014 та 2022 роках. Найбільш різке скорочення обсягів добування водних біоресурсів відбулося у 2014 році через анексію Кримського півострову та втрату доступу до основних зон промислового вилову риби в Чорному та Азовському морях. Так, якщо, за даними Держрибагенства у 2013 році було видобуто 225,8 тис. тонн водних біоресурсів, то у 2014 році обсяг видобутку скоротився у 2,5 раза і складав 91,2 тис. тонн. Повномасштабне вторгнення рф на територію України призвело до наступного різкого падіння обсягів добування водних біоресурсів – у 2022 році обсяг видобутих водних біоресурсів скоротився вдвічі проти 2021 року і в 6,7 раза порівнюючи з 2013 роком.

У 2024 році океанічний промисел становив 44 % від загального обсягу добування водних біоресурсів (рис. 2). Упродовж року суднами під державним прапором України добуто майже 20 тис. тонн цінних антарктичних водних біоресурсів – 19 075 тонн антарктичного криля та 905 тонн іклачів у районі дії Комісії зі збереження морських живих ресурсів Антарктики. Це перевищило показник 2023 року на 54 % (12 945 тонн) та показник 2022 року на 107 % (9 659 тонн). Очікується, що у 2025 році відбудеться розширення океанічного промислу українських

суб'єктів господарювання у водах Світового океану: Україна отримала національну квоту на вилов 150 тонн морського окуня та 19,14 тонн тріски у 2025 році від Організації з рибальства в північно-західній частині Атлантичного океану (НАФО) і вперше з 2006 року один український суб'єкт господарювання повідомив про наміри здійснення промислу в зоні відповідальності НАФО (DARG, 2025).

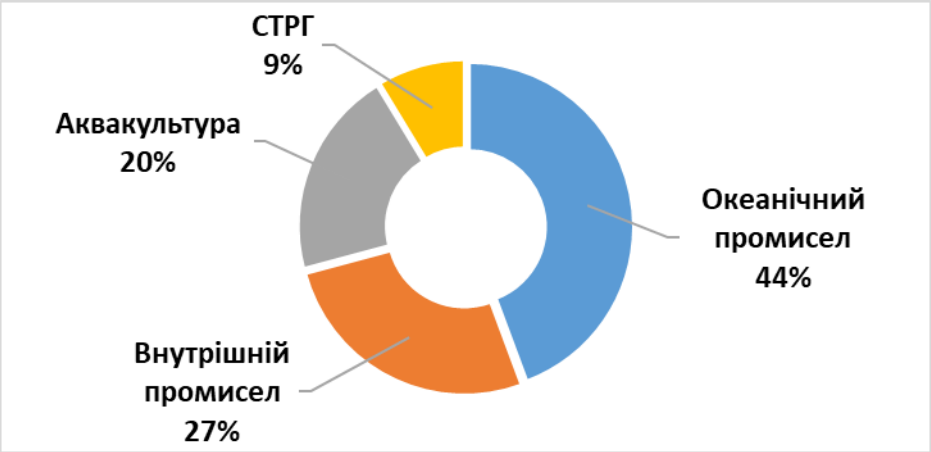


Рисунок 2. Обсяги добування (вилову) водних біоресурсів у 2024 році за рибальськими регіонами промислу, %

Джерело: розроблено автором за даними Держрибагентства

Внутрішній промисел полягає у вилученні водних біоресурсів у внутрішніх водоймах країни. Згідно з даними Держрибагентства, у 2024 році у рибогосподарських водних об'єктах України добуто 11,9 тис. тонн водних біоресурсів, тобто 27 % від загального обсягу. Водночас здійснювався переважно вилов прісноводних видів риб (рис. 3). Основну частку вилову склали карась сріблястий (3 584 тонн), лящ (2 228 тонн), плітка (тараня) (1 858 тонн), плоскирка (879 тонн) та рослиноїдні види риб (білий, строкатий товстолоби, їх гібрид, білий амур) (553 тонн) (DARG, 2025). За останнє п'ятиріччя суттєве скорочення обсягів вилову водних біоресурсів у внутрішніх водоймах відбулося у 2022 році – на 43,5 % проти 2021 року. З 2023 року обсяги добування (вилову) водних біоресурсів почали зростати, втім, показники 2024 року залишаються значно нижчими, ніж у 2021 році (на 32,8 %).

Вважається, що розширення аквакультури сприятиме подальшому зростанню світового рибного ринку. Аквакультура означає контрольоване вирощування водних організмів, таких як риба, ракоподібні, молюски, водорості. Аквакультура була інтегрована з промислом, щоб усунути недоліки в промислі та доповнити природний запас морських і прісноводних біоресурсів. Очікується, що у 2024 році глобальне виробництво аквакультури зросте на 3,1% і становитиме 101,1 млн тонн завдяки значному збільшенню виробництва в Китаї, Індії та В'єтнамі, тоді як обсяги дикого вилову складитимуть 90,6 млн тонн (FAO, 2024).

Щодо України, то у 2024 році в умовах аквакультури було вироблено 18 621 тонн водних біоресурсів, з них реалізовано – 9 175 тонн товарної продукції. Частка виробленої риби в умовах аквакультури незначна і складає лише 20% від загального обсягу добування водних біоресурсів. Згідно звітної інформації Держрибагентства за 2024 рік, традиційними об'єктами аквакультури незмінно залишаються звичайний короп (8 896 тонн) та рослиноїдні види риб (білий товстолоб – 1 576 тонн, строкатий товстолоб – 1 480 тонн, їхні гібриди – 1 378 тонн, білий амур – 637 тонн). Також у 2024 році вироблено 4,3 тонн харчової ікри осетрових та лососевих видів риб (DARG, 2025).

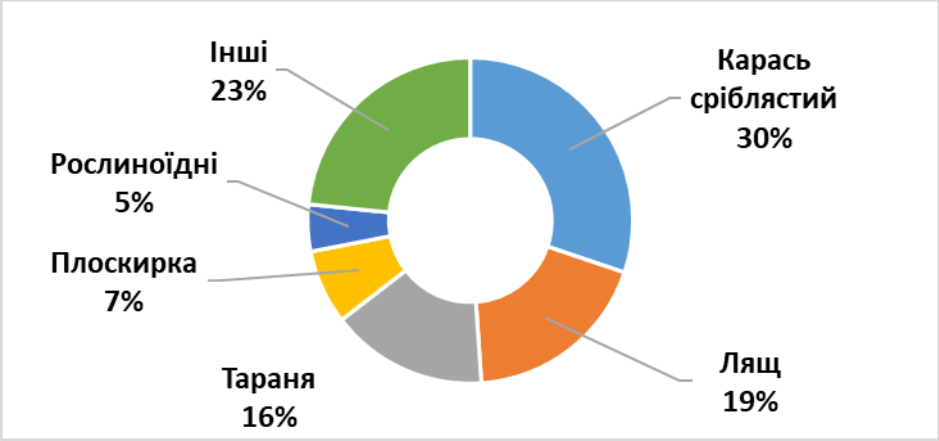
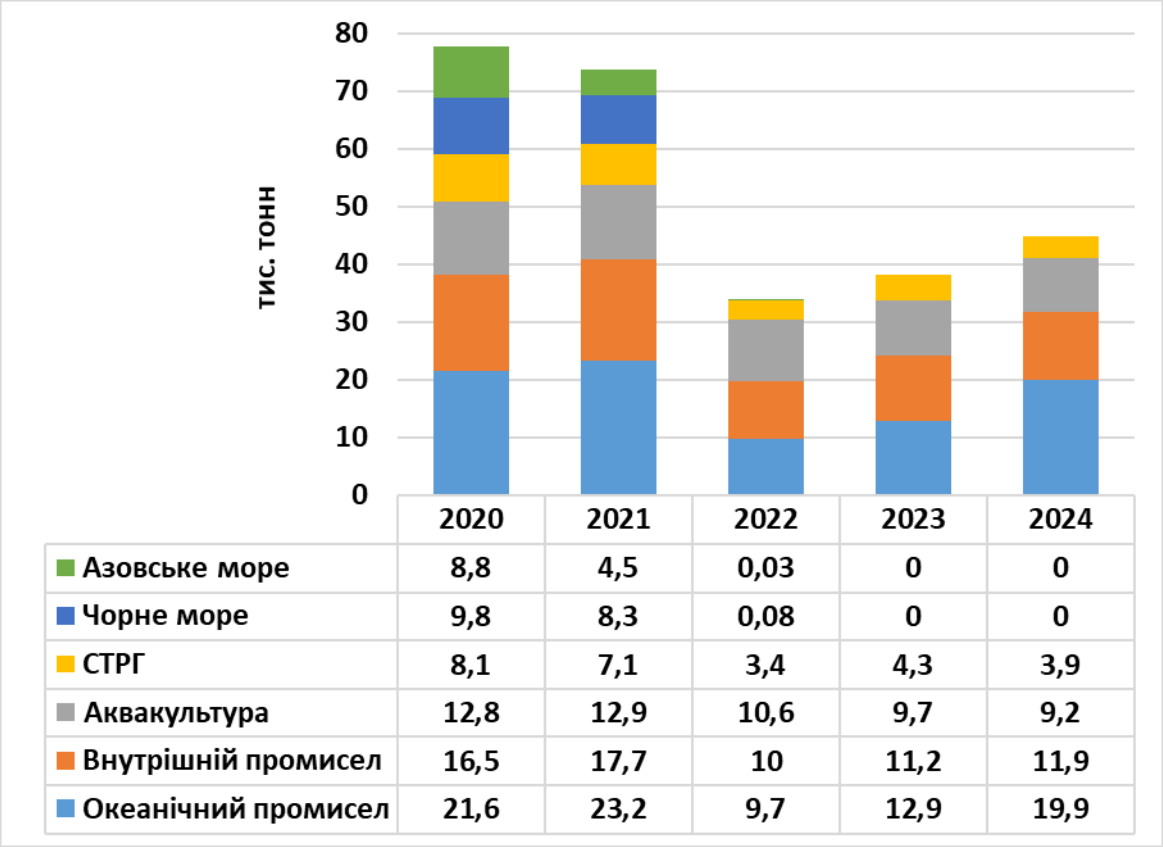


Рисунок 3. Вилов промислових водних біоресурсів у внутрішніх водоймах упродовж 2024 року за видами риби, %

Джерело: розроблено автором за даними Держрибагентства та Державної служби статистики України (2025)



	2020	2021	2022	2023	2024
Азовське море	8,8	4,5	0,03	0	0
Чорне море	9,8	8,3	0,08	0	0
СТРГ	8,1	7,1	3,4	4,3	3,9
Аквакультура	12,8	12,9	10,6	9,7	9,2
Внутрішній промисел	16,5	17,7	10	11,2	11,9
Океанічний промисел	21,6	23,2	9,7	12,9	19,9

Рисунок 4. Динаміка добування (вилову) водних біоресурсів у 2020–2024 роках за рибальськими регіонами промислу, тис. тонн

Примітка. Дані щодо реалізації продукції аквакультури наведені без урахування безоплатного постачання товарної риби для потреб населення та Збройних сил України.

Джерело: розроблено автором за даними Держрибагентства та Державної служби статистики України (2025)

Спеціальні товарні рибні господарства (СТРГ) поєднують елементи аквакультури і промислового вилову. Усього у 2024 році в режимі СТРГ добуто 3 900 тонн водних біоресурсів. Варто зазначити, що спостерігається тенденція до скорочення обсягів добування водних біоресурсів СТРГ. Різке падіння обсягів видобутку відбулося у 2022 році через те, що

частина СТРГ опинилася на окупованій території та інші несприятливі чинники військових дій.

Вважається, що морське рибальство України історично поділяється на дві самостійні частини: рибальство в Чорному та Азовського морях у межах вільної економічної зони України та суміжних держав та далеке рибальство за межами Азовського та Чорного морів. Унаслідок військової агресії рф добування морської риби у внутрішніх водах України зазнало катастрофічних втрат (рис. 4). Так, станом на 2024 рік промисловий вилов водних біоресурсів в Азовському морі неможливий через окупацію територій, тоді як в Чорному морі промислове рибальство заблоковане у зв'язку з безпековою ситуацією. До початку повномасштабного вторгнення загальний ресурс водних біоресурсів, доступних для українського рибальства в Азово-Чорноморському басейні складав понад 120 тис. тонн на рік, із них близько 80 % – це ресурси Азовського моря (Demyanenko, 2019). Варто зазначити, що у 2020 році обсяг добування водних біоресурсів в Азово-Чорноморському басейні становив 18,6 тис. тонн, у тому числі в Чорному морі – 9,8 тис. тонн, в Азовському морі – 8,8 тис. тонн.

Для розвитку вітчизняного виробництва риби важливою є детінізація сектору. Державна влада вживає заходів щодо оптимізації функціонування рибного ринку. Зокрема, починаючи з 2023 року промисловий вилов водних біоресурсів відбувається на основі аукціонних торгів через торгову систему "Прозорро.Продажі". Також, у 2023 році Кабінет Міністрів України запровадив декларування права на промислове рибальство та дослідний вилов в електронній формі – "еРиба", що допоможе боротися з незаконним, непідзвітним та нерегульованим рибальством та сприятиме розвитку рибного господарства й аквакультури України. Зазначені цифрові інструменти є частиною реалізації реформування рибної галузі України (Закон України №7616 від 21 березня 2023 року) та відповідають основним принципам "Blue Transformation", глобальної ініціативи FAO, спрямованої на стійке використання водних біоресурсів.

Отже, розглянувши динаміку добування водних біоресурсів українськими суб'єктами господарювання можна стверджувати, що найбільш несприятливим фактором впливу є військова агресія рф. На це вказують різкі падіння обсягів виробництва водних біоресурсів в Україні у 2014 та 2022 роках. Водночас у 2023–2024 роках встановлено тенденцію до зростання обсягів добування водних біоресурсів порівнюючи з початком повномасштабного вторгнення, хоча показники 2024 року залишаються вп'ятеро нижчими, ніж показники 2013 року, тобто до початку військової агресії рф.

Динаміка імпорту та експорту риби, продукції з риби та інших водних біоресурсів. У загальній структурі зовнішньої торгівлі сільськогосподарською продукцією питома вага вартості імпорту риби, рибної продукції та інших водних біоресурсів у 2024 року становила 14,2 %, експорту – лише 0,23 % (DARG, 2025).

Аналіз експорту риби та рибної продукції впродовж 2010 – 2024 рр. показав, що починаючи з 2014 року почалося зниження обсягів експортованої продукції, яке досягло свого мінімуму у 2016 році (рис. 5). Основні причини цього – втрата Криму, конфлікт на Донбасі та зниження обсягів добування (вилову) водних біоресурсів в Україні. Якщо впродовж 2010–2013 років середньорічні обсяги експорту риби та рибної продукції складали 55 тис. тонн, то у 2015 – 2016 рр. – лише 8,6 тис. тонн, тобто обсяг експорту знизився в 6,4 раза. З 2017 року спостерігалася позитивна тенденція до поступового зростання обсягів експорту риби та рибної продукції. У 2021 році експорт зріс до 13,2 тис. тонн, що стало найвищим показником із 2015 року. У 2022 – 2023 рр. відбулося падіння обсягів експорту риби та рибної продукції через наслідки повномасштабної війни. У 2024 році експорт зріс на 66,5 % порівнюючи з 2023 роком, досягнувши 11,5 тис. тонн. Це пов'язано з ростом добування водних біоресурсів українськими суб'єктами господарювання і може свідчити про певне відновлення зовнішньої торгівлі та налагодження логістики. Проте обсяги експорту залишаються значно нижчими за показники 2010 – 2013 рр. Причинами падіння стали втрати виробничих потужностей, економічні труднощі та війна. Для повного відновлення експорту необхідні сприятливі економічні умови, покращення логістики, державна підтримка та залучення інвестицій у рибну галузь.

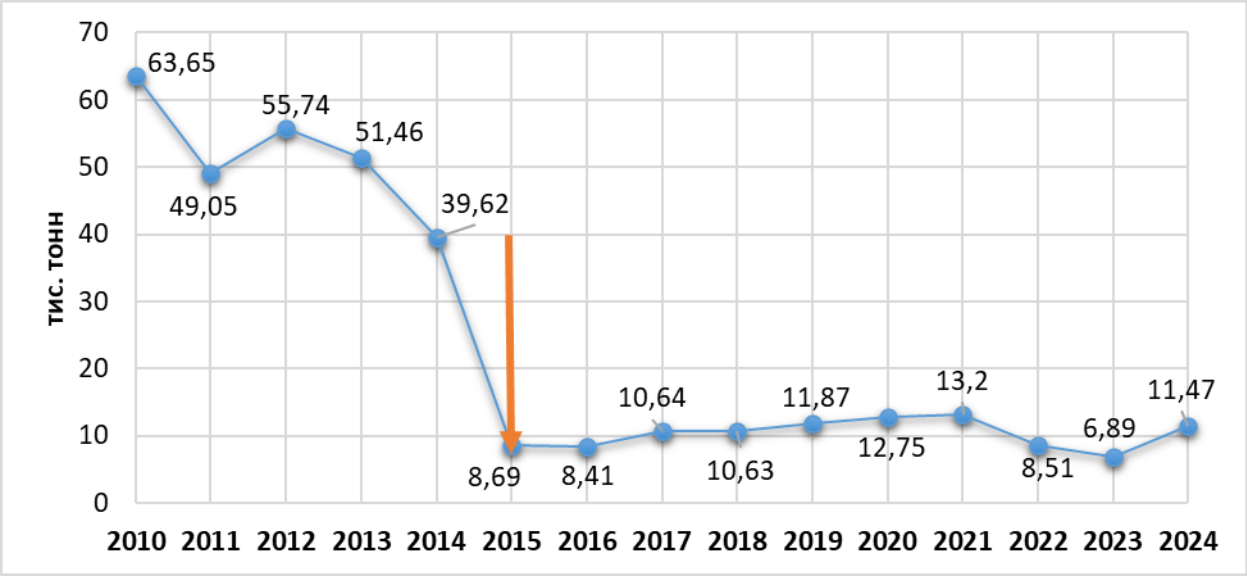


Рисунок 5. Динаміка експорту риби, продукції з риби та інших водних біоресурсів в Україні за 2010 – 2024 рр., тис. тонн

Джерело: розроблено автором за даними Державної служби статистики України (2025)

У грошовому еквіваленті найвищі показники експорту за досліджуваний період встановлено у 2021 році, коли Україна експортувала риби, продукції з риби та інших водних біоресурсів на суму в 68,7 млн дол. США (рис. 6). Варто відмітити, що фізичні обсяги експорту не були рекордними того року і складали 13,2 тис. тонн. Для порівняння, у 2010 – 2013 рр. Україна експортувала в 4 рази більше риби, продукції з риби та інших водних біоресурсів у фізичних обсягах (49,1–63,7 тис. тонн) на майже таку ж саму суму (65,2–66,2 млн дол. США). Ймовірно, високі показники експорту в грошовому еквіваленті у 2021 році можуть бути пов'язані із ростом світових цін на рибу та рибну продукцію.

Найнижчі показники експорту в грошовому еквіваленті встановлено у 2015 – 2016 рр. – 17,8–22,1 млн дол. США, що відповідає низьким показникам експорту й у фізичному обсязі. У 2022 році через повномасштабне вторгнення рф на територію України експорт скоротився до 48,7 млн дол. США (-29 % проти 2021 року), а у 2023 році – до 31,6 млн дол.США (-54 % проти 2021 року). У 2024 році значно зросли обсяги експорту риби, продукції з риби та інших водних біоресурсів у грошовому еквіваленті (+79,2 % проти 2023 року), що вказує на позитивні тенденції у відновленні ринку.

У 2024 році основними товарними позиціями експорту були такі:

- філе рибне та інше м'ясо риб (включаючи фарш), свіже, охолоджене або морожене (підгрупа 0304 – 27,8 %), а саме: судак, лосось, тріска, форель;
- жива риба (підгрупа 0301 – 22,15 %), а саме: короп;
- готова або консервована риба, ікра (підгрупа 1604 – 17,3 %), а саме: продукція з сардини, сардинели, кільки або шпроту, ікри інших риб, оселедця та готових продуктів із сурімі (крабові палички);
- молюски (підгрупа 0307 – 10,3 %), а саме: равлики, крім морських.

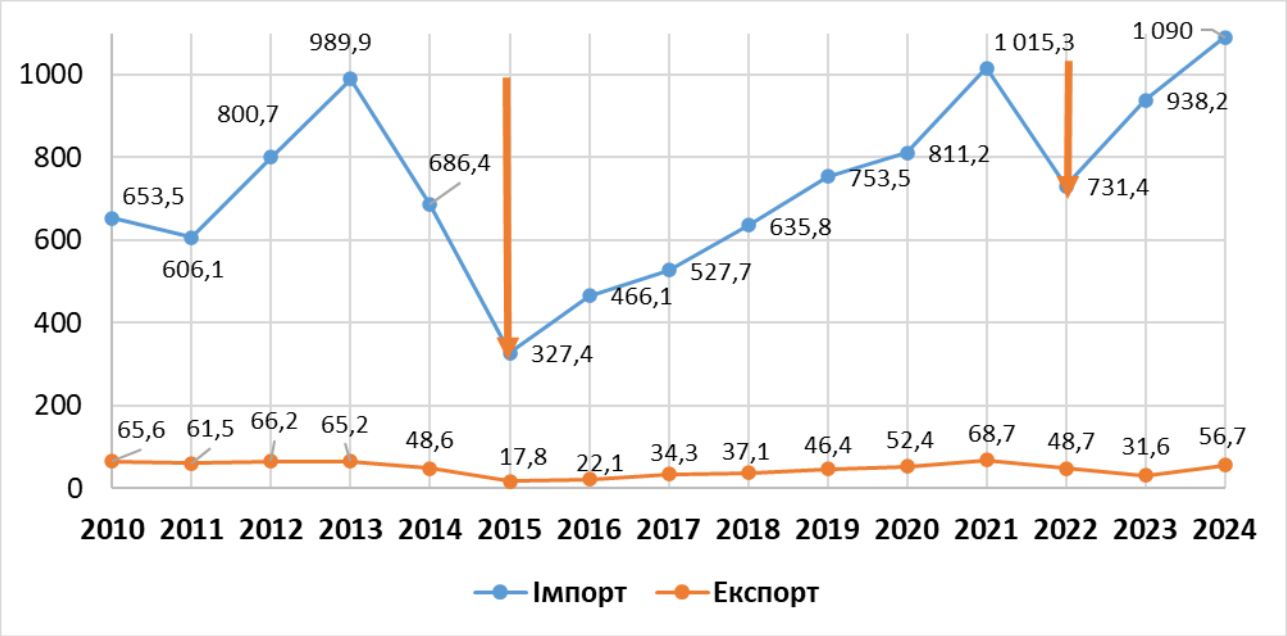


Рисунок 6. Динаміка експорту та імпорту риби, продукції з риби та інших водних біоресурсів у вартісному еквіваленті у 2010 – 2024 рр., млн дол. США

Джерело: розроблено автором за даними Державної служби статистики України (2025)

Найбільші обсяги риби, продукції з риби та інших водних біоресурсів Україна в 2024 році експортувала до Молдови, Німеччини, Литви, Польщі і Данії (рис. 7).

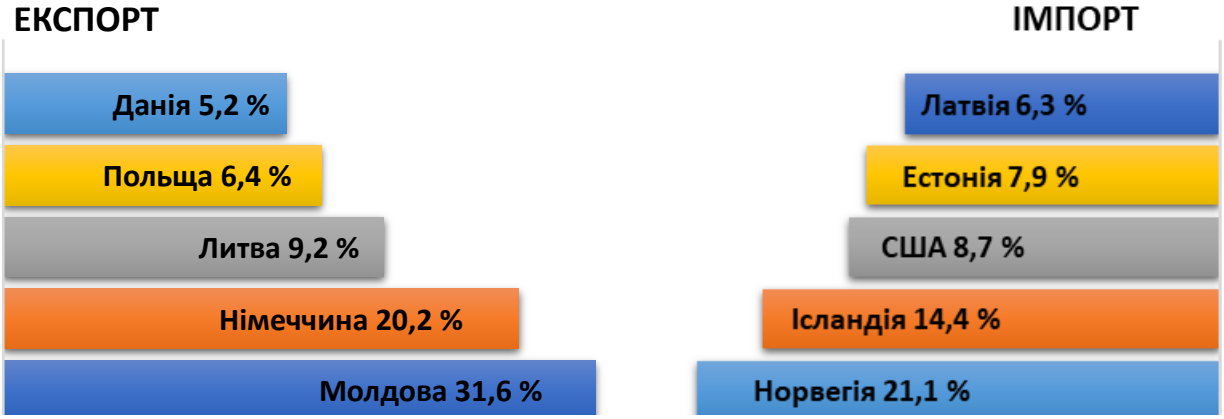


Рисунок 7. Топ-5 країн пратнерів України з експорту та імпорту риби та рибної продукції у 2024 році

Джерело: розроблено автором за даними Держрибагентства (2025)

Аналіз структури експорту риби, продукції з риби та інших водних біоресурсів показав, що єдиною товарною позицією, експорт якої демонструє стабільний ріст є жива риба (рис. 8). За період 2020 – 2024 рр. експорт живої риби зріс у 5,6 раза. Натомість експорт готової або консервованої риби та ікри демонструє стабільний спад після 2020 року, що може бути пов’язане зі зниженням виробничих потужностей переробної промисловості.

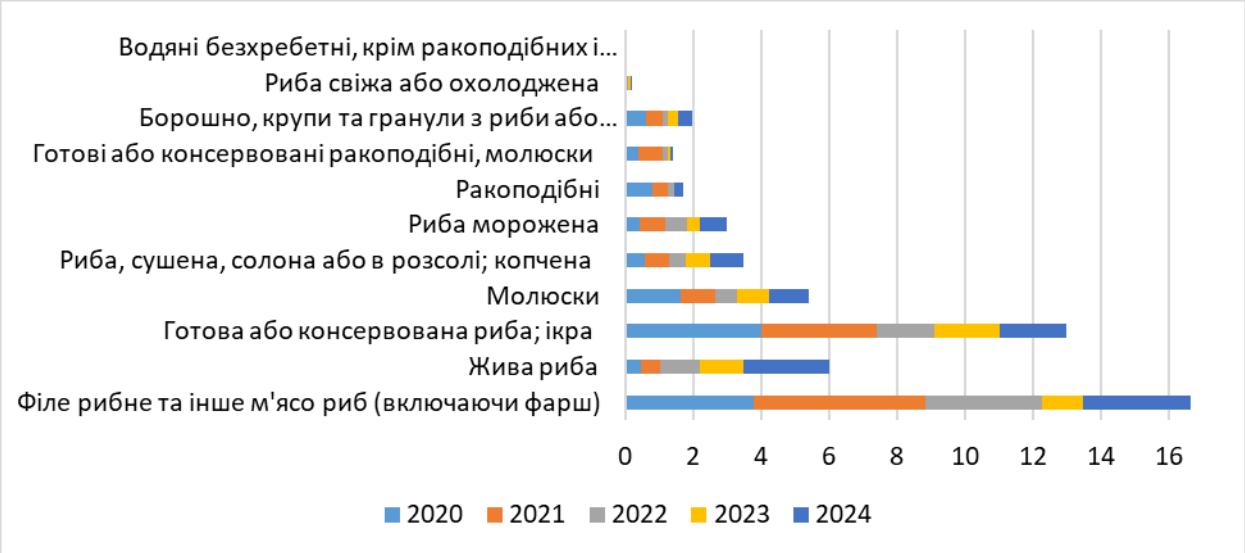


Рисунок 8. Структура експорту риби, продукції з риби та інших водних біоресурсів в Україні у 2020–2024 роках, тис. тонн

Джерело: розроблено автором за даними Державної служби статистики України (2025)

У 2024 році Україна імпортувала 359,9 тис. тонн риби, продукції з риби та інших водних біоресурсів на суму 1 090 млн дол. США. Встановлено, що 2024 року імпорт риби та рибної продукції до України збільшився на 8,4 %, а в грошовому виразі – на 16,2 % проти 2023 року.

Найбільший обсяг імпорту риби, продукції з риби та інших водних біоресурсів спостерігався у 2010 році – 471,2 тис. тонн (рис. 9). У 2012–2013 роках обсяг імпорту складав приблизно 470 тис. тонн. Різке падіння обсягів імпорту відбулося у 2014 – 2015 рр. – зниження до 230,2 тис. тонн у 2015 році (-50,4 % до 2013 року). Починаючи з 2016 року простежується чітка тенденція до росту обсягів імпорту риби та рибної продукції з найвищим показником у 2021 році – 435,7 тис. тонн. У 2022 році імпорт риби, продукції з риби та інших водних біоресурсів в Україні знизився на 27,3% порівнюючи з показником 2021 року. У 2023 – 2024 рр. спостерігається часткове відновлення імпортних поставок риби та рибної продукції.

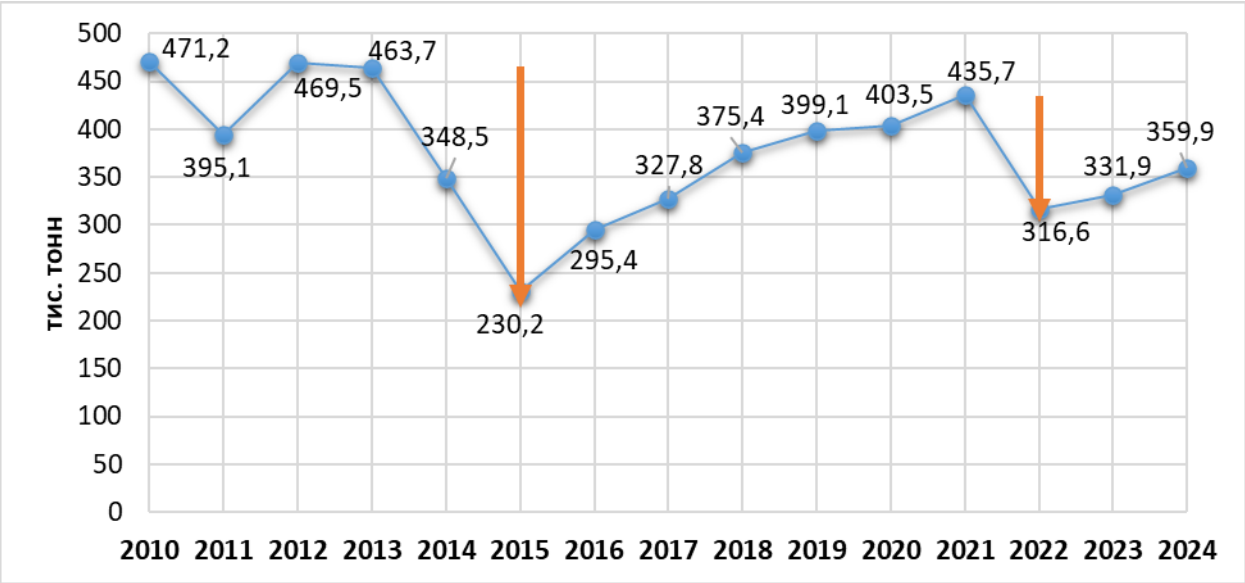


Рисунок 9. Динаміка імпорту риби, продукції з риби та інших водних біоресурсів в Україні у 2010–2024 роках, тис. тонн

Джерело: розроблено автором за даними Державної служби статистики України (2025)

Щодо грошового еквіваленту обсягів імпорту риби, продукції з риби та інших водних біоресурсів, то за досліджуваний період (2010 – 2024 рр.) найвищі показники зафіксовані у 2024 році – 1089,7 млн дол. США. Значний стрибок вартості імпорту спостерігався у 2012–2013 роках: із 606,1 млн дол. США у 2011 році до 989,6 млн дол. США у 2013 році, тобто на 63,3 %. Найнижчі показники вартості імпорту спостерігалися у 2015 році – лише 327,4 млн дол. США. З 2016 до 2021 року спостерігалося поступове зростання вартості імпорту, досягнувши пікового значення 1015,3 млн дол. США у 2021 році. Вартість імпорту риби та рибної продукції зменшилась у 2022 році на 28 % порівнюючи з 2021 роком, але у 2023 – 2024 рр. знову спостерігалося зростання показника імпорту в грошовому еквіваленті. Загалом, у 2010 – 2024 рр. динаміка вартості імпорту риби, продукції з риби та інших водних біоресурсів відповідає показникам фізичного обсягу імпорту.

Щодо структури імпорту риби, продукції з риби та інших водних біоресурсів, то основні товарні позиції, які Україна імпортувала у 2024 році були такими:

- риба морожена (підгрупа 3030 – 61,3 %), а саме: оселедець, мерлуза (хек), скумбрія;
- філе рибне та інше м'ясо риб (включно із фаршем), свіже, охолоджене або морожене (підгрупа 0304 – 11,3 %), а саме: оселедець, сурімі, лосось;
- риба свіжа або охолоджена (підгрупа 3020 – 7,9 %), а саме: форель, лосось, аурата;
- готова або консервована риба; ікра (підгрупа 1604 – 7,9 %).

Україна переважно імпортує рибу у мороженому вигляді, частка якої у 2022 році складала майже 70 % від загального обсягу імпорту, хоча в теперешній час спостерігається тенденція до зменшення частки цієї товарної позиції у загальній структурі імпорту (рис. 10). Водночас у 2023 – 2024 рр. позитивну динаміку в структурі загального імпорту демонструють такі товарні позиції як філе рибне та інше м'ясо риб (включно із фаршем) та ракоподібні.

Найбільшими імпортерами риби, продукції з риби та інших водних біоресурсів до України є Норвегія, Ісландія, США, Естонія, Латвія.

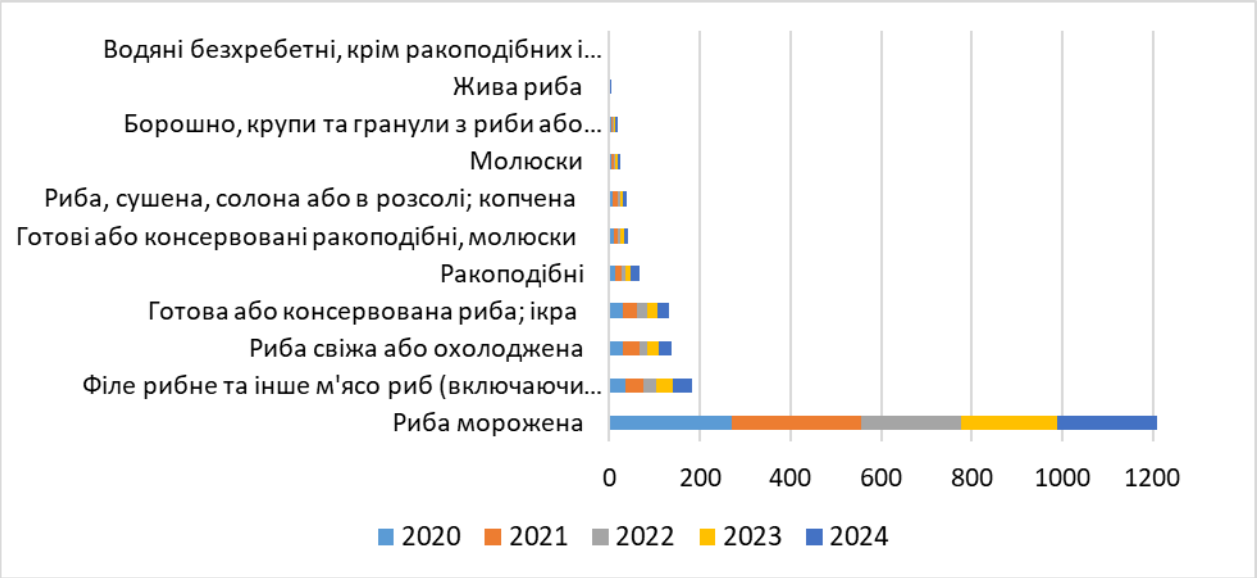


Рисунок 10. Структура імпорту риби, продукції з риби та інших водних біоресурсів в Україні, тис. тонн

Джерело: розроблено автором за даними Державної служби статистики України (2025)

Згідно даних Держрибагенства (2025), 80 % обсягу імпорту припадає на види риб, до яких Україна не має доступу, і які видобуваються виключно у відкритому морі або морських економічних зонах інших держав. Україна переважно імпортує оселедець, мерлузу, скумбрію, сардини, мойву, путасу, атлантичний лосось у вигляді мороженої риби чи її філе. Зазначена продукція проходить процес переробки на рибних підприємствах України, особливо в сегменті виробництва рибного філе, консервів та пресервів, соління, копчення, заморожених

напівфабрикатів. Значна частина такої продукції постачається на ринки інших держав (DARG, 2025).

Аналізуючи обсяги експорту та імпорту риби та рибної продукції у грошовому еквіваленті за 2024 рік слід відмітити, що Україна залишається імпортозалежною державою на рибному ринку та загалом має від'ємне сальдо торговельного балансу риби та рибної продукції, яке складає 1 033 млн дол. США.

Зниження показників експорту та імпорту риби, продукції з риби та інших водних біоресурсів в Україні у 2022 році пояснюється впливом повномасштабного вторгнення рф на територію України, що значною мірою зруйнувало логістику, скоротило економіку та знизило купівельну спроможність населення. Також на ємність ринку впливають окупація територій, пошкодження інфраструктури, руйнація або призупинення функціонування рибогосподарських підприємств. Втім, показники зовнішної торгівлі рибою та рибною продукцією 2023 – 2024 рр. демонструють поступове відновлення рибного ринку України.

Споживання риби та рибної продукції населенням України. Дані щодо споживання риби та рибної продукції є вкрай важливими для здійснення ефективного планування вітчизняного виробництва риби, зовнішньоекономічної діяльності та розвитку рибної галузі відповідно до потреб населення. Це допомагає оцінити попит, визначити популярні види продукції та врахувати соціально-економічні фактори, що впливають на рибний ринок.

Офіційні статистичні дані щодо споживання риби українцями починаючи з 2022 року відсутні. Це обумовлено дією воєнного стану в Україні й відповідно не розголошенням даних щодо кількості населення. У цьому дослідженні для аналізу використані дані "Баланси та споживання основних продуктів харчування населенням України 2021", які оприлюднені Державною службою статистики України (2022). В Україні, рівень споживання риби та рибної продукції на одну особу населення є нижчим за середньоєвропейський показник і становить 13,2 кг/рік, тоді як за даними OECD/FAO (2024) європейці в середньому споживають 20,96 кг риби на рік. Аналізуючи динаміку середньорічного споживання риби українцями, слід зазначити, що впродовж 2010 – 2013 рр. цей показник становив 13,4–14,5 кг/рік (рис. 11). З початком військової агресії рф 2014 року відбулося різке зниження рівня споживання риби до позначки 8,6 кг/рік у 2015 році. Починаючи з 2016 року спостерігалася тенденція до поступового збільшення цього показника, що відбулося переважно за рахунок імпорту, який забезпечує понад 80% внутрішнього споживання. Тому, рівень споживання риби та морепродуктів українцями значним чином залежить від світових цін на рибу, логістики та рівня доходів населення. За повідомленням Державної служби статистики України, середні споживчі ціни на рибу та рибну продукцію у 2024 році збільшилися у середньому на 14 %. Найбільше підвищилася ціна на оселедець (+22,1 %), кільку солону (+20,8 %) та скумбрію копчену (+18,7 %) (DARG, 2025).

Рівень споживання риби українцями значно різниться залежно від регіону (рис. 12). Найбільше споживають риби в Київській, Одеській, Черкаській та Вінницькій областях, де цей показник коливається в межах 15,3–19,1 кг/рік. Натомість жителі Закарпатської, Івано-Франківської та Харківської областей споживають до 10 кг риби на рік на одну особу, що вдвічі менше за середньоєвропейський рівень споживання. Рівень споживання риби українцями, що проживають у різних областях України, є результатом поєднання ряду чинників, зокрема, економічних, культурних та політичних. Але першочергово, показник середньорічного споживання риби та рибних продуктів визначається доходами населення, розвиненістю роздрібної торговельної мережі мережі та наявністю великих водойм – розвинуте місцеве рибне господарство сприяє доступності та більшому її споживанню місцевим населенням.

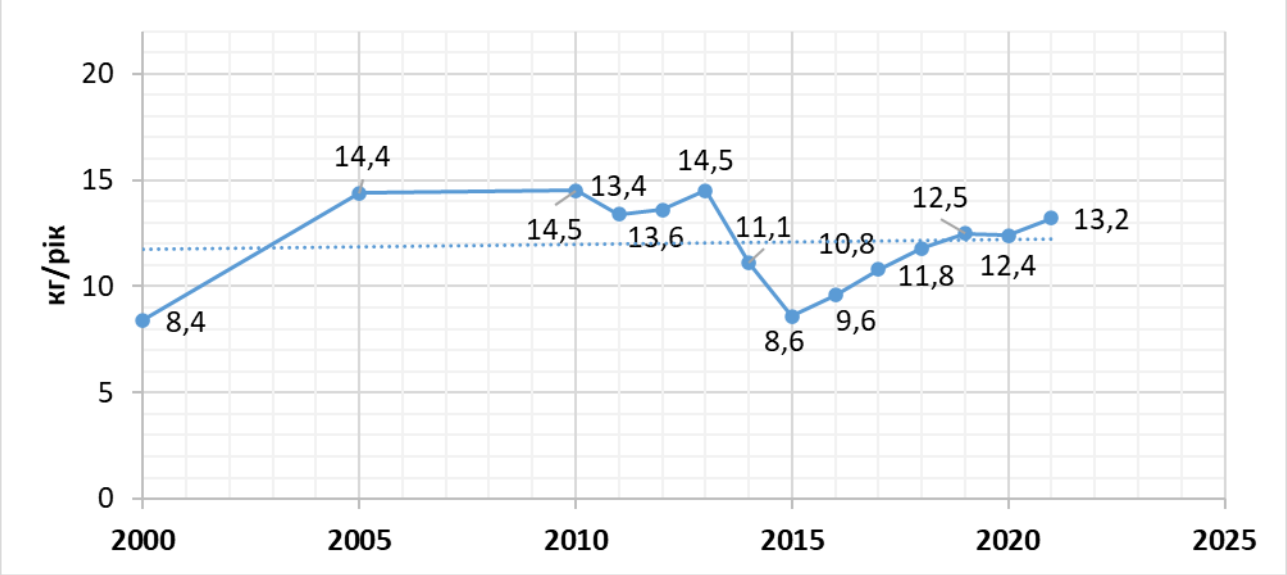


Рисунок 11. Динаміка річного споживання риби та рибних продуктів в Україні з розрахунку на одну особу, кг

Джерело: розроблено автором за даними Державної служби статистики України (2025)

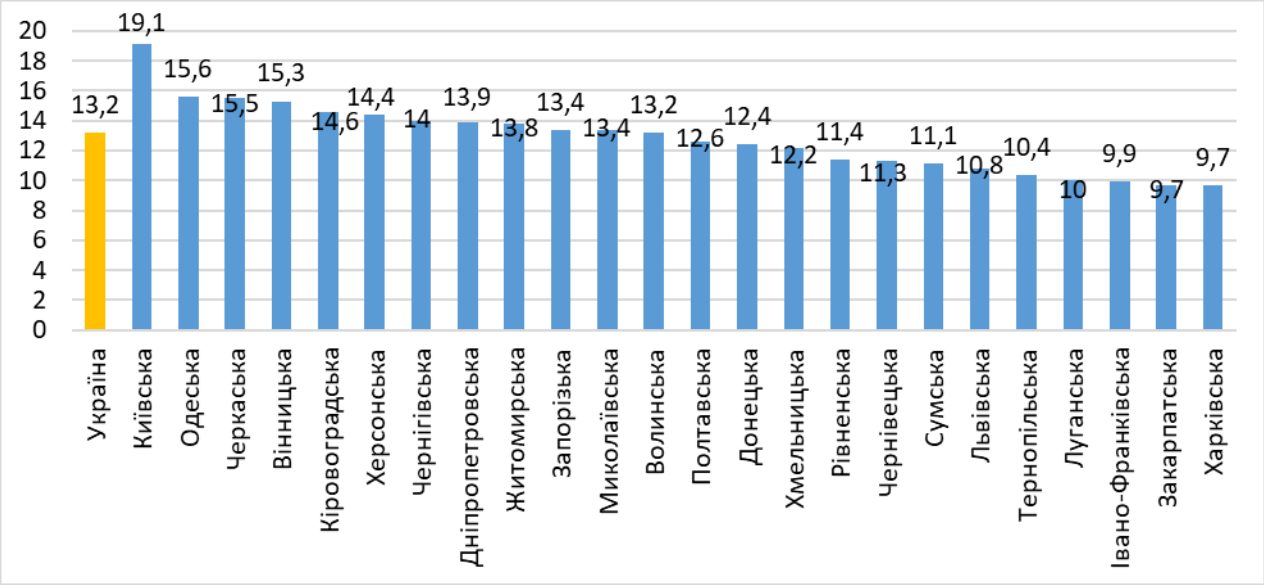


Рисунок 12. Обсяги річного споживання риби в розрахунку на одну особу за регіонами, кг (2021 рік)

Примітка: Інформацію наведено без урахування тимчасово окупованої території Автономної Республіки Крим, м. Севастополя та частини тимчасово окупованих територій у Донецькій та Луганській областях.

Джерело: розроблено автором за даними Державної служби статистики України (2025)

Риба є важливим компонентом збалансованого харчування – дієтичним джерелом енергії, високоякісного білка, а також низки інших необхідних поживних речовин, мінералів та мікроелементів. Вона містить жиророзчинні вітаміни та незамінні жирні кислоти, включаючи довголанцюгові n-3 поліненасичені жирні кислоти. У загальному висновку "Спільної експертної консультації ФАО/ВООЗ щодо ризиків і переваг споживання риби" (2023) зазначається, що споживання риби забезпечує людину енергією, білком та іншими поживними речовинами, важливих для здоров'я, і, що споживання риби приносить користь на всіх етапах життя (вагітність, дитинство та зрілий вік). Згідно українських "Рекомендацій щодо здорового харчування дорослих" цільовим рівнем споживання риби є 2–3 рибні страви на тиждень, з яких принаймні одна повинна бути з морської риби (Ministry of Health of Ukraine,

2017). Збалансоване харчування є одним із ключових факторів у забезпеченні здоров'я людей та профілактиці хронічних неінфекційних захворювань. Популяризація принципів здорового харчування серед українців дасть змогу підвищити рівень споживання риби та морепродуктів.

На думку експертів, для досягнення продовольчої безпеки держави, а також рекомендованої норми споживання рибної продукції на одну особу, потрібна підтримка розвитку вітчизняної аквакультури внутрішніх водойм, що забезпечить попит населення у свіжій рибі, сприятиме відновленню природних нерестовищ у рибогосподарських водоймах, зниженню собівартості рибних продуктів, їх конкурентоспроможності на ринку України (BRDO, 2020).

Висновки

Аналіз результатів дослідження показав, що добування водних біоресурсів в Україні зменшилося майже вп'ятеро (з 218,6 тис. тонн у 2010 році до 44,9 тис. тонн у 2024 році), що свідчить про серйозні проблеми в рибній галузі та потребу в розробці та реалізації заходів спрямованих на відновлення виробництва водних біресурсів. Втім, слід відмітити деякі позитивні тенденції видобутку водних біоресурсів українськими суб'єктами господарювання, коли загальний обсяг видобутку у 2024 році зріс на 32 % порівнюючи з 2022 роком та на 18% порівнюючи з 2023 роком переважно завдяки океанічному промислу. Варто зазначити, що на відміну від світових тенденцій, коли аквакультура становить половину від обсягів вилову водних біоресурсів, в Україні на аквакультуру припадає лише 20 % від загального обсягу видобутих водних біоресурсів.

Упродовж останніх років український рибний ринок демонструє значні коливання як в обсягах імпорту, так і експорту риби та рибної продукції. Зокрема, у 2014 – 2015 та 2022 роках через військову агресію рф спостерігалося різке скорочення зовнішньої торгівлі рибною продукцією, що спричинило значне падіння експорту та зменшення обсягів імпорту. Водночас у 2024 році встановлено позитивні тенденції до поступового відновлення експорту та зростання імпортних поставок, що свідчить про адаптацію ринку до нових умов. Зокрема, у 2024 році фізичний обсяг експорту риби, продукції з риби та інших водних біоресурсів зріс на 66,5 % порівнюючи з 2023 роком, тоді як імпорт досягнув рекордного в грошовому еквіваленті значення на суму в 1 090 млн дол. США.

Важливо зазначити, що Україна залишається імпортозалежною державою на рибному ринку, адже понад 80 % імпорту припадає на види риб, до яких країна не має доступу через відсутність вилову у відкритому морі. Основні партнери з імпорту риби – Норвегія, Ісландія, США та країни Балтії, тоді як основними напрямками експорту залишаються європейські держави, зокрема Молдова, Німеччина, Литва, Польща та Данія. Структура імпорту риби та рибної продукції свідчить про домінування мороженої риби, частка якої у 2024 році склала понад 60%. Водночас серед товарних позицій експорту домінують філе рибне та інше м'ясо риб, жива риба, готова або консервована риба та молюски.

Споживання риби та рибної продукції в Україні є актуальним питанням в контексті здорового харчування населення. В середньому українці споживають 13,2 кг риби на рік, тобто рівень споживання риби все ще залишається нижчим за середньоєвропейський показник. Крім того, в Україні спостерігаються суттєві регіональні відмінності у споживання риби та рибної продукції. У регіонах, розташованих поблизу великих водойм, культура споживання риби історично сформувалася на вищому рівні, ніж у віддалених областях, таких як Західна Україна. Для покращення ситуації необхідно розвивати місцеве рибне господарство, що сприятиме забезпеченню населення свіжою, якісною та доступною рибною продукцією.

Подяки. Немає.
Конфлікт інтересів. Немає.

References

Bilousov, M., Aleynik, V., Chernenko, D., & Grigor'eva, L. (2023). Environmental legacy of Russia's aggression against Ukraine in 2022-2023 (applied and communicative aspects).

Environmental and Radiation Safety. Ecological and radiation safety, 1(1), 12-18. https://doi.org/10.34132/ers.2023.01.01.02

BRDO. (2020). Green book "Analysis of the fishing industry in Ukraine". Retrieved from https://uifsa.ua/news/news-of-ukraine/green-book-analysis-of-the-fishing-industry-of-ukraine

DARG. (2025). Public report of the Head of the State Agency of Ukraine for the Development of Land Reclamation, Fisheries and Food Programs, Vladyslav Neveseli, for 2024. Retrieved from https://darg.gov.ua/_vidkriti_dani_0_1000_menu_0_1.html

Demyanenko, K. (2019). 80% of aquatic bioresources available for fishing in the Azov-Black Sea basin are resources of the Azov Sea. Retrieved from https://darg.gov.ua/index.php?lang_id=1.&content_id=9161&lp=115

FAO. (2023). Ukraine – Damages and losses in the aquaculture and fishery sectors: Report on the impact of the ongoing war, January 2023. Rome. https://doi.org/10.4060/cc4018en

FAO & WHO. (2024). Joint FAO/WHO Expert Consultation on the Risks and Benefits of Fish Consumption: Meeting report, Rome, 9–13 October 2023. Food Safety and Quality Series, No. 28. Rome. https://doi.org/10.4060/cd2394en

FAO. (2024). International markets for fisheries and aquaculture products – Fourth issue 2024, with January–June 2024 statistics.*GLOBEFISH Highlights.* (4-2024). https://doi.org/10.4060/cd3727en

Golembovska, N., & Lebska, T. (2014). Development of the fish products market in Ukraine. Food Industry of the Agricultural Industry, (4), 4-8.

Goncharova, O. V., & Melnichenko, S. G. (2024). Ecological station of water objectives in ukraine for the influstion of russian aggression. Water bioresources and aquaculture, 1(15). https://doi.org/10.32782/wba.2024.1.8

Kishchak, I. T., Korneva, N. O., & Novikov, O. E. (2014). Strategic imperatives for the development of the country's seafood complex. Bulletin of agrarian science of the Black Sea region, 3, 5-17.

Mikhalchishina, L., & Sinenok, I. (2020). Strategically direct development of aquaculture in Ukraine. Bioeconomy and agricultural business, 11(2), 72-85.

Ministry of Health of Ukraine. (2017). Recommendations for a healthy diet for adults. Retrieved from https://moz.gov.ua/uploads/ckeditor/%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B8/01122017_Basic_Recommendations-1.pdf

OECD/FAO. (2024). OECD-FAO Agricultural Outlook 2024-2033, OECD Publishing, Paris/FAO, Rome, https://doi.org/10.1787/4c5d2cfb-en.

Polishuk, A., Shostya, A., Merzlov, S., Usenko, S., Leusky, M., Kuzmenko, L., & Ilchenko, M. (2024). The current state of fish farming in Ukraine and the development of the industry in Poltava region. *Scientific Progress & Innovations*, *27*(1), 101-106. https://doi.org/10.31210/spi2024.27.01.17

State Statistics Service of Ukraine. (2022). Balances and consumption of the main food products by population of Ukraine. Retrieved from https://stat.gov.ua/uk/datasets/balansy-osnovnykh-produktiv-roslynnytstva-ta-tvarynnytstva-2

State Statistics Service of Ukraine. (2025). Retrieved from https://ukrstat.gov.ua

Trofymchuk, A. M., Hrynevych, N. E., Trofymchuk, M. I., Kunovsky, Y. V., Bondar, O. S., Tkachenko, O. V., & Savchuk, O. V. (2021). Current status and trends in the development of fish farming in Ukraine and the world. Technology of production and processing of animal products, (2(166)), 123-133. https://doi.org/10.33245/2310-9289-2021-166-2-123-133

Yemtsev, V., Slobodyanyuk, N., & Yemtseva, G. (2023). Problems of the functioning of the ribal state of Ukraine in the minds of vinny. Science and technology today, (13(27)). https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-13(27)-90-101%20

Отримано 24.09.2024 р., прийнято до друку 15.02.2025 р.

УДК 621.646
https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2025.37

ВПЛИВ ВЛАСТИВОСТЕЙ КВАСУ ЗІ СТОЛОВОГО БУРЯКА НА ЯКІСТЬ ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА

Ростислав Юрійович Кравченюк,
аспірант
https://orcid.org/0009-0007-1974-5001
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,
46001, вул. Гоголя 6, Тернопіль, Україна
Ігор Ярославович Стадник,
доктор техн. наук, професор
https://orcid.org/0000-0003-4126-3256
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,
46001, вул. Гоголя 6, Тернопіль, Україна

Анотація. *На сьогодні все більшу популярність в Україні займає тема здорового харчування. Інтерес представляє продукція, виготовлена з натуральних компонентів, без використання консервантів, синтетичних барвників, штучних добавок та з великим вмістом корисних інгредієнтів та вітамінів. Аналіз останніх досліджень щодо шляхів використання продуктів переробки столового буряка вказав на можливе використання у хлібобулочній, кондитерській галузях. Ця робота спрямована на дослідження використання продукту переробки столового буряка (квасу) на використання в хлібопекарській галузі. Для визначення впливу бурякового квасу на життєздатність дріжджових клітин визначали за допомогою мікроскопії під об'єктивом 40×. Органолептичні показники, які включали зовнішній вигляд, аромат і смак, оцінювали за за п'ятибальною шкалою незалежною дегустаційною комісією. Фізико-хімічні показники розробленого хліба визначали до вимог стандарту ДСТУ 7045 : 2009. Тому напрямом удосконалення рецептури наявного асортименту шнечного виробу вибрано квас столового буряка (КСБ), що має високий вміст природних барвників, таких як бетаїн, бетанін, β-каротин і хлорофіл.*

Визначено, що на якісні характеристики хліба вплинає кількісне співвідношення компонентів у квасі та дозування його до реуептури хліба. Як негативний результат досліджень, можливе виникнення неприйнятного зовнішнього вигляду хліба за рахунок темного відтінку або неприйнятної смакоароматичної композиції. За прототип у процесі розробки рецептури прийнято пшеничний хліб, оскільки як основну сировину приймаємо борошно. Під час експериментального дослідження визначено, що колір готової продукції варіюється від жовтого до карамельного в залежності від кількості дозованого квасу. Доведено позитивний вплив квасу на технологічні властивості пшеничного борошна та хлібопекарських дріжджів, а також на якість готовий продукт. Виявлено відповідність розробленого продукту вимогам стандарту за основними фізико-хімічними показниками: вологість м'якуша – не понад 35,2 %; кислотність – трохи більше 2,8 град; пористість – не менше 72 %. Проведені маркетингові дослідження та дегустаційна оцінка готового хліба показали перспективу створення нового продукту, оскільки 95 % респондентів підтверджують важливість виробництва і дали позитивну оцінку органолептичних показників його якості.

Ключові слова: *столовий буряк, квас стодового буряка, пшеничний хліб, харчова цінність, рослинні інгредієнти*

UDC 621.646
https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2025.37

THE INFLUENCE OF THE PROPERTIES OF KVAS FROM TABLE BEET ON THE QUALITY OF WHEAT BREAD

Rostislav Kravchenyuk,
Postgraduate
https://orcid.org/ 0009-0007-1974-5001
Ternopil Ivan Puluj National Technical University,
Hohol str. 6, 46001, Ternopil, Ukraine
Ihor Stadnyk,
Doctor of Science, Professor
https://orcid.org/0000-0003-4126-3256
Ternopil Ivan Puluj National Technical University,
Hohol str. 6, 46001, Ternopil, Ukraine

Abstract. *Currently, the topic of healthy food is gaining more and more popularity in our country. Of interest are products made from natural components, without the use of preservatives, synthetic dyes, artificial additives and with a high content of useful ingredients and vitamins. The analysis of the latest studies on the ways of using beet processing products showed their possible use in the bakery and confectionery industries. This work is aimed at researching the use of the product of table beet processing (kvass) for use in the bakery industry. To determine the effect of beet kvass on the viability of yeast cells, it was determined using microscopy under a 40× lens. Organoleptic indicators, which included appearance, aroma and taste, were evaluated on a five-point scale by an independent tasting committee. The physico-chemical parameters of the developed bread were determined in accordance with the requirements of the DSTU 7045:2009 standard. Therefore, table beet kvass (KSB), which has a high content of natural dyes, such as betaine, betanin, β-carotene and chlorophyll, was chosen as the direction of improving the formulation of the existing range of snail products. It was determined that the quality characteristics of bread are affected by several components in kvass and its dosage before bread re-eupture. As a negative result of the research, it is possible to have an unacceptable appearance of the bread due to a dark shade or an unacceptable taste and aroma composition. Wheat bread was taken as the prototype of the recipe development process. During the experimental study, it was established that the color of the finished product changes from yellow to caramel depending on the amount of kvass dosed. The positive influence of kvass on the technological properties of wheat flour and baker's yeast, as well as on the quality of finished products, has been proven. The compliance of the developed product with the requirements of the standard according to the main physico-chemical indicators was found: the moisture content of the pulp is not more than 35.2%; acidity - slightly more than 2.8 degrees; porosity - not less than 72%. Conducted marketing research and tasting evaluation of ready-made bread showed the perspective of creating a new product, as 95% of respondents confirmed the importance of production and gave a positive assessment to the organoleptic indicators of its quality.*

Keywords*: table beet, beet kvass, wheat bread, nutritional value*

ВСТУП. Харчування сучасного населення є надзвичайно актуальною соціальною проблемою, оскільки стан довкілля продовжує стрімко погіршуватися, досягаючи критичних показників. Забруднення навколишнього середовища, викликане неконтрольованим застосуванням синтетичних хімічних речовин, часто ігнорує природні біологічні закони, що веде до серйозних і часом незворотних наслідків для здоров'я людини та екосистеми загалом. Додатковими факторами, що погіршують ситуацію є також значне забруднення питної води, погіршення якості повітря та ґрунтів, а також малорухливий спосіб життя, який став типовим для багатьох людей у зв'язку з урбанізацією і цифровізацією. Важливу роль у цьому процесі відіграє і якість харчових продуктів, яка внаслідок інтенсивного виробництва часто поступається за поживними властивостями традиційним природним продуктам.

Такий комплекс негативних чинників, як відзначають автори (Mazorenko D., & Mazneva G. 2011) спричиняє постійний дефіцит важливих нутрієнтів у раціоні людини, включаючи вітаміни, мінерали та біологічно активні речовини. Нестача цих елементів стає одним із ключових факторів, що провокують порушення обміну речовин, погіршення імунітету та розвиток хронічних захворювань. Крім того, науковці відзначають (Lisovska et al., 2020), що сучасний раціон часто перенасичений простими вуглеводами і жирами, що призводить до зростання маси тіла, ожиріння і супутніх захворювань, таких як цукровий діабет. З кожним роком кількість людей, які страждають на ці недуги, невпинно зростає, що вимагає як змін у харчових звичках населення, так і підвищення обізнаності про здорове харчування.

Отже, забезпечення населення якісними, збалансованими продуктами харчування та боротьба з наслідками екологічних і соціальних проблем є нагальною необхідністю. Це потребує як активної участі держави у створенні програм з підтримки здорового способу життя, так і свідомих зусиль кожної людини для збереження власного здоров'я.

Автори відзачають (Vdovenko S. & Palamarchuk I. I., 2020), що збереження та покращення здоров’я населення, підвищення його працездатності та поліпшення якості життя є важливими завданнями для кожної країни. Ці аспекти набувають особливої актуальності в умовах глобального погіршення екологічних і соціальних факторів, які впливають на добробут людей. У цьому контексті хлібопекарська галузь відіграє ключову роль, адже вона здатна сприяти оздоровленню населення через розробку та впровадження у раціон сучасних виробів із покращеним складом.

Головним завданням стає створення продуктів зі зниженою енергетичною цінністю, але з високою поживною цінністю. Тому у своїх працях ряд авторів Дробот В., Павлюк Р., Стадник І., Карпик Г. передбачають збагачення хлібобулочних виробів нутрієнтами, клітковиною, вітамінами та іншими біологічно активними речовинами. Особливе значення має наявність у сировині (Lachowicz S et al., 2020) таких компонентів, як органічні кислоти, пектини, дубильні речовини та інші природні сполуки. Вони забезпечують можливість впливати на реологічні властивості тіста та готових виробів. Зокрема, ці речовини здатні зміцнювати клейковинний каркас, що підвищує міцність і структурну стабільність тіста. Крім того, покращуються водопоглинальні та газоутримувальні властивості, що сприяє утворенню рівномірної та стійкої пористої структури.

Ефективним і зручним способом покращення вітамінного балансу серед населення є впровадження у раціон харчування продуктів, додатково збагачених необхідними нутрієнтами. Такі продукти, як відзначають автори (Кравченюк Р., et al., 2020) сприяють досягненню оптимального рівня споживання вітамінів і мікроелементів, що відповідає фізіологічним потребам організму. Особливо важливим цей підхід є для запобігання гіповітамінозу та підтримки загального здоров’я. Тому у цьому контексті хлібобулочні вироби є найзручнішим об’єктом для збагачення, оскільки вони належать до продуктів масового споживання, доступних для різних верств населення. Збагачення хліба та інших борошняних виробів не лише покращує їхню харчову цінність, а й дозволяє реалізовувати

концепцію функціонального харчування, спрямованого на підтримку здоров'я (Stadnyk I. et al., 2020).

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ. Сучасні технології пропонують широкий спектр підходів до збагачення хлібобулочних виробів. Зокрема, це включає використання продуктів переробки зернових, олійних і бобових культур (Капітанова Т. et al., 2021), які містять значну кількість білків, клітковини та вітамінів. Додатково використовуються овочеві компоненти (Samilyk M., et al., 2020), такі як цукати, пюре, соки, настої, а також порошки з рослинної сировини, що мають високу біологічну цінність. Особливо популярними є порошки з гарбуза, моркви, шпинату, часнику, буряка та інших овочів (Samilyk M., et al., 2020; Vdovenko S. & Palamarchuk I. 2020). Вони не лише збагачують хліб корисними речовинами, але й покращують його смакові, кольорові та ароматичні характеристики. Аналогічно, використання продуктів переробки плодово-ягідних культур, таких як яблука, чорниця, журавлина, сприяє створенню функціональних виробів із високою концентрацією антиоксидантів і біофлавоноїдів.

Коренеплоди, зокрема столовий буряк, викликають значний інтерес у контексті вирішення проблеми поліпшення харчової цінності продуктів. Столовий буряк є одним із найважливіших джерел харчових волокон, вітамінів, мікроелементів та амінокислот (Kravchenyuk R. & Stadnyk I., 2024). Завдяки високій концентрації цих компонентів, буряк займає особливе місце серед овочевих культур, які використовуються для збагачення продуктів масового споживання.

Висока цінність столового буряка для людини обумовлена вмістом різноманітних органічних сполук і поживних речовин. Цей коренеплід володіє антиоксидантними та радіопротекторними властивостями, що сприяє захисту організму від впливу шкідливих факторів навколишнього середовища. Крім того (Karpyk, et al., 2020), буряк є джерелом багатьох вітамінів, таких як (калій, фосфор, кальцій, магній, залізо, цинк, вітаміни С, В1, В5, В 6 РР, Е, фолієва кислота, провітамін А та ін). Включає до свого складу високий вміст барвників (бетаїн, бетанін, β-каротин, хлорофіл), які мають високу біологічну активність. Внесення їх до складу хлібобулочних виробів дозволяє не лише збагатити продукт вітамінами, мінералами, харчовими волокнами, пектином, клітковиною, а також покращити – «прикрасити» зовнішній вигляд виробу, за рахунок утримання у складі збагачувачів барвників. Хімічний склад буряка багатий на пектини, органічні кислоти, антоціани та інші сполуки, які забезпечують його численні лікувальні властивості. Зокрема, буряк сприяє поліпшенню травлення, нормалізації обміну речовин, зниженню рівня холестерину та посиленню імунітету.

Ураховуючи ці властивості, столовий буряк може використовуватися як основний або додатковий компонент у технологіях виготовлення харчових продуктів. Одним із таких продуктів є квас столового бурякаіз додаванням до нього іншої рослинної сировини (Kravchenyuk R. & Stadnyk I., 2024). Вони відзначають, що КСБ є перспективних напрямів у збагаченні хлібобулочних виробів не лише покращити харчову та функціональну цінність продукту, але й надати йому унікальних органолептичних характеристик.

Таким чином, використання бурякового квасу як збагачувача в рецептурах хлібобулочних виробів є перспективним напрямом, що відповідає сучасним тенденціям здорового харчування. Це сприяє не лише підвищенню поживної цінності продуктів, але й створенню виробів із унікальними органолептичними характеристиками, які мають високу конкурентоспроможність на ринку.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ полягає у вивченні впливу технології виготовлення пшеничного хліба з борошна першого сорту з додаванням квасу столового буряка (КСБ), настояного на основі добавок льону, сухого житнього хліба, молочної сироватки. Використання бурякового квасу, як компонента у рецептурі хліба, відкриває нові можливості

для створення продуктів із підвищеним умістом біологічно активних речовин, поліпшенням текстури, кольору та смакових якостей.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ. Для обґрунтування вибору об'єкта досліджень та актуальності проведених досліджень було проведено маркетинговий аналіз, спрямований на вивчення впливу квасу із різними збагачувачами на процеси бродіння та підвищення функціональних властивостей хлібобулочних виробів. Одним із ключових напрямів дослідження було вивчення впливу бурякового квасу на активність дріжджів та їх підйомну силу.

Експеримент проводився за прискореним методом, що полягав у визначенні часу випливання кульки тіста, замішаного КСБ із додаванням збагачувачів. Методика дослідження була адаптована згідно з рекомендаціями авторів (Drobot, V. I., & Sylchuk, T. A. (2016); Drobot, V.I., & Izhevskaya, O.P., (2017). Квас додавали до тіста в кількостях, розрахованих відповідно до запропонованої технології, з метою оцінки їх впливу на активність дріжджів. Окрім цього, вплив бурякового квасу на життєздатність дріжджових клітин визначали за допомогою мікроскопічного аналізу фарбованих препаратів. Для проведення дослідження використовували суспензію, виготовлену з пресованих дріжджів та води у співвідношенні 1:3 за масою. Ця суспензія додавалася до квасу, в обсягах, відповідних дозуванню для 100 г борошна. Отримані суміші витримували за постійних умов упродовж 60 хвилин за температури 30 °С. Упродовж цього часу через кожні 20 хвилин проводили контроль життєздатності дріжджових клітин шляхом мікроскопії під об'єктивом 40×. Такий підхід давав змогу оцінити динаміку змін активності дріжджів у середовищі, збагаченому буряковим квасом (Rudavska, G.B., & Mandrika, V.I., 2008; Rudavska, G.B. & Demkevich L.I. 2005).

Для визначення якісних показників готового хлібобулочного вироби, збагаченого квасом, були випечені зразки хлібобулочних продуктів за розробленою рецетурою. Хліб випікали безопарним способом відповідно до загальноприйнятої технологією (STADNYK Igor, et al., 2023). Квас вносили на стадії замісу тіста, кожна частина кольорового тіста (оранжева, рожева) замішувалась окремо з додавання 50 % води – це послужило головним відмінністю розробленої технології від загальноприйнятої.

Якість зразків оцінювали за органолептичними показниками, які включали зовнішній вигляд, аромат і смак, за п'ятибальною шкалою. Оцінювання проводилося незалежною дегустаційною комісією, що дозволяло отримати об'єктивні результати. Фізико-хімічні показники розробленого хліба аналізували відповідно до вимог стандарту ДСТУ 7045 : 2009 кислотність визначали прискореним методом (ГОСТ 5670-96); пористість оцінювали згідно з вимогами ГОСТ 5669-96.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ. Під час проведення маркетингових досліджень було встановлено, що 65,9 % респондентів вживають хлібобулочні вироби кілька разів на день, майже з кожним прийомом їжі, 70,7 % опитаних віддають перевагу продукції, виготовленій із пшеничного борошна. На основі цих результатів для модифікації було обрано хліб із пшеничного борошна першого ґатунку як базову рецептуру, оскільки він є найпоширенішим серед споживачів. Цей продукт відповідає стандартам ГОСТ 27842-88**,** що забезпечує високу якість та безпечність.

На рисунку 1 наведено графічний розподіл результатів опитаних респондентів щодо актуальності розробки хлібобулочних виробів, збагачених КСБ. Опитування виявило значний інтерес до продуктів, що містять додаткові функціональні інгредієнти, здатні підвищити їхню поживну цінність. Такі дані підтверджують доцільність розробки нових рецептур хлібобулочних виробів, орієнтованих на задоволення потреб споживачів у корисних і збагачених продуктах харчування. З рисунку 1 видно, що 70 % опитаних вважають актуальним створення хлібобулочних виробів, збагачених КСБ. Це підтверджує

важливість розвитку таких продуктів для задоволення потреб споживачів у здоровому харчуванні.

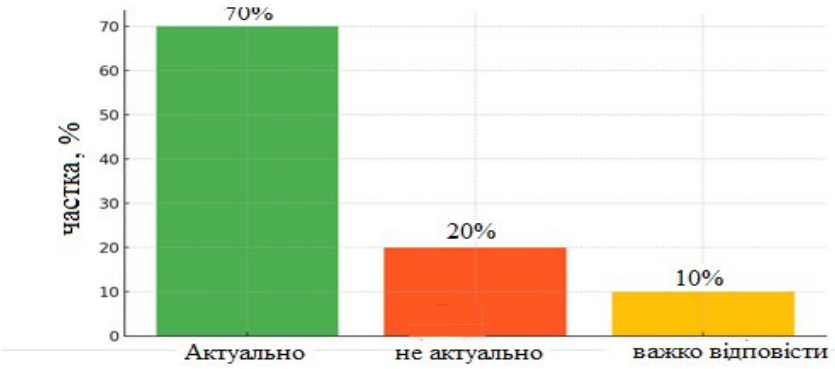


Рисунок 1. Актуальність створення хлібобулочних виробів, збагачених КСБ, % від числа опитаних

Джерело: розроблено авторами на основі досліджень Стадник І. (2023)

Для обґрунтування можливості внесення КСБ у рецептуру хлібобулочного виробу з пшеничного борошна першого ґатунку було проведено дослідження впливу цього інгредієнта на технологічні властивості борошна. Враховувалося, зокрема, підйомна сила дріжджів, а також життєздатність дріжджових клітин. Ці чинники є важливими для визначення ефективності використання бурякового квасу в технології хліба, оскільки вони впливають на якість тіста та кінцевий продукт.

У таблиці 1 представлений вплив КСБ на вміст масової частки клейковини в пшеничному борошні.

Таблиця 1. Уміст масової частки клейковини в пшеничному борошні, збагаченого КСБ

Показники	зразки			
	контроль	використання КСБ із		
		льоном	сироваткою	житніми сухариками
Вміст $\omega_{\text{сира клейковина}}$	28.26%	28.20	28.20	28.25

Джерело: розроблено авторами на основі досліджень Стадник І. (2023)

Результати таблиці 1 показують, що внесення КСБ із різними добавками інгредієнтів не призводить до істотної зміни вмісту сирої клейковини в пшеничному борошні порівняно з контролем. Це свідчить про те, що добавки суттєво не змінюють основні властивості борошна, що важливо для збереження його функціональних характеристик у процесі приготування тіста. Однак такі зміни можуть мати потенціал для поліпшення інших технологічних властивостей, що потребує подальших досліджень.

Дослідження впливу КСБ на розтяжність клейковини, представлені в таблиці 2. Вони показали, що додавання бурякового квасу у разі заданих пропорцій має певний вплив на здатність клейковини до розтягування. Зміни в розтяжності можуть свідчити про зміни в структурі клейковини, що впливає на еластичність та загальні властивості тіста.

З таблиці 2 видно, що клейковина борошна з КСБ має середню розтяжність. Це може бути пов'язано з тим, що в процесі гідратації та набухання клейковини відбуваються зміни в її полімерних структурах. Під час цього процесу відновлюються окремі молекулярні ланцюги, а також відбувається дисоціація органічних кислот і амінокислот, що містяться в

буряковому квасі. Такі зміни можуть впливати на здатність клейковини до розтягування, знижуючи її розтяжність, що, в свою чергу, може підвищувати її структурну міцність. Це явище покращує механічні властивості клейковини, такі як еластичність і пружність, що позитивно позначається на якості тіста, зокрема на його здатності до ферментації та обробки.

Таблиця 2. Вплив КСБ на розтяжність клейковини

Зразок	Розтяжність клейковини, см
контроль	14.7
зразки із КСБ: льоном сироваткою житніми сухариками	 13.9 14.2 14.1

Джерело: розроблено авторами на основі досліджень Стадник І.(2023)

Такий вплив КСБ на клейковину дає можливість підвищити стабільність структури тіста завдяки зниженій розтяжності, покращити текстуру хлібобулочних виробів, зробивши більш щільною, але водночас м'якою та еластичною.

Вплив КСБ на підйомну силу дріжджів представлений у таблиці 3. Дані таблиці 3 дають змогу краще зрозуміти, як КСБ може впливати на ферментаційні процеси в тісті. Зміни в активності дріжджових клітин є важливим аспектом, оскільки вони безпосередньо впливають на підйом тіста і, в кінцевому підсумку, на якість і об'єм хлібобулочних виробів.

Таблиця 3. Вплив КСБ на підйомну силу дріжджів

Зразок	Значення показників підйомної сили, хв
контроль	11 хв. 7 с
зразки із КСБ: льоном сироваткою житніми сухариками	 4.9 с 2.20 с 1.40 с

Джерело: розроблено авторами на основі досліджень Karpyk Г. (2021)

За результатами таблиці видно, що підйомна сила хлібопекарських дріжджів з додаванням КСБ, зменшилася порівняно з контролем на 6 хв 8с, 9 хв 5с та 10хв 1с, відповідно. Це свідчить про позитивний вплив КСБ на біологічну активність дріжджових клітин, що сприяє більш інтенсивному бродінню і, відповідно, швидшому підйому тіста. Ймовірно, цей ефект обумовлений наявністю у КСБ великої кількості поживних речовин, таких як вітаміни групи В, цукри, мінеральні речовини та інші органічні сполуки. Ці компоненти є важливими для нормальної життєдіяльності та активності дріжджових клітин, оскільки вони забезпечують необхідні умови для їх росту та розмноження. Вітаміни мають стимулюючий ефект на метаболічні процеси в клітинах [], що може підвищити їх активність у процесі ферментації.

Отримані результати свідчать про сприятливий вплив додавання КСБ на життєздатність дріжджових клітин. Це так само може бути корисним для поліпшення якості хлібобулочних виробів, оскільки активні дріжджові клітини сприяють більш ефективному бродінню, що впливає на об'єм, текстуру та смакові характеристики кінцевого продукту. Вплив КСБ на динаміку життєздатності дріжджових клітин представлено на рисунку 2.

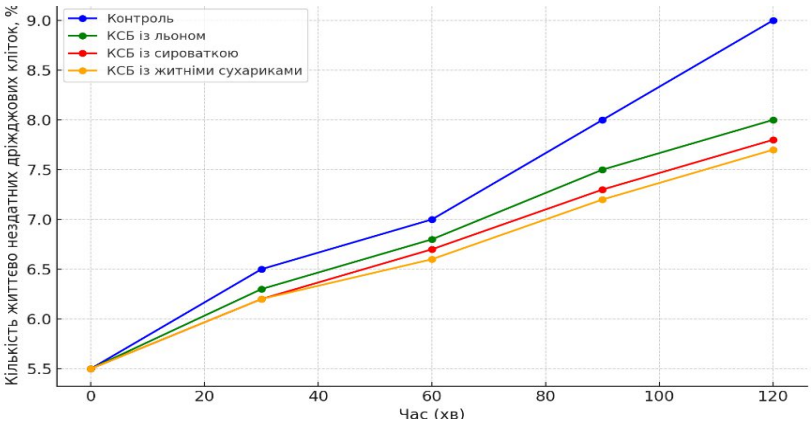


Рисунок 2. Кількість життєво нездатних дріжджових клітин

Вплив КСБ на життєздатність дріжджових клітин показує, що динаміка життєздатності дріжджових клітин аналізованих зразків має загальну закономірність, як видно з рисунка 2. Однак через дві години витримки кількість нежиттєздатних дріжджових клітин у контрольному зразку значно перевищує таку в зразках із КСБ із добавками. Це свідчить про те, що в середовищі з рослинними інгредієнтами відбувається зниження кількості нежиттєздатних клітин. Ймовірно, (Savchenko, O., & Kalinichenko, Y. 2019) це пов'язано з наявністю поживних речовин, таких як вітаміни, мінерали та органічні кислоти, які покращують умови для життєдіяльності дріжджових клітин. Ці компоненти можуть сприяти покращенню обміну речовин та метаболізму клітин, що підвищує їхню здатність до відновлення і подовжує їхню життєздатність.

Різниця в кількості життєздатних дріжджових клітин між контрольним зразком та зразками з різними добавками до квасу (льон, сироватка, житні сухарі) можна пояснити такими чинниками:

- *Хімічним складом:* Льон, сироватка і сухарі містять біологічно активні речовини, які можуть впливати на ріст і життєздатність дріжджів. Льон має антиоксиданти, але також може містити сполуки (наприклад, поліфеноли), що пригнічують дріжджі. Сироватка містить білки та лактозу, які можуть створювати специфічні умови для дріжджів. Житні сухарі багаті на ферменти та органічні кислоти, які сприяють створенню оптимального середовища для бродіння. В загальному компоненти в квасі виконують функцію додаткових джерел енергії для підтримки життєдіяльності дріжджів (калій, кальцій та натрій) здатні активувати ферменти в дріжджових клітинах, які сприяють зброджуванню цукрів, таких як мальтоза та мальтотріоза. Перетворення цих цукрів на спирт і вуглекислий газ забезпечує ефективне бродіння, що, в свою чергу, прискорює процес бродіння тіста.

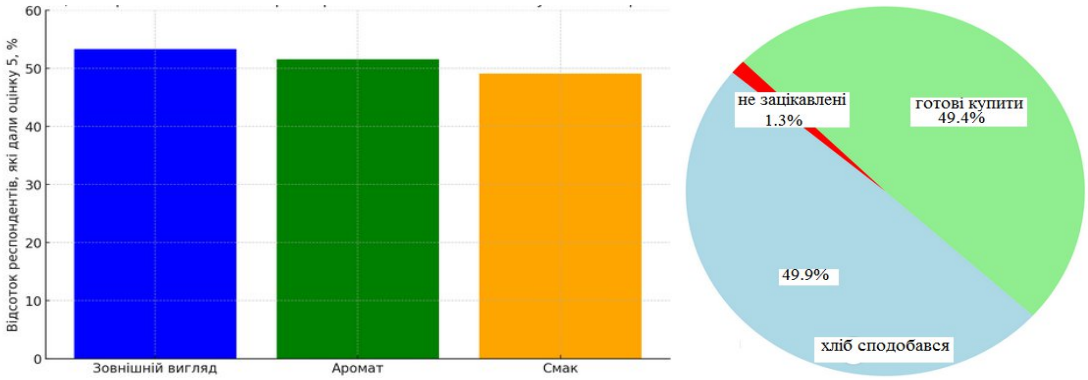
- *Рівень кислотності середовища (pH)*: Добавки до квасу змінюють кислотність середовища, що безпосередньо впливає на активність дріжджів. Так, житні сухарі підкислюють середовище, що стримує життєдіяльність дріжджів. Також у льоні є сполуки, які пригнічують активність дріжджів та можуть виникати нові мікрофлори (сиворотка), які конкурують із дріжджами за поживні речовини. Отже, житні сухарі можуть швидше вивільняти корисні речовини в середовище, ніж льон чи сироватка, що забезпечує дріжджам більше доступних поживних речовин.

Тому, наявність КСБ із добавками в середовищі для дріжджових клітин не лише знижує кількість нежиттєздатних клітин, але й може сприяти збільшенню числа життєздатних клітин, що позитивно впливає на процеси бродіння та підйом тіста. Це, в свою чергу, покращує технологічні властивості борошняних виробів, зробивши їх більш пористими та легкими.

На рисунку 3а показані результати дегустаційної оцінки органолептичних показників якості збагачених хлібобулочних виробів, що розроблялися. Діаграма показує відсоток респондентів, які оцінили зовнішній вигляд, аромат і смак хлібобулочних виробів найвищим

балом (5). З рисунка 3а видно, що більше половини опитаних оцінили зовнішній вигляд та аромат збагачених хлібобулочних виробів найвищою бальною оцінкою 5, що становить відповідно 53,3 % і 51,6 %. Близько половини дегустаторів (49,1 %) відзначили смак продукту як чудовий. Варто зазначити, що жоден з показників не отримав оцінок 2 або 1 бал, що свідчить про високий рівень задоволення споживачів від органолептичних характеристик продукту.

Для визначення перспективи виробництва розробленого виробу дегустаторам було поставлено питання: «Чи сподобався продукт?» та «Стали б Ви купувати цей продукт?». За результатами опитування, 97,5 % респондентів відповіли позитивно, зазначивши, що продукт їм сподобався, і висловили бажання його придбати. Лише 2,5 % респондентів не були зацікавлені в покупці продукту (рис. 3б).



а) б)

Рисунок 3. Оцінка органолептичних показників якості (а) та рівень споживчої оцінки (б) зразків хліба

Джерело: розроблено авторами на основі досліджень Palamarchuk I. I. (2021)

Отримані результати свідчать про високий рівень споживчої оцінки розроблених хлібобулочних виробів, що вказує на його перспективи на ринку. Рівень споживчої оцінки (рис. 3б) відображає відповіді на питання про те, чи сподобався продукт і чи готові респонденти його купувати. Абсолютна більшість (97,5%) позитивно оцінили продукт і висловили бажання його придбати, лише 2,5 % виявили байдужість. Це також дає змогу з упевненістю говорити про можливість впровадження даного продукту в масове виробництво, оскільки споживачі високо оцінюють його якість та смакові характеристики.

Фізико-хімічні показники розроблених хлібобулочних виробів представлені в таблиці 4.

Таблиця 4. Фізико-хімічні показники хлібобулочного виробу

Показники	Вимоги ДСТУ 7045:2009	Хліб пшеничний із КСБ та льону	Хліб пшеничний із КСБ та сироватки	Хліб пшеничний із КСБ та житніх сухариків
Вологість мякушки,%, не більше	43.0	41.9	42.69	42.2
Кислотність мякушки, град, не більше	3.0	2.6	2.8	2.9
Пористість мякушки,%, не менше	70	71	74	75

Джерело: розроблено авторами на основі досліджень Lisovska T. (2021)

З таблиці 4 видно, що за фізико-хімічними показниками, такими як вологість, кислотність та пористість, аналізовані зразки хлібобулочних виробів повністю відповідає вимогам ДСТУ 7045 : 2009. Це свідчить про те (Zheplinska, M., et al., 2021), що продукт має належну якість та відповідає стандартам для хлібобулочних виробів.

Маркетингові дослідження, проведені авторами Drobot, V.I., & Izhevskaya, O.P. (2017**)**, підтверджують стабільно високий попит на продукцію з пшеничного борошна першого ґатунку. Вплив при використанні КСБ на технологічні властивості пшеничного борошна першого ґатунку в рецептурах хлібобулочних виробів встановив, що його вплив узгоджується з дослідженнями Karpyk (2021) та Стадник (2023). Аналіз підйомної сили дріжджів та життєздатності дріжджових клітин при додаванні КСБ з різними інгредієнтами (льоном, сироваткою, житніми сухарями) показав, що цей фактор практично не впливає на масову частку сирої клейковини в борошні. Це підкреслює збереження функціональних властивостей борошна, що відповідає попереднім дослідженням щодо структурних характеристик тіста, проведеним Mikulec et al. (2019).

Процес бродіння відіграє ключову роль у формуванні якісних характеристик тіста та кінцевого хлібного виробу. Завдяки мікробіологічним процесам, що відбуваються у ферментованому КСБ, під час бродіння проходить накопичення органічних кислот, поліфенольних сполук та біологічно активних речовин. У роботі авторів Yu-ling Yang, et al. (2025) було досліджено молекулярний механізм, що лежить в основі впливу на реологічні властивості тіста, які можуть сприяти покращенню текстури та структури м’якушки. Крім того, розглянуті мікробіологічні процеси позитивно впливають на смакові характеристики хліба. Тому при використанні КСБ надається більш насичений аромат та легка кислинка, що може покращити його органолептичні властивості.

Результати впливу бродіння на вміст біоактивних молекул (поліфенолів, органічних кислот, білків, амінокислот) показали, що мікробне співвідношення в КСБ переважно пов’язане з наявністю біологічно активних речовин, таких як вітаміни групи В, органічні кислоти та мінеральні сполуки, які покращують бродильну активність. Однак композиції, виготовлені виключно з додаванням рослинної сировини (наприклад, конопляного борошна), не продемонстрували суттєвої різниці в складі мікробних спільнот та не вплинули значно на бродильну активність тіста (Bavaro A. et al., 2021).

Дослідження також показали, що додавання КСБ у рецептуру тіста сприяє більшій стабільності клейковинного каркаса. Тому розтяжність клейковини показало її збільшення порівняно з контролем, що вказує на модифікацію полімерної сітки білків. Автори **(**Jin, R. et al., 2024**)** зазначають, що зміни розтяжності клейковини можуть бути пов’язані з процесами гідратації та набухання, що супроводжуються структурними змінами білкових молекул. Відомо, що органічні кислоти та амінокислоти можуть впливати на дисоціацію білкових зв’язків, підвищуючи когезійні властивості клейковини, що також відзначено у дослідженні Zhang Y**.,** et al., (2024) щодо змін у структурі білкової матриці. Крім того, автори **(**Dong Y., et al., 2024**)** розкрили складність мікробної системи традиційних ферментованих харчових продуктів, що є результатом відкритого процесу бродіння. Це ускладнює регулювання мікробних змін та потребує більш детального вивчення механізмів взаємодії мікроорганізмів у тісті.

Результати сенсорного аналізу показали, що хліб із додаванням КСБ має приємний смак, рівномірну пористість та покращену текстуру м’якушки. Особливо це спостерігалося у зразках, де КСБ використовувався разом із додатковими функціональними інгредієнтами, такими як житні сухарі, льон або сироватка. Це підтверджує перспективність застосування КСБ у технології хлібопекарського виробництва для покращення фізико-хімічних та органолептичних характеристик готової продукції.

Отримані результати свідчать про те, що використання КСБ як рідкої фракції в рецептурі тіста може значно покращити ферментаційні властивості, забезпечуючи швидше

бродіння та підйом тіста. Це узгоджується з попередніми дослідженнями, які показали, що застосування ферментованих напоїв у випічці може знижувати потребу в додаткових покращувачах тіста (Gobbetti et al., 2019). Автори відзначають, що будучи однією з найбільш традиційних біотехнологій, ферментація закваски глибоко впливає на реологію, сенсорні властивості та термін придатності хлібобулочних виробів. Тому результати опитування підтвердили високий рівень сприйняття споживачами збагаченого хліба, що є важливим фактором для його подальшого промислового впровадження. Споживачі відзначили гармонійне поєднання смакових характеристик, приємну текстуру та можливі корисні властивості, зумовлені використанням КСБ. Це свідчить про актуальність розробки нових рецептур функціональних хлібобулочних виробів із підвищеною харчовою цінністю.

ВИСНОВКИ. Доведений позитивний вплив КСБ на хлібопекарські властивості пшеничного борошна, зокрема на вміст клейковини та її розтяжність. Квас не призводить до значного зниження вмісту клейковини в борошні, а скоріше покращує її структурні властивості. Клейковина борошна має середній рівень розтяжності, що свідчить про збалансовану механічну міцність і еластичність тіста. Це пов'язано з впливом біологічно активних компонентів, таких як органічні кислоти, вітаміни та мінеральні речовини, що містяться в квасі, які можуть сприяти відновленню та зміцненню полімерних структур клейковини під час гідратації. Ці зміни позитивно позначаються на технологічних властивостях борошна, що так само покращує якість готових хлібобулочних виробів.

Встановлено, що внесення КСБ сприяє підвищенню підйомної сили дріжджів, що в середньому збільшується на 3 хвилини порівняно з контролем. Це свідчить про покращення бродильної активності дріжджів при використанні збагачувачів, що позитивно позначається на процесі бродіння тіста. Крім того, динаміка життєздатності дріжджових клітин показала збільшення числа життєздатних клітин у суспензіях з овочевими збагачувачами, що також сприяє активнішому процесу ферментації. Ці зміни ведуть до покращення органолептичних характеристик готових хлібобулочних виробів, таких як смак, аромат і текстура, що робить продукт більш привабливим для споживачів.

Конфлікт інтересів. Немає.
Подяки. Немає.

References

Bavaro A.R., Di Biase M., Conte A., Lonigro S.L., Caputo L., Cedola A., Del Nobile A., Logrieco A.F., Lavermicocca P., Valerio F. Weissella cibaria short-fermented liquid sourdoughs based on quinoa or amaranth flours as fat replacer in focaccia bread formulation. *Int. J. Food Sci. Technol.* 3197–3208. DOI: 10.1111/ijfs.14874

Dong Y., Ronholm J., Fliss I., Karboune S.(2024). Screening of lactic acid bacteria strains for potential sourdough and bread applications: Enzyme expression and exopolysaccharide production. *Probiotics Antimicrob. Proteins*.:1–23. doi: 10.1007/s12602-024-10270-y.

Drobot, V. I., & Sylchuk, T. A. (2016). Using spontaneous fer-mentation sourdough in the production of rye-wheat bread. *Naukovi pratsi NUXT* – Scientific works of NUFT, 22(1), 180–184

Drobot, V.I., & Izhevskaya, O.P., (2017), The use of flaxseed meal to give bread health properties, *Grain Storage and Processing*, Vol. 209, no. 1, pp. 47–49 https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.12.028

https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.199527.

Igor Stadnyk, Olena Kolomiiets, Oksana Dziana (2020,). Substantiation of foamy structure formation in a gluten-free biscuit. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences vol. 14, p. 1008-1019* https://doi.org/10.5219/1399

Jin, R.; Song, J.; Liu, C.; Lin, R.; Liang, D.; Aweya, J.J.; Weng, W.; Zhu, L.; Shang, J.; Yang, S. (2024). Synthetic microbial communities: Novel strategies to enhance the quality of traditional fermented foods. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 23(4) 83–90. DOI: 10.1111/1541-4337.13388

Kapitanova T., Koshulko V., Oleksienko V. 2021 Use of legume seeds and their processing products to improve the quality and nutritional value of bakery products. Dmytro Motorny Tavri State Agro-Technological University. 188-190 p.

Karpyk, M. Kukhtyn, V. Selskyi, I. Nazarko, O. Pokotylo, M. Haidamaka (2021) Research of technological properties of bread made with the addition of beet kvass. *Scientific Messenger LNUVMB. Series: Food Technologie*s, vol. 23, 3-7 https://nvlvet.com.ua/index.php/food

Kravchenyuk R. & Stadnyk I. 2(2024). Technology of preparation and determination of properties of kvass from table beet for use in bread baking. *Human and nation's health*, 3, 35-46 c.

Kravchenyuk R.Yu., Kravchenyuk H.Yu., Stadnyk I.Ya., Sabadash G. 2024. The effect of roller crushing of germinated flax seeds on the quality indicators of "Ternopilske" cookies // Bulletin of the TNTU, 2024, No. 2(114), P.51-59.

Lachowicz S., Świeca M., Pejcz E.(2020 Improvement of health-promoting functionality of rye bread by fortification with free and microencapsulated powders from amelanchier alnifolia nutt. *Antioxidants.*. Vol. 9, no. 7. P. 614. URL: ttps://doi.org/10.3390/antiox9070614

Marco Gobbetti, Maria De Angelis,Raffaella Di Cagno,Maria Calasso,Gabriele Archetti, Carlo Giuseppe Rizzello (2019). Novel insights on the functional/nutritional features of the sourdough fermentation *Int J Food Microbiol Aug 2:302*:103-113. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.

Mazorenko D., & Mazneva G. (2011) Table beets: progressive technologies and cost standards. Kharkiv: "Miskdruk" publishing house. 2011. 28 p.

Mikulec, A.; Kowalski, S.; Sabat, R.; Skoczylas, Ł.; Tabaszewska, M.; Wywrocka-Gurgul, A.(2019)**.** Hemp flour as a valuable component for enriching physicochemical and antioxidant properties of wheat bread. *LWT,* 102, 164–172.

Palamarchuk I. I. (2021) Growth, development and yield of table beet using water-retaining granules in the conditions of the forest-steppe of the right bank of Ukraine. *Vegetable and melon growing.* Vol. 70. P.45 – 52.

Rudavska, G.B. & Demkevich L.I. 2005. Microbiology. Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption: textbook / – 2nd ed., revised. and added - K.: Kyiv. national trade and economy university, - 407 p.

Rudavska, G.B., & Mandrika, V.I., 2008. Microbiology. Laboratory practicum for students in the field of training 0503 "Trade" (educational and methodical edition) /, KNTEU. - Kyiv: CPNMV KNTEU, - 82 p.

Samilyk M., Helikh A., Ryzhkova T., Bolgova N., Nazarenko Y. (2020) Influence of the structure of some types of fillers introduced to the yogurt recipe on changes in its rheological indicators. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* Vol. 2, No 11(104). P. 46–51.

Samilyk M., Helikh A., Bolgova N., Ryzhkova T., Sirenko I., Fesyun O. (2020). Substantiation of the choice of fillers for cottage cheese mass. *EUREKA: Life Sciences.*. Vol. 3. P.38–45. DOI:10.21303/2504-5695.2020.001210.

Savchenko, O., & Kalinichenko, Y. (2019). Technology of manufacturing rye and wheat sourdough bread with the use of basil. *Technical sciences and technologies*, 4(18), 183−191. doi: 12.25140/2411-5363-2019-4(18)-183-191.

Stadnyk Igor, Piddubnyi Volodymyr, Chahaida Andrii, Fedoriv Viktor, Hushtan Tetiana, Kraievska Svitlana, Kahanets-Havrylko Lesia, Okipnyi Ihor (2023) Energy saving thermal systems on

the mobile platform of the mini-bakery. *Contents of Journal of Mechanical Engineering - Strojnícky časopis*,, Volume 73, No. 1: pp.169 - 186. DOI: 10.2478/scjme-2023-0014

Tetiana Lisovska, Igor Stadnik, Volodymyr Piddubnyi, Nina Chorna (2020) Effect of extruded corn flour on the stabilization of biscuit dough for the production of gluten-free biscuit. *Ukrainian Food Journal* Volume 9**,** Issue 1 Kyiv, C 159-174

Vdovenko S. & Palamarchuk I. (2020) Climate change and its effect on the formation of vegetable plant yield in the conditions of Ukraine. *The scientific heritage*. Vol 3. № 56 (56). P. 12 – 17

Vdovenko S. & Palamarchuk I. (2020). Climate change and its effect on the formation of vegetable plant yield in the conditions of Ukraine. *The scientific heritage*. Vol 3. № 56 (56). P. 12 – 16

Yu-ling Yang, Long Yang, Er-qi Guan, Ke Bian (2025) Mechanism of mechanical force direction and intensity during sheeting on the rheological behavior of dough and gluten protein structure. *Food Chemistry* Volume 474, 143-152 https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.143202

Zhang Y., Wang D., Zhang Z., Guan H., Zhang Y., Xu D., Xu X., Li D. (2024). Improvement on wheat bread quality by in situ produced dextran – A comprehensive review from the viewpoint of starch and gluten. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf*.;23:13353. doi: 10.1111/1541-4337.13353.

Zheplinska, M., Mushtruk, M., Vasyliv, V., Kuts, A., Slobodyanyuk, N., Bal-Prylypko, L., Nikolaenko, M., Kokhan, O., Reznichenko, Y., & Salavor, O.(2021). The micronutrient profile of medicinal plant extracts. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*,15, 528–535. doi.org/10.5219/1553

Отримано 16.01.2025 р., прийнято до друку 20.02.2025 р.

УДК 664.994
https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2025.50

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАГУВАННЯ НА МАКРОЕЛЕМЕНТИ ТА ОРГАНІЧНІ КИСЛОТИ З ЕКСТРАКТІВ ЛІКАРСЬКОЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

Марія Михайлівна Жеплінська,
кандидат технічних наук, доцент,
https://orcid.org/ 0000-0002-7286-3003,
Національний університет біоресурсів і природокористування України,
03041, Героїв Оборони, м. Київ, Україна
Володимир Павлович Василів,
кандидат технічних наук, доцент,
https://orcid.org/0000-0002-2109-0522,
Національний університет біоресурсів і природокористування України,
03041, вул. Героїв Оборони 15, м. Київ, Україна
Костянтин Володимирович Горенков,
аспірант,
https://orcid.org/0009-0000-4404-9824,
Національний університет біоресурсів і природокористування України,
03041, вул. Героїв Оборони 15, м. Київ, Україна
Надія Миколаївна Зубар,
кандидат технічних наук, доцент,
https://orcid.org/0000-0002-3993-0729
Український державний університет імені Михайла Драгоманова
01601, вул. Пирогова, 9 м. Київ, Україна

Анотація. *Харчування людини має безпосередній вплив на здоров'я всього організму і є невід'ємною умовою здорового способу життя. Раціональне вживання харчових продуктів, в тому числі напоїв, дозволяє отримати важливі для організму елементи, що призводять до високої працездатності, руху, активності протягом життя. Питаннями здорового харчування з року в рік займаються вчені різних країн, адже здоров'я людини – це найважливіше, що може бути на світі. Тому вилучення з лікарської рослинної сировини біологічно активних речовин із застосуванням процесу екстрагування і додавання такого екстракту до напоїв в цьому аспекті є актуальним завданням сьогодення. Метою даної наукової роботи було дослідження процесу екстрагування при переході таких макроелементів як калій, кальцій та магній та органічних кислот (яблучної, лимонної, аскорбінової) зі звіробою та подорожника у водний екстракт за різних температурних режимів. Матеріалами для проведення досліджень була лікарська рослинна сировина – звіробій та подорожник. Визначення кількості макроелеменетів здійснювали за допомогою методу полуменевої фотометрії, вміст органічних кислот визначали з використанням титриметричного методу. Встановлено оптимальний температурний режим для вилучення калію, що відповідає 30…40 ^{0}C, кальцію, для якого характерною є температурний режим в межах 40…50 ^{0}C та магнію в діапазоні 20…30 ^{0}C, при якій отримується максимальна їх кількість. За вищих температур спостерігається зменшена залишкова кількість макроелементів у екстрактах з подорожника та звіробою, що призводить до їх руйнування. Досліджено, що збільшення температури від 50 до 60 ^{0}C призводить до збільшення вмісту яблучної та лимонної кислот в екстрактах зі звіробою та подорожника вдвічі, а підвищені кількості аскорбінової кислоти в екстракті зі звіробою спостерігалися при температурах 60…70 ^{0}C, а в екстракті з подорожника – в діапазоні температур*

40…50 ^{0}C. Практична цінність роботи полягає у можливості використання екстрактів зі звіробою та подорожника для додавання в напої з метою збільшення кількості біологічно активних речовин та створення харчової продукції з профілактично-лікувальними властивостями.

Ключові слова: *біологічно активні речовини, звіробій, подорожник, лимонна, яблучна та аскорбінова кислоти.*

UDC 664.994
https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2025.50

STUDY OF THE INFLUENCE OF THE EXTRACTION PROCESS ON MACRO ELEMENTS AND ORGANIC ACIDS FROM EXTRACTS OF MEDICINAL PLANT RAW MATERIALS

Marija Zheplinska,
PhD in Technical Sciences, Associate Professor National,
https://orcid.org/ 0000-0002-7286-3003,
University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
03041, 15 Heroiv Oborony Str., Kyiv, Ukraine
Volodymyr Vasyliv,
PhD in Technical Sciences, Associate Professor,
https://orcid.org/0000-0002-2109-0522,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
03041, 15 Heroiv Oborony Str., Kyiv, Ukraine
Konstantyn Gorenkov,
Postgraduate Student,
https://orcid.org/0009-0000-4404-9824,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
03041, 15 Heroiv Oborony Str., Kyiv, Ukraine
Nadiya Zubar,
PhD in Technical Sciences, Associate Professor,
https://orcid.org/0000-0002-3993-0729,
Ukrainian State University named after Mykhailo Drahomanov,
01601, 9 Pyrogov Str., Kyiv, Ukraine

Abstract. *Human nutrition has a direct impact on the health of the entire body and is an integral condition for a healthy lifestyle. The rational use of food products, including drinks, allows you to obtain elements important for the body, which lead to high performance, movement, and activity throughout life. Scientists from different countries deal with issues of healthy nutrition from year to year, because human health is the most important thing in the world. Therefore, extracting biologically active substances from medicinal plant raw materials using the extraction process and adding such an extract to drinks in this aspect is an urgent task today. The purpose of this scientific work was to study the extraction process during the transition of such macroelements as potassium, calcium, and magnesium and organic acids (malic, citric, ascorbic) with St. John's wort and plantain into an aqueous extract at different temperature regimes. The aim of this scientific work was to study the extraction process during the transition of such macroelements as potassium, calcium and magnesium and organic acids (malic, citric, ascorbic) from St. John's wort and plantain into an aqueous extract at different temperature regimes. The materials for the research were medicinal plant raw materials - St. John's wort and plantain. The determination of the amount of macroelements was carried out using the flame photometry method, the content of organic acids was determined using the titrimetric method. The optimal temperature regime for the extraction of*

potassium was established, which corresponds to 30…40 0C, calcium, for which the temperature regime is characteristic within 40…50 0C and magnesium in the range of 20…30 0C, at which their maximum amount is obtained. At higher temperatures, a reduced residual amount of macroelements in extracts from plantain and St. John's wort is observed, which leads to their destruction. It was investigated that an increase in temperature from 50 to 60 °C leads to an increase in the content of malic and citric acids in extracts with hypericum wort and plantain, and increased amounts of ascorbic acid in the extract with hypericum wort were observed at temperatures of 60...70 °C, and in the extract from plantain - at temperature range of 40...50 °C. The practical value of the work lies in the possibility of using hypericum wort and plantain extracts to add to drinks in order to increase the amount of biologically active substances and creation of food products with preventive and curative properties.

Keywords: *biologically active substances, St. John's wort, plantain, citric, malic and ascorbic acids.*

ВСТУП. Здорове харчування забезпечує нормальний ріст, розвиток і життєдіяльність людини. Це сприяє зміцненню її здоров'я, попереджує розвиток різного роду захворювань, сприяє омолодженню та довголіттю населення (Gvozdiy & Shapkina, 2019).

Згідно даних Najeeb et al. (2016) харчування починають розглядати не як джерело енергії, а як підтримка і захист здоров'я людини. Тому великий відсоток населення схиляється до вживання здорової їжі та оздоровчих продуктів. Проблема здорової їжі наразі через надзвичайне екологічне забруднення навколишнього середовища особливого значення набуває для здоров'я людей України, про що і сіоїх роботах відмічають Gopanchuk (2024) та Zazulya (2023). Макроелементи та органічні кислоти відносяться до біологічно активних речовин і є необхідними для людини у будь-якому віці (Plahotin et al., 2006).

Їх недостатня кількість в організмі може не проявлятися певний час, але їх дефіцит призводить до важких захворювань (Simakhina et al., 2016).

Метою наукових досліджень було вивчення впливу температурного режиму процесу екстрагування на перехід макроелементів та органічних кислот зі звіробою та подорожника у водний екстракт.

Ця робота є продовженням досліджень, що викладені в статті авторів M. Zheplinska et al. (2023), в якій дослідники встановили вплив температури та тривалості процесу екстрагування на кількість переходу макроелементів зі звіробою та подорожника в екстракт. Тому на даному етапі завданням дослідження було визначення кількості макроелементів та органічних кислот, які переходять з рослинної лікарської сировини у водний екстракт. Наукова новизна роботи полягає у встановленні оптимального температурного режиму для процесу екстрагування звіробою та подорожника на кількість переходу макроелементів та органічних кислот, які вилучаються з лікарської рослинної сировини у водний екстракт.

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ. Харчові продукти відносяться до складного комплексу хімічних речовин, котрі чинять на організм людини неоднозначний вплив. Сучасна наука, як медична, так і технічна, займаються багатьма напрямками удосконалення та інтенсифікації асортименту харчових продуктів з оздоровчо-профілактичними властивостями, які викладені у наукових статтях (Preedy & Watson, 2019; Sacks & Robinson, 2018; Zheplinska et al., 2022). Сюди відносяться і продукти в цілому, і біологічні активні речовини зокрема, які мають високу біологічну та харчову цінність. Усі вони призначені для проведення обмінних процесів організму людини для нормальної життєдіяльності.

Лікарська рослинна сировина містить у великих кількостях широкий спектр біологічно активних речовин, які можуть впливати на всі функції організму людини. Так, застосування такої сировини призводить до підвищення захисних властивостей організму до впливу різних негативних факторів – стресів, перенавантажень, інфекційних та вірусних захворювань тощо. Вона проявляє антиоксидантну та загальнозміцнюючу дії. Причому як

зазначають автори Sereda & Maksyutina (2006); Slobodyaniuk et al. (2021) кількісний склад таких сполук у лікарській сировині значно більші, ніж у традиційній сільськогосподарській. Тому вивчення поводження переходу цінних компонентів з лікарської рослинної сировини в екстракт є актуальним питанням сьогодення, дивлячись на стан здоров'я українців.

Хімічний склад звіробою включає в себе флавоноїди, дубильні речовини, ефірну олію, аскорбінову та нікотинову кислоти, вітаміни груп Р і РР, каротин, сапоніни тощо. Derkach, & Starikova (2019) дослідили вміст таких біологічно активних речовин, як гіперицини, деякі флавоноїди концентрації макро- та мікроелементів, токсичні метали чотирьох зразків звіробою різних виробників. І ними була встановлена значна розбіжність у вмісті органічних сполук. Антидепресивну, противірусну та антибактеріальну дію звіробою дослідили вчені Barnes et al. (2001).

Подорожник містить значну кількість пектинових речовин, органічні кислоти, флавоноїди, сапоніни, каротин, про що звертають увагу в своїй роботі Kobeasy et al. (2011). У вигляді екстракту він є ранозагоювальним, кровоспинним та відхаркувальним засобом.

Khortetska et al. (2013) дослідили вміст калію, кальцію та магнію в листках та кореневищах подорожника. Ними встановлено, що в листках майже в 2 рази більше калію, ніж в кореневищі. А щодо вмісту кальцію та магнію, то переважають ці речовини в кореневищі з коренями.

Тому використання саме цієї сировини для здійснення процесу екстрагування з неї компонентів, що сприятиме створенню напоїв з профілактичними властивостями, є важливим завданням, яке забезпечить організм людини біологічно активними речовинами.

В лікарській рослинній сировині знаходиться велика кількість цінних компонентів. Серед них вирізняються і макроелементи та органічні кислоти. Серед макроелементів необхідно відмітити калій, кальцій, натрій та магній.

Роль калію полягає у виведенні з організму людини води і це сприяє зменшенню набряків. Ще калій призводить до покращення роботи серцевого м'яза, бере участь в обмінних процесах в організмі та сприяє зниженню підвищеного артеріального тиску. З досліджень Rodan (2017) встановлено, що позитивний вплив калію на перебіг окремих захворювань дає змогу застосовувати калієву дієту, де використовуються продукти рослинного походження з вмістом в них калію.

Кальцій так само відповідає за формування кісткової тканини, ущільнює стінки судин та забезпечує зсідання крові, має антиалергічну та протизапальну дію. Як зазначають в своїй праці Cormick, & Belizán, (2019) кількість кальцію при дієті потрібно збільшувати у разі виникнення алергічних і запальних процесів, ентеритах, колітах, туберкульозі, ревматизмі, холециститі, хронічному панкреатиті, вагітності та годуванні дитини грудьми, а також при тривалому лікуванні гормонами кори наднирників.

Натрій, як катіон живих організмів, необхідний для здійснення життєво надважливих функцій. Як вважають автори Grillo et al. (2019) він відіграє важливу роль в іонному балансі внутрішнього середовища організму, впливає на м'язову і серцево-судинну системи людини. Додавання до харчових продуктів глутамату натрію як джерела натрію негативно впливає на серцево-судинні захворювання, призводить до гепатотоксичності, нейротоксичності, характеризується метаболічними розладами, пришвидшенням розвитку ожиріння та цукрового діабету, про що відмічає в своїй роботі Sodomora (2022). Отримані дані авторки свідчать про те, що тривале вживання глутамату натрію може також провокувати хронічне запалення, розлади у поведінці людини та навіть призводити до генотоксичності. Тому використання натрію, як одного з важливих макроелементів, який можна отримати з лікарської рослинної сировини, є важливим фактором для приведення нормальних функцій організму людини.

Магній так само призводить до нормалізації діяльності нервової системи та серцевого м'яза, покращує діяльність кишково-шлункового тракту і виділення жовчі та холестерину з організму людини. Збільшення вмісту магнію в дієтичних стравах та продуктах позитивно

впливає на лікування атеросклерозу, ішемічної хвороби серця, гіпертонічної хвороби, холециститу, жовчнокам'яної хвороби тощо, про що відмічено в науковій праці Golovko et al. (2023).

Науковці Shemet & Gulay (2023) вважають, що корисна їжа є джерелом енергії для розвитку та життєдіяльності організму людини, сприяє підтриманню здоров'я в належному стані, підвищує працездатність та самопочуття. Головним критерієм використання харчових добавок повинна бути їх безпечність, і навіть при тривалому зберіганні та споживанні вони не повинні загрожувати здоров'ю людини. Серед органічних кислот, як харчова добавка до продуктів, ними розглядалася й яблучна кислота, яка сприяє засвоєнню заліза в організмі.

Згідно з даними авторів Danylchuk et al. (2020) лимонна кислота також є однією з основних органічних кислот, яка переважає в сировині рослинного походження. В харчових продуктах лимонна кислота виступає регулятором кислотності, що підтримує харчову безпечність готового продукту та надає йому смакових властивостей (Bogomaz & Vasylyshyn, 2021).

Крім цього за рахунок додавання органічних кислот можна подовжити термін зберігання напоїв. Тому використання аскорбінової кислоти також позитивно впливає на напої, в які її вносять. Італійські вчені Varvara et al. (2016) представили докази безпеки використання аскорбінової кислоти, як харчової добавки.

Виходячи з вищенаведених фактів, можна сказати, що харчові продукти, які споживає кожна людина, повинні бути багатими зокрема на мінеральні речовини та органічні кислоти. Тому розробка нових продуктів з підвищеним вмістом мінералів і органічних кислот призводить до поповнення організмом надзвичайно корисних речовин, чим робить харчові продукти з профілактичними та оздоровчими властивостями.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ. Дослідження процесу екстрагування при переході таких макроелементів як калій, кальцій та магній та органічних кислот (яблучної, лимонної, аскорбінової) зі звіробою та подорожника у водний екстракт за різних температурних режимів.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ. Матеріалами дослідження були звіробій та подорожник, які використовуються в медицині як лікарська рослинна сировина для профілактики різного роду захворювань серед населення. Підготовка сировини до подрібнення та приготування екстрактів з неї описані в джерелі (Zheplinska, et al., 2023). Процес екстрагування цінних компонентів з лікарської рослинної сировини в екстракт здійснювали в діапазоні температур від 20 до 80 ^{0}C. Уміст макроелементів визначали за допомогою методу полуменевої фотометрії на полуменевому фотометрі ПАЖ 3 (Zaslavskyi, 2016).

Визначення органічних кислот здійснювали з використанням титриметричного методу за методикою, що представлена авторами Gussie et al. (1966). Обробку результатів досліджень проводили з використанням програми Exel, за якою побудовані діаграми, відхилення експериментальних даних за трьома паралельними дослідами в яких не перевищують 5 %.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ. Методом полуменевої фотометрії в отриманих екстрактах визначили такі макроелементи як калій, кальцій та магній.

Отримані результати дозволили встановити зміну кількості макроелементів за підвищення температури від 20 до 80 ^{0}C. Як видно з рисунку 1 за температури 40 ^{0}C відбувається збільшення вмісту калію в екстракті зі звіробою, після чого кількість калію зменшується, але порівняно з температурами 20 та 30 ^{0}C ця кількість калію є вищою. В екстракт подорожника менше переходить калію і це пов'язано в першу чергу з тим, що кількість калію в самому подорожнику є меншою. Тенденція до зростання кількості калію в

екстракті подорожника аналогічна як і для екстракту зі звіробою, тобто за температури 40 ^{0}C отримується максимальна кілька кількість калію, проте порівняно з екстрактом зі звіробою його величина в 1,8 рази є меншою.

Згідно з результатами Arceusz, Wesolowski & Radecka (2011) відсоток макро- та мікроелементів, що вимиваються з різних морфологічних частин рослин у водні екстракти, коливався в широкому діапазоні значень від 1 % у випадку для натрію до 56 % – у випадку для калію.

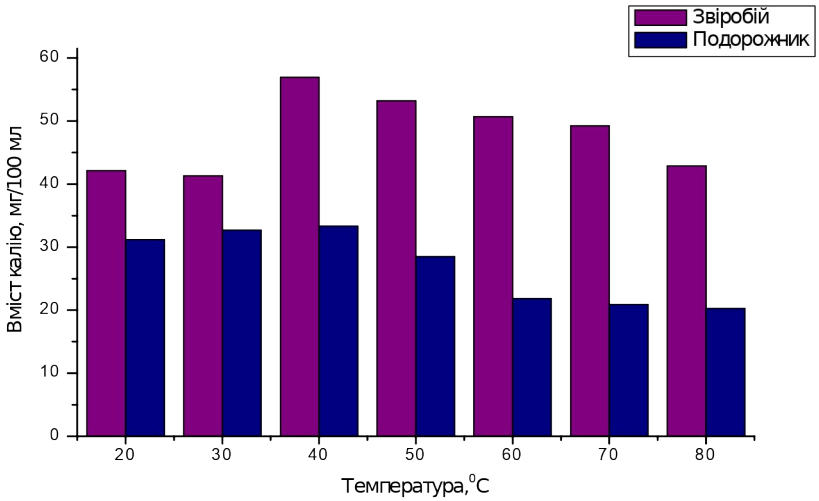


Рисунок 1. Динаміка зміни вмісту калію в екстрактах подорожника та звіробою
Джерело: розроблено авторами

На рисунку 2 показано перехід кальцію в екстракти подорожника та звіробою. Можна спостерігати, що як і у випадку з калієм, максимальна кількість кальцію переходить із лікарської рослинної сировини подорожника в екстракті при температурі екстракту 40 ^{0}C, що складає 45 мг/100 мл. Розглядаючи екстракт зі звіробою за цієї ж температури маємо набагато меншу кількість кальцію, що переходить в екстракт. Найбільша кількість кальцію в екстракт переходить при 20 та 30 ^{0}C, що відповідає 30 мг/100 мл.

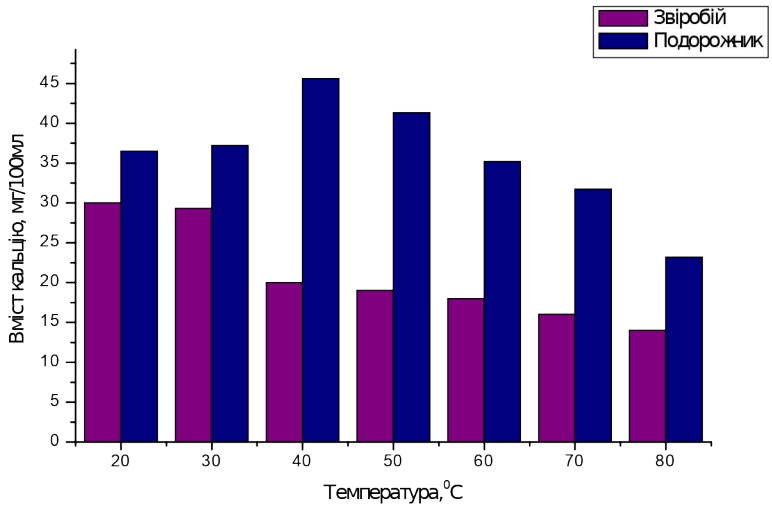


Рисунок 2. Динаміка зміни вмісту кальцію в екстрактах подорожника та звіробою
Джерело: розроблено авторами

Температура від 20 до 80 ^{0}C неоднозначно впливає на перехід магнію для обох екстрактів. Так, з подорожника це хвилеподібна зміна переходу кальцію, де максимально в кількості 13 мг/100 мл за температури 20 ^{0}C, а мінімально – за 50 ^{0}C з кількістю 9 мг/100 мл (рис. 3). Під час визначення вмісту магнію в екстракті зі звіробою спостерігається поступове пониження його кількості від 20 до 80 ^{0}C з 8,5 до 0,5 мг/100 мл. Максимальне значення вмісту магнію в обох екстрактах залишається за температури 20 ^{0}C. З чого можна судити про небажаність підвищувати температуру під час вилучення з лікарської рослинної сировини магнію.

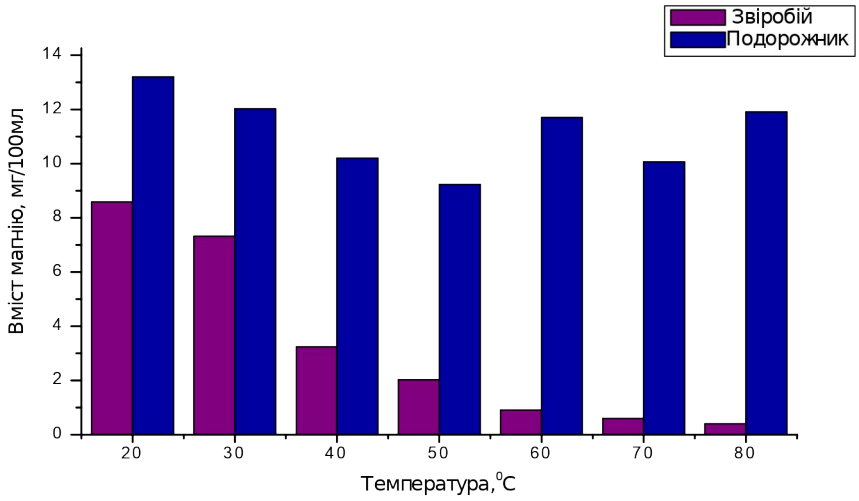


Рисунок 3. Динаміка зміни вмісту магнію в екстрактах подорожника та звіробою
Джерело: розроблено авторами

Отже, у разі підвищення температури екстрактів із подорожника та звіробою утворюються компоненти з вищезгаданими макроелементами, які з екстрактів переходять у тверду фазу, і саме цим зменшують загальну кількість макроелементів в екстрактах.

Науковці Anzina & Gudzenko (2022) досліджували якісний склад та кількісний уміст макро-та мікроелементів у квітках, листі, стеблах та коренях самосилу гайового, вивчення яких є одним із важливих завдань фармакогностичного дослідження. Ними встановлена перспективність використання диророслої рослини з погляду отримання великої кількості таких макроелементів, як калій та кальцій.

Найбільш поширенішими органічними кислотами в лікарській рослинній сировині є яблучна, лимонна та аскорбінова кислоти (Kuznetsova et al., 2016; Gontova et al., 2019). Аналогічно і в плодово-ягідній сировині саме ці кислоти домінують серед органічних (Naumova et al., 2022). Тому в своїх дослідженнях нами визначалися кількості вищезгаданих кислот та їх зміна при підвищенні температури екстрактів.

На рисунку 4 представлені результати по впливу температури на кількість яблучної та лимонної кислот в екстракті зі звіробою. Аналіз отриманих даних показав дещо більшу кількість яблучної кислоти, ніж лимонної. За даними Duchenko et al. (2017) в лікарській рослинній сировині знаходиться біля 2 % органічних кислот, тому отримані експериментальні дані підтверджують той факт, що відбувається значний перехід кислот в екстракт.

Підвищення температури призводить до збільшення кількості органічних кислот також і в екстракті з подорожника. яке можна спостерігати на рисунку 5. За температури в діапазоні від 20 до 50 °C спостерігається незначне збільшення кількості яблучної та лимонної кислот, а вже від 60 °C вдвічі збільшується кількість органічних кислот, що переходять із сировини в екстракти.

Отримані результати підтверджують збільшення кількості органічних кислот при температурах вище 50 °С. До того ж у разі збільшення температури від 50 до 60 °С переходить вдвічі більша кількість даних кислот, ніж від температури в діапазоні 20…50 °С. І це стосується обох видів лікарської сировини.

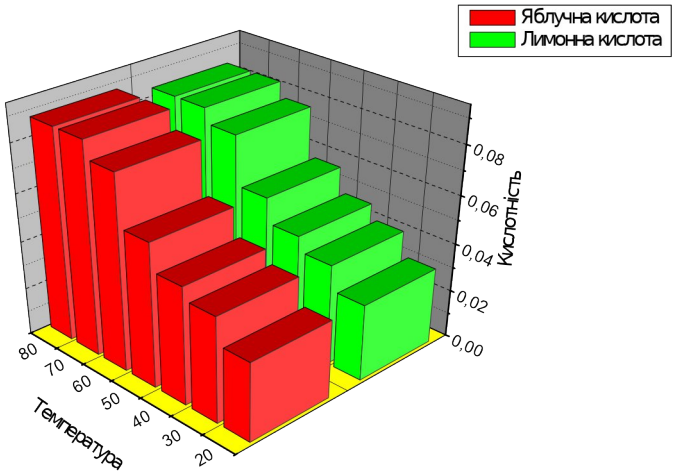


Рисунок 4. Вплив температури на кількість органічних кислот в екстракті зі звіробою
Джерело: розроблено авторами

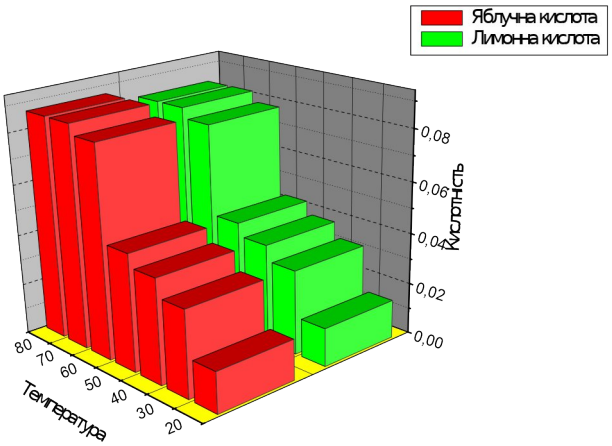


Рисунок 5. Вплив температури на кількість органічних кислот в екстракті з подорожника
Джерело: розроблено авторами

Кількість та зміна аскорбінової кислоти в екстрактах із подорожника і звіробою у разі підвищення температури представлені на рисунку 6.

З експериментальних даних видно, що більша кількість аскорбінової кислоти переходить в екстракт зі звіробою, в екстракт із подорожника. Максимальна кількість аскорбінової кислоти в екстракті зі звіробою спостерігається при температурі екстракту 70 ^{0}С, що відповідає 2,3 мг/100 г. Максимальна ж кількість кислоти для екстракту з подорожника припадає на температуру в діапазоні 40…80 ^{0}С і відповідає чисельному значенню в 1,0 мг/100г.

Аналіз результатів авторів Khortetska & Smoilovska (2017) з кількісного складу накопичення аскорбінової кислоти показав, що найбільша її кількість буде при бутонізації та на початковій стадії цвітіння подорожника. Для листя подорожника вміст аскорбінової кислоти мав значення до 0,43 ± 0,02 %. Різке зниження концентрації кислоти за результатами авторів відбувається під час плодоношення (0,19 ± 0,01 % та 0,17 ± 0,01 %). Результати проведених досліджень свідчать про накопичення аскорбінової кислоти в листі подорожнику середнього та найвищого протягом вегетаційного періоду. Тому оптимальним терміном заготівлі листя за накопиченням аскорбінової кислоти є період бутонізації та початок цвітіння рослини, що необхідно враховувати дослідникам при здійсненні екстрагування аскорбінової кислоти в екстракт.

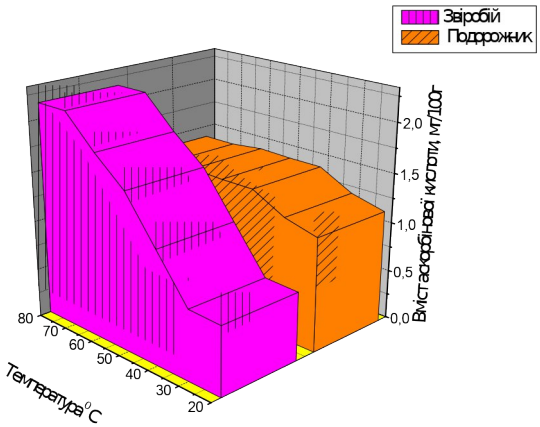


Рисунок 6. Динаміка зміни вмісту аскорбінової кислоти в екстрактах лікарської сировини з підвищенням температури

Джерело: розроблено авторами

Експериментальними дослідженнями Makarchuk (2023) встановлено, що вміст аскорбінової кислоти і суми органічних кислот був більший у листі подорожника, що заготовлений у фазі цвітіння порівняно із фазою розеткоутворення відповідно в 1,7 та 1,6 раза.

Отже, додаткова кількість органічних кислот в напоях у разі додавання екстрактів із подорожника і звіробою буде відігравати роль антиоксиданта та консерванта, і тому не потрібно вносити окремі допоміжні хімічні речовини, що дуже часто здійснюють під час виробництва напоїв у промислових умовах.

ВИСНОВКИ. Отримані експериментальні дані з визначення макроелементів та органічних кислот в екстрактах з подорожника і звіробою дозволили встановити оптимальний температурний режим для вилучення калію, що відповідає 30…40 ^{0}С, кальцію, для якого характерною є температурний режим в межах 40…50 ^{0}С та магнію в діапазоні 20…30 ^{0}С, за якою отримується максимальна їхня кількість. За вищих температур спостерігається зменшена залишкова кількість макроелементів у екстрактах з подорожника та звіробою, що призводить до їхнього руйнування.

Встановлено, що за температури в діапазоні 50…60 ^{0}С збільшується вдвічі кількість яблучної та лимонної кислот в екстрактах, ніж за температури 20 ^{0}С. Доведено підвищення вмісту аскорбінової кислоти в екстракті зі звіробою в 2,3 рази в межах 70 ^{0}С порівняно з екстрактом із подорожника.

Екстракти зі звіробою та подорожника доцільно вносити як інгредієнти до напоїв, що дасть змогу використовувати їх в профілактично-лікувальних цілях для зміцнення організму

від різного роду захворювань. Подальші дослідження варто продовжити і провести експерименти з іншою лікарською сировиною та зробити порівняльний аналіз щодо вмісту в них біологічно активних речовин.

Подяки. Немає.
Конфлікт інтересів. Немає.

References

Anzina, K., & Gudzenko, A. (2022). Research of the quantitative content of micro and macro elements teucrium Chamaedrys L. *Collection of Scientific Papers «ΛΌΓΟΣ»* (pp. 187–188). Zurich, Switzerland. doi:10.36074/logos-12.08.2022.59.

Arceusz, A., Wesolowski, M. & Radecka, I. (2011). Macro- and microelements in some herbal drug raw materials and their water extracts consumed in Poland. *Open Chemistry*, 9(5), 917-924. doi:10.2478/s11532-011-0083-x.

Barnes, J., Anderson, L.A., & Phillipson, D.J. (2001). St John's wort (*Hypericum perforatum* L.): a review of its chemistry, pharmacology and clinical properties. *J. Pharm. Pharmacol* , 53, 583– 600.

Bogomaz, A. I., & Vasylyshyn, O. V. (2021). Food additives and their influence on the human body. *Editorial board*, 96.

Cormick, G. & Belizán, J.M. (2019). Calcium Intake and Health. *Nutrients*, 11, 1606. doi:10.3390/nu11071606.

Danylchuk, G. A., Petrova, O. I., & Strikha, L. O. (2020). *Technology of canning fruits and vegetables.* Mykolaiv: National Agrarian University.

Derkach, T., & Starikova, O. (2019). Variation of chemical composition of medicinal herbs of different producers. Journal of Chemistry and Technologies, 27(1), 79-91/ doi:10.15421/091909.

Duchenko, M.A., Demeshko, O.V., & Romanova, S.V. (2017). Qualitative and quantitative determination of organic acids of Gleditsia Triacanthos. *Collection of scientific works of employees of NMAPO named after P. L. Shupyka*, 27, 55–60.

Golovko T. M., Pogozhih M. I., Golovko M. P., Prymenko V. G., & Gelikh A. O. (2023). *Scientific justification of the technologies of dietary supplements and food products enriched with essential mineral substances: monograph.* Kharkiv: DBTU. 297 p.

Gontova, T. M., Gaponenko, V. P., Proskurina, K. I., Mashtaler, V. V., & Mala, O. S. (2019). Determination of the qualitative composition and quantitative content of fatty and organic acids in the leaves of Rhododendron purdomii (Rhododendron purdomii R.) by the method of gas chromatography with a mass spectrometric detector. *Management, economy and quality assurance in pharmacy*, 3(59), 12-17.

Gopanchuk, L. (2024). Safety and quality of food as a guarantee of a healthy lifestyle. *Scientific Collection "InterConf",* 188, 377–384. URL: https://archive.interconf.center/index.php/conference-proceeding/article/view/5384.

Grillo A, Salvi L, Coruzzi P, Salvi P, & Parati G. (2019). Sodium Intake and Hypertension. *Nutrients*, 11(9), 1970. doi:10.3390/nu11091970.

Gussie, G., Wellington, P., & Harvey, G. (1966). A Titrimetric Method for Determining Organic Acids and Bases in Urine. *Clinical Chemistry*, 12(1), 830–836. doi:10.1093/clinchem/12.12.830.

Khortetska T. V., H. P. Smoilovska, O. V. Mazulin. (2013). Study of the composition of macro- and microelements of Plantago media L. flora of Ukraine. *Actual issues of pharmaceutical and medical science and practice*, 1, 12-14.

Khortetska T.V. & Smoilovska H.P. (2017). Study of ascorbic acid content in plantagomedial leaves. *Taplantagoaltissimal.*

Kobeasy, M.I., Abdel-Fatah, Os.M., Abd El-Salam, S.M., Mohamed, Z.El-Ola M. (2011). Biochemical studies on Plantago major L. and Cyamopsis tetragonoloba L. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 3 (3), 83–91.

Kuznetsova, V. Yu., Kyslychenko, V. S., & Suschuk, N. A. (2016). Study of carboxylic acids of the thick extract of buckwheat grass. *Phytotherapy*, 3, 54-56.

Makarchuk V. (2023). *Qualification work on the topic "Fharmacognostic study of the traveler a large range of varieties."* Kharkiv: National Pharmaceutical University.

Najeeb, S., Zafar, M.S., Khurshid, Z., Zohaib, S., & Almas, K. (2016). The Role of Nutrition in Periodontal Health: An Update. *Nutrients*, 8(9), 530. doi:10.3390/nu8090530.

Naumova, N., Lukin, A., Velisevich, E., Minashina, I., Pirozhinsky, S. & Eremina, Y. (2022). On adulteration of fruit and berry raw materials. *Élelmiszervizsgálati Közlemények*, 68, 3740-3745. doi:10.52091/EVIK-2022/1-2-ENG.

Preedy, V.R., & Watson, R.R. (2019). *Flour and Breads and Their Fortification in Health and Disease Prevention.* London: Academic Press.

Rodan, A.R. (2017). Potassium: friend or foe? *Pediatr Nephrol*, 32, 1109–1121. doi:10.1007/s00467-016-3411-8.

Sacks, G., & Robinson, E. (2018). Investing for Health: Potential Mechanisms for the Investment Community to Contribute to Obesity Prevention and Improved Nutrition. *Curr Obes Rep*., 7, 211–219. doi:10.1007/s13679-018-0314-y.

Sereda, P.I., & Maksyutina, N.P. *Pharmacognosy. Medicinal and plant raw materials and phytoremedies.* (2006). Vinnitsa: New book.

Shemet, V., & Gulay, O. (2023). Food supplements of natural origin: a brief overview. *Commodity bulletin*, 1(16), 6-18. doi:10.36910/6775-2310-5283-2023-17-1.

Simakhina, G.O., Stetsenko, N.O. & Naumenko, N.V. (2016). *Biologically active substances in food technologies: textbook.* Kyiv, National University of Food technology.

Slobodyaniuk, N.M., Zheplinska, M.M., Popova, I.V., Vasyliv, V.P., Mushtruk, M.M., Gudzenko, M.M., & Sarana, V.V. (2021). *Health and preventive products with extracts of medicinal herbs and non-traditional raw materials: monograph.* Kyiv: Yamchinsky LLC.

Sodomora O. O. (2022). Monosodium Glutamate: Mechanisms of Action and Role in the Development of Structural Changes of Organs and Systems (Literature Review. *Ukrainian Journal of Medicine, Biology and Sports,* 7(2), 40-48. doi: 10.26693/jmbs07.02.040.

Varvara, M., Bozzo, G., Disanto, C., Pagliarone, C., & Celano, G. (2016). The use of the ascorbic acid as food additive and technical-legal issues. *Italian Journal of Food Safety*, 5. doi:10.4081/ijfs.2016.4313.

Zaslavskyi, O., Kozych, O., Kozych, N., & Velikanov, O. (2016). Microelement composition of sugar of different origin. *Food resources*, 4(06), 249–252. URL: https://iprjournal.kyiv.ua/index.php/pr/article/view/316.

Zazulya, Y. T. (2023). *Prospects for expanding the production of environmentally friendly products in Ukraine* (Doctoral dissertation, Ternopil, ZUNU).

Zheplinska, M., Mushtruk, M., Vasyliv, V., & Gorenkov, K. (2023). Drinks using extracts of medicinal plant raw materials. *Human and nation's Health*, 1, 37-48. doi:10.31548/humanhealth.1.2023.37.

Zheplinska, M., Vasyliv, V., Deviatko, O., Ulianko, S., & Kanivets, N. (2022). Research of Wheat Fiber with Pumpkin Pectin Plant Additive. *Advances in Design, Simulation and Manufacturing V*, 237–246. doi:10.1007/978-3-031-06044-1_23.

Отримано 09.01.2025 р., прийнято до друку 21.02.2025 р.

УДК:664.9(075): 636.5.083.14
https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2025.61

ПЛАН НАССР ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ З М'ЯСА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПТИЦІ

Тетяна Вікторівна Бровенко
Кандидат технічних наук, доцент
https://orcid.org/0000-0003-1552-210
Національний університет біоресурсів і природокористування України
03041, вул. Виставкова, 16 м. Київ, Україна

***Анотація**. Виробництво продукції із м'яса сільськогосподарської птиці вважається одним з найперспективніших аспектів гарантування продовольчої безпеки України. Розширення ринку харчової продукції спровокувало можливості виникнення проблем безпеки продуктів харчування, які можуть призвести до ризиків негативного впливу на здоров'я людини. Найбільш дієвим рішенням слід рахувати введення міжнародних стандартів, вимог до забезпечення безпеки харчових продуктів. Для отримання підприємствами України вагомих конкурентних переваг на ринку, їм слід впроваджувати передові методи та розробки по забезпеченню безпечності продуктів харчування.*

Стаття спрямована на дослідження практичного застосування принципів НАССР при виробництві натуральних напівфабрикатів із м'яса сільськогосподарської птиці. Виробництво продукції найвищого ступеня ризику, до яких належать напівфабрикати з м'яса сільськогосподарської птиці, передбачає п'ять підготовчих етапів для розроблення й запровадження системи управління безпечністю харчових продуктів.

У статті здійснено опис кінцевого продукту, зокрема складові компоненти, фізико-хімічні характеристики (температуру тощо), методи обробки (охолодження), тип пакування, тривалість та умови зберігання, а також механізми дистрибуції. Розроблено блок-схему виробництва натуральних м'ясних напівфабрикатів з м'яса індика. Детально проаналізовано небезпечні фактори кожного технологічного етапу виробництва натуральних напівфабрикатів; використовуючи метод «дерево прийняття рішень» ідентифіковано контрольні критичні точки (ККТ) та здійснено оцінку плану НАССР та подано практичні рекомендації щодо коригувальних дій в ККТ під час виробництва натуральних напівфабрикатів із м'яса сільськогосподарської птиці.

***Ключові слова:** НАССР, контрольні критичні точки, натуральні м'ясні напівфабрикати.*

UDC 664.9(075): 636.5.083.14
https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2025.61

HACCP PLAN FOR THE PRODUCTION OF POULTRY MEAT PRODUCTS

Tetyana Brovenko
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
https://orcid.org/0000-0003-1552-210
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
03041, 16 Vystavkova St., Kyiv, Ukraine

Abstract. The production of poultry meat products is considered one of the most promising aspects of ensuring food security in Ukraine. The expansion of the food market has provoked the possibility of food safety problems, which can lead to risks of negative impact on human health. The

most effective solution should be the introduction of international standards and requirements for ensuring food safety. In order for Ukrainian enterprises to gain significant competitive advantages in the market, they should implement advanced methods and developments to ensure food safety.

The article is aimed at studying the practical application of HACCP principles in the production of natural semi-finished products from farm poultry meat. The production of products of the highest risk, which include semi-finished products from farm poultry meat, involves five preparatory stages for the development and implementation of a food safety management system.

The article describes the final product, in particular, its components, physico-chemical characteristics (temperature, etc.), processing methods (cooling), type of packaging, duration and storage conditions, as well as distribution mechanisms. A flowchart for the production of natural meat semi-finished products from turkey meat has been developed. The hazardous factors of each technological stage of the production of natural semi-finished products have been analyzed in detail; using the decision tree method, critical control points (CCPs) were identified and the HACCP plan was assessed and practical recommendations were given for corrective actions in CCPs during the production of natural semi-finished poultry meat products.

Keywords: HACCP, critical control points, natural meat semi-finished products

ВСТУП. В Україні триває робота над проєктом EU4SaferFood 2 (State Service of Ukraine on Food Safety and Consumer Protection – Development Strategy of the State Service of Ukraine on Food Safety and Consumer Protection, 2024) щодо погодження законодавства у сфері безпечності харчових продуктів із законодавством ЄС. Проєкт сприяє розробці та впровадженню провідних реформ на основі права ЄС у сферах безпечності харчових продуктів.

Ринок продукції сільськогосподарської птиці добре розвинутий, що надає споживачам можливість обирати продукти на основі різних критеріїв, зокрема якість товару, фінансова спроможність та лояльність виробника.

М'ясо індички є цінним харчовим продуктом, багатим на повноцінні білки, всі необхідні амінокислоти, жири, макро- і мікроелементи, а також вітаміни. Понад 85 % білків у м'язовій тканині птиці мають повноцінний склад, до складу якого входять всі незамінні амінокислоти.

Варто зазначити, що в Європі середній рівень споживання м’яса індички становить 3,5 кг на людину, тоді як у США цей показник досягає майже 7 кг на рік. У 2020 році в Україні було вироблено 36,8 тисячі тонн індички, причому дані свідчать про стабільне щорічне зростання виробництва з 2017 року на 10-12 %. Це стале зростання вказує на те, що Україна більше не залежить від імпортного м’яса, зокрема з Польщі (в 2020 році імпорт складав 75 %). Згідно з дослідженням Kolasińska D. (2023), виробництво м’яса індички в Польщі поки що в 10 разів перевищує українське, але завдяки швидкому розвитку цього сектору в Україні, наша країна стає серйозним конкурентом для польського ринку індички. Це підтверджується зростанням експорту українського м’яса до країн ЄС.

Важливо виробникам забезпечити високу якість і безпечність харчових продуктів та систему оцінювання і контролю небезпечних чинників продовольчої сировини, технологічних процесів і готової продукції. Важливими процедурами є розробка та інтегрування систем управління якістю та безпечністю продукції, а впровадження практичних процедур на основі принципів НАССР є засадою конкурентоспроможності птахопереробного підприємства. Оскільки основною задачею системи є запобігання виникненню небезпечних чинників, але програма НАССР не є автономною, тому належне її функціонування забезпечується за рахунок впровадження програм – передумов.

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ. Виробництво харчового продукту є досить складним та відповідальним процесом адже оператор ринку який здійснює первинне виробництво, виробництво, реалізацію та/або обіг харчових продуктів та/або інших об’єктів санітарних

заходів, відповідає за виконання вимог законодавства про безпечність та окремі показники якості харчових продуктів.

Під час виробництва харчових продуктів найбільшу загрозу становлять біологічні небезпечні чинники. Головним чином це патогенні мікроорганізми, зокрема Salmonella, Staphylococcus aureus, Campylobacter jejuni, Clostridium perfringens, Clostridium botulinum, Listeria monocytogenes і Escherichia coli; також слід враховувати Trichinella sprialis та інших паразитів.

Дослідниками Інституту громадського здоров'я з адміністративною та управлінською автономією, який діє як технічний і науковий підрозділ штату та регіонів Абруццо та Молізе (2019) оцінено ступінь впливу різних умов утримання на тринадцяти стадах бройлерів, включно з органічними, використано протокол Welfare Quality®. Досліджено відмінності у присутності Campylobacter і Salmonella бройлерів та їх вплив на мікробіологічне забруднення тушок бройлерів на бійні. Найвищий рівень умов утримання спостерігався в органічних стадах. Найпоширенішими серотипами виявилися Salmonella Infantis і Salmonella Bredeney, а Campylobacter jejuni і Campylobacter coli були визначені як види Campylobacter. Дослідження впливу модернізації виробничих ділянок та оновлення систем управління безпечністю харчових продуктів на мікробіологічну якість та безпечність продукції. У зв’язку з цим було зроблено спроби з’ясувати, чи вплинула автоматизація на певних етапах виробництва на тип небезпеки та кількість критичних контрольних точок, а також на мікробіологічну якість туш і кінцевих продуктів. Порівняння планів НАССР показало, що автоматизація різних етапів виробництва не вплинула на тип небезпек і кількість критичних контрольних точок. Автоматизація забійного цеху призвела до зменшення контамінації, факт, який було показано в результатах мікробіологічного аналізу, який вказав на зменшення кількості досліджуваних мікроорганізмів (загальна кількість бактерій, коліформи та Escherichia coli, Staphylococcus aureus) приблизно на 1 log КУО/г на різних етапах забою та процедури стандартизації. Це дослідження демонструє, що поліпшені стандарти утримання птахів на фермах не лише підтримують етичні норми і додають цінність кінцевому продукту, але й підвищують мікробіологічну безпеку м’яса птиці, що зрештою захищає споживачів.

В Україні мікробіологічні критерії безпечності для м’яса сільськогосподарської птиці регламентуються Наказом МОЗ № 548 від 19.07.2012 р. і встановлють небхідну періодичнсть досліджень за чіткими показниками. Враховуючи, що натуральні напівфабрикати не готові до споживання без термічної обробки, їхня кратність досліджень становить:

- м'ясний фарш та м'ясні напівфабрикати, виготовлені з м'яса птиці, призначені для споживання після термічної обробки – Salmonella, відсутність у 25 г. При перехідному періоді дослідження проводять щотижнево, після завершення перехідного періоду та у разі відсутності позитивних результатів, дослідження проводять 1 раз на місяць.

До гігієнічних критеріїв технологічного процесу відносять:

- тушки птиці (бройлерів та індичок): Salmonella spp – відсутність у 25 г об’єднаної вибірки шийної шкіри;
- м’ясний фарш: кількість колоній аеробних мікроорганізмів – 5 х 10^6 КУО/г; e. coli – 500 КУО/г.
- м’ясні напівфабрикати: E. coli – 5000 КУО/г або $см^{2.}$

Плісняві гриби та дріжджі на поверхні м’яса розвиваються дуже рідко, але за неналежних умов зберігання вони можуть проростати зі спор, що потрапляють у продукт із транспортної та внутріцехової тари, технологічних поверхонь місця зберігання, пакувальних матеріалів.

Не зважаючи найбільший інтерес щодо біологічних небезпечних чинників, які здатні викликати широко поширені харчові захворювання, хімічні небезпечні чинники також можуть викликати харчові захворювання, хоча, як правило, уражають меншу кількість осіб. Отже, належним чином розроблена програма НАССР потребує ідентифікації важливих хімічних небезпечних чинників та запровадження відповідних запобіжних засобів контролю.

Хімічні речовини потрапляють у харчовий продукт, навіть якщо їх і не додавали спеціально. Такі випадкові хімічні речовини можуть міститись в самих інгредієнтах тушках чи окремих напівфабрикатах птахів. Пакувальні матеріали, які перебувають у безпосередньому контакті з інгредієнтами або напівфабрикатами, є потенційним джерелом випадкових хімічних речовин, зокрема дезінфікуючі засоби або фарби. Більшість випадкових хімічних речовин слабко впливають на безпечність продуктів, інші можуть стати небезпечними тільки якщо присутні у дуже великих кількостях. До них відносять: пестициди, нітрати, діоксини та діоксиноподібні речовини, токсичні речовини або сполуки, які можуть бути небезпечними для споживання, дезінфікуючі засоби, радіонукліди, мікотоксини пестициди, інсектициди, родентициди, фарби, мастила, тощо.

Зокрема у дослідженні Yevlampiyeva Y. et al (2024) розроблено та впроваджено спеціальний план НАССР для м’ясного паштету «Фірменний» на малому м’ясопереробному підприємстві, Казахстан. Дослідження проводилося в районі, який постраждав від екологічних наслідків колишнього Семипалатинського ядерного полігону. Дослідження було спрямоване на визначення критичних контрольних точок (ККТ). Крім того, було оцінено ефективність плану НАССР щодо зменшення забруднюючих речовин, зокрема важкі метали, радіонукліди та пестициди, враховуючи вплив регіону на навколишнє середовище на безпеку та якість харчових продуктів.

Авторами дотримані стандартні процедури для аналізу небезпеки, ідентифікації ККТ, встановлення критичних меж, моніторингу, коригувальних дій, перевірки та ведення записів. Під час виробництва експериментальної партії м’ясного паштету, включаючи приймання сировини, бланшування, варіння, охолодження та пакування/зберігання, виявлено п’ять ККТ. Проведені дослідження показали, що реалізація цього плану призвела до зменшення забруднюючих речовин. Звертаючись як до забруднень, так і до специфічного екологічного контексту регіону, автори у своєму дослідженні демонструють критичну роль добре структурованого плану безпеки харчових продуктів. Система НАССР не тільки покращила якість харчових продуктів, але й забезпечила дотримання стандартів безпеки, надаючи впевненість споживачам. Це тематичне дослідження виступає за ширше впровадження управління безпекою харчових продуктів у регіонах із подібними екологічними проблемами.

Порядок проведення лабораторних досліджень (випробувань) відповідних об’єктів санітарних заходів в уповноважених лабораторіях врегульовано Наказом № 368 від 13.05.2013 р Про затвердження Державних гігієнічних правил і норм "Регламент максимальних рівнів окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах".

Для визначення якості особливу увагу слід приділити алергенам. Зазвичай безпосередньо м’ясо забійних тварин алергійних реакцій не викликає, але використання приправ, консервантів, ароматизаторів та споріднених речовин, багатоцільових добавок та ін. які у своєму складі можуть містити алергени, можуть спричинити алергічні реакції, що становлять загрозу життю та здоров’ю споживача, тому ідентифікація цього небезпечного чинника допоможе знизити ризик виникнення негативних наслідків.

До фізичних небезпечних чинників відносяться будь-які потенційно шкідливі сторонні предмети, яких звичайно у харчових продуктах немає, це можуть бути скло, метал, пластик, уламки кісток. Саме на фізичні небезпечні чинники споживачі скаржаться найчастіше, бо травма виникає одразу або незабаром після споживання їжі, і джерело небезпеки виявити легко.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ. Дослідження практичних аспектів застосування принципів НАССР на птахопереробному підприємстві. Завданням статті є розроблення рекомендації щодо здійснення ряду підготовчих кроків до застосування принципів для виробництва продукції із м’яса сільськогосподарської птиці; формування блок-схеми виробництва натуральних напівфабрикатів із м’яса індика; практичного застосування принципів системи

управління безпечністю харчових продуктів, які дозволяють забезпечувати якість харчової продукції та високу конкурентоспроможності птахопереробного підприємства.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ. Методологія дослідження ґрунтується на сучасних теоретичних методах та практичних практиках щодо впровадження програм – передумов (рекомендації щодо впровадження зазначені в наказі № 590 від 01.10.2012); застосування принципів системи управління безпечністю харчових продуктів. Основну частину дослідження проведено в лабораторії кафедри стандартизації та сертифікації продукції АПК, Національного університету біоресурсів і природокористування України, з використанням ключових вимог до безпеки харчових продуктів і заходів, необхідних для збереження гігієни виготовлення продукції з м'яса птиці на всіх етапах харчового ланцюга; для забезпечення виробництва, постачання та безпечного споживання харчових продуктів виготовлених з м'яса птиці, а також їх належного поводження з ними.

Опис продукції здійснено відповідно до вимог Наказу Мінагрополітики № 590. Перелік інгредієнтів та матеріалів згідно з вимогами ДСТУ 3143 М'ясо птиці. Загальні технічні умови. Наведено термічний стан продукції з м'яса птиці, що постачається споживачеві (охолоджений), а також визначено його придатність для довготривалого зберігання і відповідний спосіб вживання. Складено та перевірено блок-схеми виготовлення продукції. Визначено технологічні етапи. Підписано елементи блок-схеми. Проведено аналіз небезпечних факторів (біологічних, хімічних та фізичних) на кожному етапі технологічного процесу. Методика визначення значущості небезпечного фактору здійснено відповідно до вимог Наказу Мінагрополітики № 590. Використано Форму методології оцінки небезпечних чинників № 1 де враховано Серйозність шкідливого впливу та Імовірність виникнення небезпечного чинника за відповідними коефіцієнтами. Коефіцієнт К > 0,6, то небезпечний чинник – значимий.

Методологія визначення ККТ- нами використаний метод «дерево прийняття рішень». Визначено параметри, які контролюватимуться, температура приміщення, температура в товщі напівфабрикатів. Моніторинг температури в приміщенні зберігання здійснюється кожні 2 години. Моніторинг критичної контрольної точки здійснювано щозмінно для кожної партії напівфабрикатів. Засоби вимірювальної техніки - Testo 905-T1 – занурювальний - термометр з щупом для вимірювання температури в товщі м'ясних напівфабрикатів повірені. Використано журнал температур для ведення записів моніторингу ККТ та журнал коригувальних дій. Отримані дані вносились негайно після зняття показань контрольно-вимірювальних пристроїв та проведення спостережень.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ. Для розробки системи НАССР на птахопереробному підприємстві необхідно впровадити програми – передумови, рекомендації щодо впровадження зазначені в наказі № 590 від 01.10.2012. Вони забезпечують (з урахуванням асортименту харчових продуктів, технологічних процесів та специфіки виробництва) підтримання гігієни на кожному етапі виробництва та визначають правила поводження з харчовою продукцією загалом. Основна їхня функція виражена в контролю за небезпечними чинниками та ефективному функціонуванню системи безпечності харчових продуктів.

Перед впровадженням системи НАССР на птахопереробному підприємстві необхідною умовою є здійснення ряду підготовчих етапів. Для цього потрібно виконати п'ять кроків:

1. Створити групу НАССР.
2. Описати продукцію.
3. Ідентифікувати використання продукту (продукції) за призначенням кінцевому споживачеві.
4. Розробити блок-схему (діаграму послідовності технологічних операцій) процесу виготовлення продукту (продукції).

5. Підтвердити розроблену блок-схему на виробництві.

Створення групи HACCP передбачає залучення фахівців різного профілю. До її складу рекомендовано включити багатопрофільних фахівців відділу технічного забезпечення; виробничого відділу; відділу якості; бактеріологічних лабораторії підприємства тощо. У контексті впровадження системи HACCP ключовим аспектом є компетентність фахівців групи HACCP підприємства. Знання, отримані в процесі навчання методології HACCP, на думку Bal-Prylypko l., Antonenko, A., Tolok G., Brovenko T. (2024), мають бути неодмінно доповнені ґрунтовними знаннями в галузі мікробіології та хімії харчових продуктів. Це забезпечить адекватне розуміння процесів і потенційних небезпек, що є критично важливими для ефективного управління безпекою харчових продуктів при виготовленні харчової продукції з високим ступенем ризику для кінцевого споживача.

Критично важливо відмітити, що сформована робоча група демонструє оптимальне поєднання теоретичної підкованості та практичного досвіду, оскільки на неї покладається завдання збирання, групування, класифікації та оцінювання технічних даних, а також ідентифікацію небезпечних факторів і ККТ. Значення критичних меж отримано з валідованих джерел: нормативні стандарти та рекомендації, наукові література, експериментальні дослідження та поради експертів. Критичні обмеження повинні базуватися на найкращих практиках, щоб забезпечити безпечний продукт, і все ж має бути реалістичними та досяжними.

Малі та середні підприємства звичайно делегують одному фахівцю виконання множинних функції або навіть задовольняють виконання завдань робочої групи. У цій ситуації виникає потреба в залученні зовнішніх консультантів або експертів. Робоча група повинна також залучати персонал, безпосередньо задіяний у технологічних операціях, зокрема технологів, начальників змін, бригадирів дільниць, оскільки саме цей персонал має глибокі знання про специфічні варіації виробництва та обмеження в технологічних процесах. На нашу думку, їх участь посилюватиме відчуття відповідальності серед усіх, хто буде залучений до реалізації впровадження систему HACCP (Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів, 2024, стаття 21).

Опис продукції (табл. 1) містить детальні характеристики товару, зокрема інгредієнти та сировинні компоненти (табл. 2), що входять до його складу, а також критичну інформацію, що стосується безпечності. До цього належить відображення складових компонентів, фізико-хімічних характеристик (зокрема температури), методів обробки (таких як охолодження чи заморожування), типу пакування, тривалості та умов зберігання, а також механізмів дистрибуції. Згідно з дослідженням Василенко Г., Дорофєєвої О., Голуба Б., та Миронюк Г. (2011), додатково слід оцінити ризики, пов'язані з можливими відхиленнями під час транспортування через канали дистрибуції та потенційними ризиками у використанні продукту кінцевими споживачами. Необхідно також навести деталі термічного стану продукту, що постачається споживачеві (заморожений чи охолоджений), а також визначити його придатність для довготривалого зберігання і відповідний спосіб вживання.

Таблиця 1. Опис продукту

Показники	Опис
Назва продукту	Гомілка індича
Нормативний документ, за яким виробляється продукт	ДСТУ 3143:2013
Важливі характеристики продукту (показники безпечності)	Температура в товщі продуктц від 0…+ 4 °С; Кількість МАФАнМ не більше ніж 5 х 10^6 КУО/г; Кількість БГКП в 1 г – не допускається; Кількість бактерії роду Salmonella в 25 г – не допускається; Свинець (Pb) не більше 0,1 мг/кг; Кадмій (Cd) не більше 0,05 мг/кг;

	Ртуть (Hg) не більше 0,03 мг/кг; Радіонукліди не більше: ^{137}Cs – 200 Бк/кг; ^{90}Sr – 20 Бк/кг.
Пакування	Споживча і транспортна тара, пакувальні матеріали і засоби кріплення мають відповідати санітарним вимогам та документації, згідно якої вони виготовлені, забезпечувати збереженість і якість напівфабрикатів та субпродуктів індичих при транспортуванні і зберіганні протягом усього терміну придатності, унеможливлювати їх фальсифікацію, а також мають бути дозволені для застосування при контакті з аналогічними харчовими продуктами.
Маркування	Маркують продукцію згідно правил маркування харчових продуктів.
Транспортування	Напівфабрикати із м'яса сільськогосподарської птиці транспортуються всіма видами транспорту в критих транспортних засобах, згідно з правилами перевезення вантажів, що швидко псуються. Завантаження транспорту лише напівфабрикатами з птиці, що не потребують подальшого охолодження, вимагає підтримання температури не вище 0…+ 4 °С Транспортні засоби для перевезення мають відповідати таким вимогам: - забезпечувати температурний режим в товщі охолодженого продукту 0…+ 4 °С, протягом усього часу транспортування; - мати гладенькі внутрішні поверхні здатні до легкого очищення, миття та дезінфекції; - водонепроникні, забезпечені ефективними засобами для захисту від комах, пилу тощо; - не використовуватися для перевезення продуктів, які можуть забруднити напівфабрикати із м'яса сільськогосподарської птиці чи вплинути на їх органолептичні показники.
Способи реалізації	Оптова та роздрібна торгівля
Термін зберігання	4 дні за температури 0…+ 4 °С
Дані про передбачуваного споживача та специфічну групу споживачів	Усі верстви населення, окрім немовлят
Спосіб вживання	Споживання після обов'язкової термічної обробки / Використання у якості харчового продукту.
Потенційно можливе використання не за призначенням	Споживання у сирому вигляді / після недостаньої термічної обробки / після закінчення строків придатності до споживання.

Джерело**:** розроблене автором

Таблиця 2. Перелік інгредієнтів та матеріалів

Сировина	**Тушки птиці для виготовлення напівфабрикатів**
Нормативний документ	ДСТУ 3143 М'ясо птиці. Загальні технічні умови
Характеристика під час приймання	Тушки птиці 1 і 2 категорії охолоджені до температури не вище 4 °С в товщі продукту

Склад інгредієнтів	Тушка птиці
Інформація про постачальника	Власне виробництво
Термін та умови зберігання	Напівфабрикати – 4 доби за темперератури від 0… + 4 °С
Пакування	Багатообігова тара, картонні ящики, споживче пакування

Джерело**:** розроблено автором

Передумовою для аналізу чинників безпечності продукції є розробка технологічної схеми виробництва, у якій відображені окремі операції та взаємозв'язки між етапами виробництва. Наступним кроком є розробка графічного зображення моделі (рис. 1), що описує алгоритм або процеси виробництва натуральних напівфабрикатів із м’яса сільськогосподарської птиці.

Рисунок 1. Блок-схема виробництва натуральних напівфабрикатів із м’яса сільськогосподарської птиці (гомілки індичої).

Джерело : розроблено автором

Технологічна схема (рекомендована Державною дослідною станцією птахівництва НААН, 2024) представлена у вигляді блок-схеми, де кожен блок відповідає за певну операцію, таку як переміщення сировини, обробка продукції, її пакування або транспортування. Операції у блоках зв'язуються між собою стрілками.

Завдання аналізу блок-схеми процесу виробництва та її використання згідно системи НАССР полягає у проведенні визначених процедур. Аналіз харчового виробництва передбачає ретельне дослідження всіх умов виробництва, починаючи з отримання сировини та закінчуючи зберіганням готової продукції. Визначення критичних контрольних точок у технологічному процесі, які можуть порушити безпеку харчового продукту. Визначення критичних меж для кожної ККТ. Граничні значення визначаються для запобігання, усунення або зменшення небезпеки до рівня, який допускається. Установлення системи моніторингу ККТ вимагає окреслення методів, інструментів та процедур для системного вимірювання контрольних показників. Визначення попереджувальних і коригувальних дій є важливим для розробки заходів, які допоможуть запобігти та скоригувати процес, якщо контрольні дані в будь-якій ККТ вийдуть за встановлені межі. Ці процедури надають співробітникам чіткі інструкції щодо усунення небезпек.

Ведення обов'язкової документації про технологічний процес пов'язане з розробленими блок-схемами, методиками та діями в межах плану НАССР птахопереробного підприємства. Виконавши підготовчі кроки варто перейти до практичного застосування постійно діючих процедур з використанням принципів системи управління безпечністю харчових продуктів.

Принцип передбачає проведення аналізу небезпечних чинників. У таблиці 3 визначено небезпечні чинники та міри керування за виробництва натуральних напівфабрикатів із м’яса сільськогосподарської птиці. Ступінь імовірності виникнення небезпечних чинників є низьким, проте ключовим критерієм оцінювання є мікробіологічна чутливість натуральних напівфабрикатів із м’яса сільськогосподарської птиці.

Аналіз небезпечних чинників є основою визначення контрольно критичних точок (ККТ). Відповідно до Наказу № 590 МінАПК нами використаний метод «дерево прийняття рішень». У таблицях 4 та 5 вказаний план НАССР з ідентифікованими ККТ та запропоновані відповідні коригувальні дії за виробництва напівфабрикатів натуральних із м’яса сільськогосподарської птиці.

Таблиця 4. План НАССР для напівфабрикатів натуральних із м’яса сільськогосподарської птиці

Етап технологічного процесу	Небезпечний фактор	Критичні межі	№ ККТ	Моніторинг	Коригувальна дія	Ведення записів	Відповідальна особа
Зберігання готової до реалізації продукції	**Б**. Розвиток патогенних мікроорганізмів через підвищення температури в товщі продукції	Температура в товщі продукції 0…+ 4°С	1	Фахівці з технічного обслуговування перевірка температури в приміщеннях зберігання щозміни	Пониження температури	Журнал реєстрації температурних режимів	Бригадир дільниці

Джерело**:** розроблено автором

Спираючись на оцінку небезпечних чинників та план НАССР з ідентифікованими ККТ, слід обрати відповідну комбінацію коригувальних дій, які здатні запобігти цим небезпекам або усунути їх або зменшити до встановлених прийнятних рівнів.

Таблиця 5. Коригувальні дії за виробництва напівфабрикатів натуральних із м'яса сільськогосподарської птиці

Етап технологічного процесу	ККТ	Опис небезпечного чинника	Граничне значення	Процедура моніторингу	Коригувальна дія
Зберігання готової до реалізації продукції	**1**	**Б**. Розвиток патогенних мікроорганізмів через підвищення температури в товщі продукції	Температура в товщі продукції 0…+ 4°С	Щозмінна перевірка температури для кожної партії та запис температури в журналі реєстрації.	Рішення приймається або компетентною особою, або на основі моделювання кривих зростання кількості патогенних мікроорганізмів. Виявити причину відхилень та запобігати їх повторення. Прослідкувати, щоб у реалізацію не потрапив продукт, що можливо, був заражений.

Джерело**:** розроблено автором

У роботі (Dima та ін., 2024) досліджуються основні перешкоди для впровадження НАССР у м'ясній промисловості, використовуючи модель Лабораторії випробувань та оцінки прийняття рішень (DEMATEL), для визначення та класифікації перешкоди. Отримані результати показують, що головною перешкодою є слабке управління, а потім проблеми з навчанням, знаннями. Дослідження закладає основу для прийняття обґрунтованих рішень, підкреслюючи важливість ефективного управління для успішного впровадження НАССР.

У роботі Симонова І., Галух Б., Драчук У. та Басараб І. (2023) представлене дослідження показників безпечності напівфабрикатів із м'яса птиці під час зберігання, а саме після 15 діб зберігання при температурі 0–4 °С. Отримані результати свідчать про ефективність запропонованої технології м'ясних напівфабрикатів з м'яса птиці та її переваги порівняно зі стандартними способами. Удосконалення технології сприятиме розвитку та розширенню асортименту маринованої м'ясної продукції на ринку, задоволенню потреб споживачів у якісних та безпечних харчових продуктах.

У комплексному дослідженні (Glevitzky та ін., 2025) представлена нова методологія оцінки ризику під назвою Інтегрована система ризиків (IRF) шляхом застосування діаграм Ісікави в поєднанні із вдосконаленою системою аналізу ризиків і критичних контрольних точок (НАССР). Ця методика дослідження ризиків спрямована на забезпечення значно вищого рівня якості, безпеки та стійкості харчових продуктів за допомогою вдосконалених класичних методів із сильними можливостями взаємокореляції.

Методологія пропонує розширити типологію основних фізичних, хімічних і біологічних ризиків, визначених стандартом ISO 22000 Система управління безпекою харчових продуктів, додавши інші допоміжні ризики, такі як алергени, шахрайство / саботаж, відповідність кошерності/халяль, система швидкого оповіщення про харчові продукти, сповіщення або додаткові специфічні ризики залежно від конкретного технологічного процесу чи інгредієнтів.

Одночасно автори визначають причини для кожної операції в технологічному потоці на основі діаграми 5М: людина, метод, матеріал, машина та середовище. Для кожного ідентифікованого ризику та причини його вплив було визначено відповідно до його

серйозності та ймовірності виникнення. Кінцевий ефект визначається як клас ризику, розрахований як середнє арифметичне впливу, отриманого на кожному етапі процесу на основі ідентифікованих ризиків і причин. У рамках дослідження методологія була застосована до процесу розливу джерельної води.

Дослідження забезпечило новий погляд на аналіз чинників ризику шляхом одночасного використання діаграм Ісікави та принципів HACCP у всьому технологічному процесі продукту. Результати дослідження можуть сформувати нові методології, спрямовані на вдосконалення сталої стратегії управління безпечністю харчових продуктів. При оцінці ризику за допомогою цих двох інструментів враховується можливість кумулятивного або синергічного ефекту, що призводить до кращого контролю всіх факторів, які можуть вплинути на виробничий процес. Цей новий погляд на вивчення динаміки аналізу факторів ризику за допомогою одночасного використання діаграми та класичної системи HACCP автори пропонують екстраполювати та застосувати до будь-якого виробничого процесу в харчовій промисловості.

ВИСНОВКИ. Система HACCP – це дієвий інструмент управління безпечністю харчових продуктів. Запропоновано залучити до роботи групи HACCP технолога, який ґрунтовно розуміє послідовність виконання та технологію процесу виготовлення напівфабрикатів з м’яса птиці та знає нормативну, технічну документацію на продукцію технологію та обладнання, що використовуються на технологічних лініях; фахівця з якості, який впроваджує принципи та методики HACCP. Належний опис сировини, інгредієнтів, матеріалів що контактують із продуктом містить рекомендації до пакування під час транспортування і зберігання впродовж усього терміну придатності; транспортних засобів та транспортування напівфабрикатів із м’яса сільськогосподарської птиці; визначено перелік потенційно можливого використання не за призначенням. Запропоновано технологічну блок-схему виробництва напівфабрикатів із м’яса сільськогосподарської птиці – гомілки індичої, що забезпечило ідентифікацію небезпечних чинників на всіх етапах технологічного процесу. Найважливішим критерієм оцінювання визначено мікробіологічну чутливість напівфабрикатів та рекомендовано план HACCP та комбінацію коригувальних дій, що усунуть ризик харчового отруєння з можливими негативними наслідками для кінцевого споживача. Перспективи та плани дослідження включають вдосконалення процесів управління безпекою харчових продуктів за допомогою сучасних методів та заходів моніторингу чинників безпечності продукції та коригувальних дій. Майбутні напрямки досліджень спрямовані на подальше вивчення позитивних практик та інтеграцію нових технологій для кращого розуміння проблем, впровадження постійно діючих процедур заснованих на принципах системи управління безпечністю харчових продуктів (HACCP).

Подяки. Немає.
Конфлікт інтересів. Немає.

References

State Service of Ukraine on Food Safety and Consumer Protection - Development Strategy of the State Service of Ukraine on Food Safety and Consumer Protection. STATE SERVICE OF FOOD SAFETY AND CONSUMER PROTECTION. (2024) https://dpss.gov.ua/news/stratehiia-rozvytku-derzhprodspozhyvsluzhby-holovna-tema-zustrichi

Kolasińska D (2023). Ukraina z importera indyków stała się ich eksporterem. Czy stanowi dla Polski zagrożenie? topagrar.pl. https://www.topagrar.pl/produkcja-zwierzeca/ukraina-z-importera-indykow-stala-sie-ich-eksporterem-czy-stanowi-dla-polski-zagrozenie-2499220

Glevitzky, M., Glevitzky, I., Mucea-Ștef, P., Popa, M., Dumitrel, G.-A., & Vică, M. L. (2025). Integrated Risk Framework (IRF) – Interconnection of the Ishikawa Diagram with the Enhanced HACCP System in Risk Assessment for the Sustainable Food Industry. *Sustainability,* 17(2), 536. https://doi.org/10.3390/su17020536

Vasylenko G., Dorofeeva O., Holub B., Myronyuk G. (2011). A guide for small and medium-sized enterprises in the meat processing industry on the preparation and implementation of a food safety management system based on the HACCP concept. (Original published in 2011)

Yevlampiyeva, Y., Orynbekov D., Idyryshev B., Igenbayev A., Amirkhanov S., Shayakhmetova M. (2024). The effectiveness of implementing the HACCP system to ensure the quality of food products in regions with ecological problems. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1441479

Dima, A., Radu, E., & Dobrin, C. (2024). Exploring Key Barriers of HACCP Certification Adoption in the Meat Industry: A Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory Approach. *Foods*, 13(9), 1303. https://doi.org/10.3390/foods13091303

Bal-Prylypko l., Antonenko, A., Tolok G., Brovenko T., Kryvoruchko M., & Gorkun a. (2024). Accreditation and prospects for the implementation of the HACCP system in food production. *Measuring and computing devices in technological processes*, (1), 111–116. https://doi.org/10.31891/2219-9365-2024-77-16

On approval of the Requirements for the development, implementation and application of permanent procedures based on the principles of the Food Safety Management System (HACCP), Order of the Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine No. 590 (2015) (Ukraine). https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1704-12#Text

On the basic principles and requirements for the safety and quality of food products. Official web portal of the Parliament of Ukraine. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/771/97-вр#Text (access date: 21.01.2025).

Iannetti, Luigi & Neri, Diana & Santarelli, Gino & Cotturone, Giuseppe & Vulpiani, Michele & Salini, Romolo & Antoci, Salvatore & Di Serafino, Gabriella & Giannatale, Elisabetta & Pomilio, Francesco & Messori, Stefano. (2019). Animal welfare and microbiological safety of poultry meat: Impact of different at-farm animal welfare levels on at-slaughterhouse Campylobacter and Salmonella contamination. *Food Control*. 109. 106921. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.106921

Ishchenko, Yu. (2024). Improving the technology of poultry production in small and medium-sized enterprises based on the principles of the HACCP system. http://avianua.com http://avianua.com/index.php/statti-z-ptakhivnitstva/ tekhnologiya-ptakhivnitstva/ 54-robocha-prohrama-pnd-haccp (access date: 14.01.2025).

State Research Station of Poultry of the National Academy of Sciences of the Russian Federation. (2014). Poultry meat. General technical conditions. (DSTU 3143:2013).

Food Safety Handbook: A Practical Guide for Building a Robust Food Safety Management System. (2020). Washington, DC: World Bank. https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1548-5

Tkachenko A. S., Basova Yu. O., Goryachova O. O. (2020). Implementation of the HACCP system for food market operators. Practical manual Poltava: PUET, 137

Symonova I., Galukh B., Drachuk U. and Basarab I. (2023). Improving the technology of marinated semi-finished poultry meat products. *Scientific Bulletin of the Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology. Series: Food Technologies*, 25 (99), 61-68. https://doi.org/10.32718/nvlvet-f9911

Отримано 21.12.2024 р., прийнято до друку 26.02.2025 р.

УДК 637.146
https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2025.73

РОЗРОБКА РЕЦЕПТУРИ ЯЛОВИЧИХ КОНСЕРВІВ ІЗ М`ЯСА КАТЕГОРІЇ DFD

Юрій Григорович Медвєдєв
здобувач ступеня доктора філософії,
https://orcid.org/0009-0009-8178-3097
Національний університет біоресурсів і природокористування України,
03041, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, Україна

Анотація. *М'ясо відіграє важливу роль у структурі харчування як цінне джерело повноцінних білків, що містять усі незамінні амінокислоти, а також мінералів та вітамінів, зокрема вітаміну B12. Однак у сучасних умовах виробництва виникають значні логістичні труднощі, пов'язані з транспортуванням худоби до місць забою. Несвоєчасна доставка тварин спричиняє їхній стресовий стан, що негативно впливає на якість м'яса, зумовлюючи порушення процесів автолізу та перехід у стан DFD (Dark, Firm, Dry). Таке м'ясо характеризується темним забарвленням, підвищеною жорсткістю, зниженою здатністю до утримання вологи, а також погіршеними органолептичними показниками (консистенція, колір, смак, запах). Це суттєво ускладнює його подальше використання у виробництві м'ясних продуктів.*

Крім того, ще однією значною проблемою при зберіганні м'яса є його висока чутливість до мікробіологічного псування. Традиційні методи подовження термінів придатності, такі як використання захисної атмосфери, охолодження, заморожування чи застосування антибактеріальних агентів, не завжди забезпечують необхідний рівень мікробіологічної стабільності продукту. Відтак, актуальним є пошук технологічних рішень для ефективного збереження м'яса та запобігання його псуванню.

У межах проведеного дослідження запропоновано технологію стерилізації м'ясної суміші, що дозволяє значно подовжити термін придатності продукту. Враховуючи обмежену доступність високоякісної яловичини, було розроблено рецептуру на основі DFD-м'яса, у якій вміст яловичини знижено з 65,3 % до 50,5 %. Зменшення вмісту білка компенсовано додаванням соєвого білкового концентрату PRO HAM, що сприяє покращенню харчової цінності продукту. Для забезпечення необхідної консистенції та поліпшення органолептичних властивостей до м'ясної суміші введено 6,3 % яловичого жиру-сирцю.

Органолептична оцінка отриманої композиції продемонструвала її покращені якісні характеристики порівняно зі стандартною рецептурою, у якій використовується м'ясо категорії NOR. Інтегральні показники якості експериментальної композиції становили 9,2±0,5 бала, що перевищує аналогічний показник контрольного зразка (7,8±0,9 бала). Отримані результати свідчать про ефективність запропонованого підходу до переробки DFD-м'яса, що дозволяє підвищити якість готового продукту та подовжити його термін зберігання.

Ключові слова*: яловичина, стерилізація, м`ясо DFD, соєвий концентрат, органолептичні властивості*

UDC 637.146

https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2025.73

DEVELOPMENT OF FORMULATION OF CANNED MEAT PRODUCED OF BEEF OF CATEGORY OF DFD

Yuriy Medvedev
applicant for higher education with the degree of Doctor of Philosophy
https://orcid.org/0009-0009-8178-3097
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
03041, Heroiv Oborony Street, 15, Kyiv, Ukraine

Abstract. *Meat plays an important role in the structure of nutrition as a valuable source of complete proteins containing all essential amino acids, as well as minerals and vitamins, particularly vitamin B12. However, in modern production conditions, significant logistical difficulties arise associated with the transportation of livestock to slaughterhouses. Untimely delivery of animals causes their stress state, which negatively affects the quality of meat, causing disruption of autolysis processes and transition to the DFD (Dark, Firm, Dry) state. Such meat is characterized by dark color, increased stiffness, reduced ability to retain moisture, as well as deteriorated organoleptic indicators (consistency, color, taste, smell). This significantly complicates its further use in the production of meat products. In addition, another significant problem in the storage of meat is its high sensitivity to microbiological spoilage. Traditional methods of extending shelf life, such as the use of a protective atmosphere, cooling, freezing or the use of antibacterial agents, do not always provide the required level of microbiological stability of the product. Therefore, the search for technological solutions for the effective preservation of meat and the prevention of its spoilage is relevant. Within the framework of the conducted research, a technology for sterilization of meat mixture was proposed, which allows to significantly extend the shelf life of the product. Taking into account the limited availability of high-quality beef, a recipe based on DFD meat was developed, in which the beef content was reduced from 65.3% to 50.5%. The decrease in protein content was compensated by the addition of soy protein concentrate PRO HAM, which contributes to improving the nutritional value of the product. To ensure the required consistency and improve organoleptic properties, 6.3% of raw beef fat was added to the meat mixture. Organoleptic evaluation of the obtained composition demonstrated its improved quality characteristics compared to the standard recipe, which uses NOR category meat. The integral quality indicators of the experimental composition were 9.2±0.5 points, which exceeds the similar indicator of the control sample (7.8±0.9 points). The obtained results indicate the effectiveness of the proposed approach to processing DFD meat, which allows to improve the quality of the finished product and extend its shelf life.*

Keywords: *beef, sterilization, DFD meat, soybean concentrate, organoleptic properties*

ВСТУП. Раціональне та збалансоване харчування є фундаментальною основою здоров'я людини, що визначає її фізіологічний стан, працездатність та тривалість життя. У науковій літературі прийнято класифікувати продукти харчування за групами відповідно до їх харчової цінності та ролі у метаболічних процесах. До основних груп належать: молочні продукти, м'ясні продукти, фрукти та овочі, а також зернові культури. У той же час цукри, масла та очищені жири не відносять до базових харчових груп через їх високу доступність та відсутність дефіциту у сучасних раціонах (Bal-Prylypko *et al*., 2022).

Серед цих груп м'ясні продукти займають особливе місце, оскільки є джерелом високоякісного білка, що містить усі незамінні амінокислоти у необхідних пропорціях. Тваринний білок, на відміну від білків рослинного походження, має високу біологічну цінність завдяки оптимальному балансу амінокислот та високій ступені засвоюваності організмом людини. До незамінних амінокислот, які надходять лише з їжею та не можуть синтезуватися організмом, належать: аргінін (особливо важливий для дітей та осіб похилого віку), валін, гістидин (клю-

човий для дітей), ізолейцин, лейцин, лізин, метіонін, треонін, триптофан та фенілаланін. Ці компоненти необхідні для нормального функціонування м'язової, нервової та імунної систем людини, а також для синтезу ферментів і гормонів (Bal-Prylypko *et al*., 2023).

Окрім білкового складу, м'ясо є унікальним джерелом есенціальних мікроелементів, зокрема заліза, цинку, селену, фосфору, магнію та калію. Важливою характеристикою м'яса є вміст гемового заліза, яке засвоюється значно ефективніше, ніж негемове залізо з рослинних продуктів. Це робить м'ясні продукти незамінним елементом раціону, особливо для людей, які страждають на залізодефіцитну анемію. Окрім того, м'ясо містить комплекс вітамінів групи В, зокрема вітамін B_{12}, що бере участь у кровотворенні, функціонуванні нервової системи та метаболізмі нуклеїнових кислот кислот (Allai *et al*., 2022).

Світове виробництво м'ясної продукції стикається з рядом викликів, зокрема з проблемами транспортування, зберігання та переробки сировини. Логістичні труднощі, що виникають при транспортуванні худоби до місць забою, часто призводять до стресового стану тварин, що, у свою чергу, негативно впливає на біохімічні процеси у м'язових тканинах. Це спричиняє розвиток аномальних процесів автолізу, що призводять до утворення м'яса категорії DFD (Dark, Firm, Dry). Таке м'ясо характеризується темним кольором, жорсткою консистенцією, зниженою здатністю до утримання вологи та погіршеними органолептичними властивостями (Caio et al., 2020).

Важливим аспектом у виробництві м'ясних продуктів є проблема мікробіологічної стабільності. Свіже м'ясо є середовищем, сприятливим для розвитку патогенної мікрофлори, що ускладнює його зберігання та транспортування. Традиційні методи консервації, такі як охолодження, заморожування, вакуумне пакування, використання модифікованої атмосфери та антибактеріальних агентів, мають певні обмеження щодо ефективності, оскільки не забезпечують тривале збереження якісних характеристик продукту без змін його структури та харчової цінності (Das et al.,2020: Deleu et al.,2020).

У зв'язку з цим гостро постає питання розробки технологій, що дозволяють не лише подовжити термін придатності м'ясної продукції, а й забезпечити її високу харчову цінність та органолептичні показники. Одним із перспективних напрямів є використання технологій термічної стерилізації м'ясної сировини, що дозволяє значно подовжити термін її придатності, не втрачаючи ключових харчових та смакових характеристик.

Метою даного дослідження є розробка технології виробництва м'ясних продуктів подовженого терміну зберігання на основі м'яса категорії DFD із застосуванням технологічних прийомів, що покращують його якість.

Наукова новизна роботи полягає у розробці технологічного рішення щодо переробки DFD-м'яса, що дозволяє підвищити якість кінцевого продукту та розширити ресурсну базу м'ясопереробної галузі. Використання соєвого білкового концентрату та регулювання жирової фракції дозволяє компенсувати структурні зміни у м'ясі DFD-категорії та забезпечити високу якість кінцевої продукції.

Практична значущість дослідження полягає у можливості впровадження запропонованої технології у промислових умовах, що сприятиме раціональному використанню сировини, зниженню виробничих витрат та підвищенню доступності м'ясних продуктів для споживачів.

Таким чином, дослідження технологій виробництва м'ясних продуктів подовженого терміну зберігання є важливим напрямом розвитку харчової промисловості, що дозволяє вирішити низку актуальних проблем, пов'язаних із якістю, безпечністю та доступністю м'ясної продукції. Запропоновані рішення мають потенціал для широкого впровадження у м'ясопереробній галузі та сприятимуть підвищенню ефективності використання ресурсів.

ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД. Найчастіше під м`ясом розуміють усі частини тіла тварини після зняття шкури та відокремлення голови, нижніх частин кінцівок і внутрішніх органів. Його харчова цінність пояснюється високим вмістом повноцінного тваринного білка, кількість

якого, залежно від типу та віку тварини варіюється у межах 15-20 %. Крім того, серед життєво необхідних складових м`ясо містить від 0,8 до 1,6 % мінеральних речовин, серед яких слід відзначити залізо, калій, кальцій, магній, натрій фосфор, цинк, йод. З м`ясом організм отримує вітаміни ***A*** і ***D*** та широкий комплекс вітамінів групи ***B – B1, B2, B3, B6***, а також практично відсутній в рослинній їжі вітамін ***B12*** (Calderón-Ospina & Nava-Mesa, 2020).

До складу м`яса входять такі основні тканини:

- м`язова – 50-65 %;
- жирова – 5-30 %;
- сполучна – 10-16 %;
- кісткова – 7-30 %.

Крім того до м`яса відносять кровоносні та лімфатичні судини, лімфатичні вузли та нерви. За даними ФАО, його світове споживання досягло на 2019 рік 34,0 кілограма на середньостатистичну душу, а кількість забитих на м`ясо тварин суттєво перевищує 65 мільярдів і становить за даними ФАО (табл. 1) (FAO, 2019):

Таблиця 1. Кількість наземних тварин, забитих на м`ясо в 2019 році

Тварини	Кількість
Кури	61 171 973 510
Качки	2 887 594 480
Свині	1 451 856 889
Кролі	1 171 578 000
Індички	618 086 890
Вівці	536 742 256
Велика рогата худоба	298 799 160
Буйволи	25 798 819
Коні	4 863 367

Джерело: FAO

Водночас рівень виробництва м`яса в різних країнах суттєво залежить від рівня економічного розвитку, релігійних та національних традицій харчування (табл. 2).

Таблиця 2. Річна кількість спожитого м`яса на душу населення в деяких країнах світу, кг

Країна	2002 р.	2009 р.	2017 р.	2020 р.
США	124,8	120,2	121	124,11
Австралія	108,2	111,5	114,26	121,61
Аргентина	79,7	98,3	112,17	109,39
Іспанія	118,6	97	н.д.	100,26
Монголія	108,8	82,1	87,9	88,38
Республіка Корея	48	54,1	55,89	70,71
КНР	52,4	58,2	61,7	60,60
Японія	45,9	45,9	49,34	49,33
Україна	32,3	48,5	48,49	46,92
Туреччина	19,3	25,3	39,97	38,87
Ангола	25	22,4	23,43	23,49
КНДР	10,8	13,4	н,д,	13,67
Шрі Ланка	6,6	6,3	6,5	9,04
Ефіопія	7,9	8,5	7,2	5,40
Бангладеш	3,1	4	4,27	4,04
Індія	5,2	4,4	3,97	3,78

Джерело: FAOa; FAOb

Незважаючи на величезні кількості нетрадиційних джерел постачання м`яса на ринок, основна його кількість припадає на обмежену кількість свійських тварин (табл. 3).

Таблиця 3. Річний рівень споживання м`яса у світі в розрахунку на одну людину у 2019 році, кг

Вид м`яса	Загальне споживання	Частка, %
Курятина	14,7	43
Свинина	11,1	33
Яловичина	6,4	19
Баранина та козлятина	1,8	5
Загалом	34	100

Джерело: FAOb

За сучасними тенденціями розвитку м`ясопереробної промисловості, частка білого м`яса на ринку монотонно зростає при постійному зменшенні частки спожитої яловичини: за даними ФАО, за період з 1990 року кількість спожитої в світі яловичини на душу населення зменшилася з 10,4 кілограма у 1990 році до 9,6 кг у 2009 році і 6,4 кг у 2019 році (табл. 2).

Україна за рівнем споживання м`яса знаходиться в «золотій середині»: тут на душу населення припадає 46-48 кілограмів м`яса на рік. Згідно із статистичними даними, найбільша частка в цій кількості належить курятині: 24,3 кг (49,7 %) у 2017 році, та 25,2 кг (51,9 %) у 2018 році та 25,5 кг (54,3 % у 2019 році). За м`ясом птиці слідує свинина – 13,8 кг, 12,6 кг і 13,0 кг у 2017 – 2019 рр., та яловичина – відповідно 3,1 кг, 5,4 кг та 4,8 кг на душу населення у 2017 – 2019 рр., однак тенденції розвитку ринку м`яса свідчать про суттєво недостатню кількість спожитої яловичини, що виводить на порядок денний проблему збільшення в раціоні частки яловичого м`яса (Henchion et al., 2019).

Оскільки в умовах воєнного часу доступ значних груп населення до свіжого м`яса та якісних продуктів його переробки суттєво ускладнений, усе більшої значимості набуває якість сировини, склад та консистенція якої суттєво залежить від стану худоби, яка поступає на забій та часу її надходження на переробку. Остання проблема постає, оскільки після забою тварини, у тканини припиняється надходження кисню та суттєво гальмуються процеси вироблення енергії, а в тканинах накопичуються кінцеві продукти обміну речовин. За прийнятими поглядами ці процеси відомі як задубіння та ущільнення структури м`яса (Melnichuk et al., 2009). У разі нормального проходження процесів автолізу pH м`яса знижується з нормальних 7,2-7,4 до 5,4-5,8, результатом чого є інтенсифікація реакцій формування кольору через перехід двовалентного заліза міоглобіну в тривалентний стан, та змінюються характеристики м`яса – механічна стійкість, здатність до зв`язування вологи, смак, аромат. Перетворення реакції м`язової тканини, отриманої від тварини, яка надійшла на забій у задовільному стані, із зменшенням її pH до 5,2-5,5 відбуваються впродовж 60 хв (Takač et al., 2021).

Проте в умовах інтенсивного розведення тварин у промислових умовах у м`ясі все частіше виявляються суттєві відхилення від звичайних процесів автолізу. Проблема ускладнюється тим, що м`ясо та продукти на його основі не відносяться до продуктів тривалого зберігання. За існуючим досвідом є псування м`ясної сировини та втрата до 21 % продукту в процесі його виробництва, зберігання, транспортування та реалізації (Jančić et al., 2021).

На підприємствах із переробки м`яса сировину прийнято відносити до трьох категорій (Bal-Prylypko L.V. et al., 2023):

- м`ясо нормальне (позначення NOR – від англійського *normal*);
- м`ясо м`яке, бліде, водянисте або ексудативне (позначення PSE – від англійського pale, soft, exudative);
- м`ясо темне, жорстке, сухе (позначення DFD – від англійського dark, firm, dense).

Серед головних причин виникнення відхилень якості м`яса від нормального стану слід відзначити відгодівлю тварин із використанням гормональних препаратів, а також порушення умов передзабійної витримки та технології первинної переробки худоби (табл. 4):

Таблиця 4. Критерії оцінки якості м`ясної сировини

	Нормальне м`ясо	**М`ясо з ознаками PSE**	**М`ясо з ознаками DFD**
Характерні ознаки	Насичений рожево-червоний колір, пружна консистенція, характерних запах, висока ВЗЗ	Світле забарвлення, рихла консистенція, кислуватий присмак,виражене відділення м`ясного соку, низька ВЗЗ	Темно-червоний колір, жорстка консистенція, низька стабільність при зберіганні, висока ВЗЗ
Причини утворення	Нормальний розвиток автолізу	Недостатня рухомість тварини, короткочасний стрес	Тривалий стрес
Методи ідентифікації	pH = 5,6-6,2, органолептика	pH = 5,2-5,5 через 60 хвилин після забою, органолептика	pH вище 6,2 через 24 години після забою, органолептика

Джерело: авторська розробка

Основною причиною утворення характерної низьким pH, світлим забарвленням та кислим присмаком дряблої структури м`яса (м`яса з ознаками PSE) вважають короткочасний стрес безпосередньо перед забоєм, що веде до значного викиду адреналіну. Наслідком є швидке підвищення вмісту в крові глюкози та посилюються процеси тканинного обміну. У результаті процеси гліколізу прискорюються, що веде до часткової денатурації білків з усіма зазначеними вище негативними наслідками (Bal-Prylypko *et al*., 2024). Таке м`ясо не може бути використаним в чистому вигляді при виробництві сирокопчених продуктів, вареної ковбаси, сосисок, сардельок. Також його не використовують при виробництві варених окороків через водянистий стан та нерівномірність забарвлення. Оптимальним способом його переробки є використання в суміші з м`ясом категорії NOR та/або DFD при виробництві емульсійних та сирокопчених ковбас, та рублених напівфабрикатів (табл. 5) (Ijaz et al., 2020).

Таблиця 5. Рекомендовані способи використання м`ясної сировини з ознаками PSE та DFD

PSE	**DFD**
у парному стані, у сполученні з м`ясом DFD, у комплексі з соєвими ізолятами, з добавками фосфатів, у комбінації з м`ясом NOR високої сортності	під час виготовлення емульгованих ковбас, солених виробів із коротким терміном зберігання, у сполученні з м`ясом PSE, під час виготовлення заморожених виробів

Джерело: авторська розробка

М`ясо категорії DFD, якість якого суттєво поступається м`ясу з нормальним проходженням автолізу, доцільно за нестачі достатніх кількостей м`яса NOR використовувати при виробництві м`ясних продуктів тривалого терміну зберігання. Утворюється воно за недостатньої уваги до умов передзабійного утримання худоби, наприклад, у випадках перенесення тваринами тривалого стресу (24-48 годин), коли запаси глікогену в м`ясі на момент забою майже вичерпуються, що веде до практичного припинення утворення у ньому молочної кислоти із збереженням високого – на рівні близько 7.0 – значення pH (Rosa et al., 2016). Ре-

зультатом є потемніння кольору м`яса і збільшення твердості на дотик внаслідок суттєвого зменшення ним вмісту вологи, відповідно збільшення масової частки сухих речовин. Такі зміни супроводжуються також суттєвим погіршенням й інших органолептичних властивостей (смаку, аромату) (Rosa et al.,2016). Звідси слідує рекомендація використовувати м`ясо DFD ще до початку процесів автолізу, тобто відразу після забою (Rosa et al.,2016).

Основною проблемою, що постає перед виробниками м`ясної продукції, є нетривалий час збереження м`ясом придатності до споживання. Головною причиною прискореного псування м`ясної продукції є розвиток мікроорганізмів в початково стерильному м`ясі. Під таким розуміють появу неприйнятних сенсорних та органолептичних властивостей продуктів: зміну кольору, ослизнення, виділення рідини, утворення сторонніх запахів та небезпечних для стану організму продуктів метаболізму мікроорганізмів (Sadvari et al., 2024).

Найбільш вразливим до атак мікроорганізмів є м`ясо категорії DFD, що зумовлено переш за все високим значенням pH за одночасно високої активності води. За даними спеціальних досліджень, м`ясо DFD схильне до більш швидкого бактеріального обсіменіння з подальшим розмноженням небезпечної мікрофлори, перш за все бактерій класів *E. Coli* та *Pseudomonas*. Крім того, у ньому виявлені небезпечні для стану здоров`я мікроорганізми, присутність яких у харчових продуктах не допускається, а саме бактерії групи кишкової палички, та особливо небезпечні штами класів *Clostridium, Proteus, Pseudomonas, Salmonella, Staphilococcus Aureus* (Shange et al., 2019).

Прискореному псуванню м`яса з ознаками DFD порівняно з м`ясом інших двох категорій сприяє практична відсутність глюкози, через що під дією бактеріальної мікрофлори у ньому з самого початку відбувається супроводжуване утворенням сполук лужної природи розкладення амінокислотної складової (Saraiva et al., 2023). Найбільш активними у появі сильного неприємного запаху відіграють мало активні у м`ясі категорій NOR та PSE бактерії штаму *E. Liquefaciens* здатні до розмноження при значеннях pH більших від 6,0, а причиною утворення специфічного позеленіння є активність бактерій *Altermonas Putrefaciens* (Bekhit et al., 2021).

Підвищена активність небажаної мікрофлори обмежує тривалість його придатності до споживання навіть в умовах утримання при низьких температурах, що ставить умову його термінової переробки в продукти тривалого зберігання. Оптимальним способом у цьому є консервування. Традиційно використовують для цього наступні методи:

- фізичні – використання низьких (охолодження, заморожування) та високих температур (стерилізація, варка та ін.);
- хімічні – посол та маринування;
- фізико-хімічні – копчення, в`ялення висушування;
- біологічні – пригнічення життєдіяльності мікроорганізмів.

Традиційно виробники намагаються уникнути втрат свіжої продукції використовуючи у більшості випадків прийоми її пакування в захисній атмосфері. За вимогами законодавства до її формування допускаються використовувані у різних співвідношеннях азот та диоксид вуглецю (Shange et al., 2019). Упаковка м`яса в атмосферу, яка на 99 % складається з інертного до речовин м`яса азоту, дозволяє загальмувати розвиток анаеробної мікрофлори та із збереженням кольору подовжити термін його придатності до 20 діб. Двооксид вуглецю суттєво уповільнює або зовсім зупиняє розвиток плісеней, та бактерій, зокрема штамів *Achromobacter* та *Pseudomonas*, які викликають ослизнення м`яса, що особливо виразно проявляється при низьких температурах коли розчинність газу у водних середовищах є суттєво більшою. Специфічна дія $CO_2$ пов`язана не тільки із зменшенням вмісту кисню в модифікованому газовому середовищі, але й з утворенням при його контакті з водою вугільної кислоти, супроводжуваним частковою дисоціацією кислоти з відповідним зменшенням pH упакованого продукту. У промисловості м`ясні продукти упаковують найчастіше в газовому середовищі, яке складається з суміші цих газів. Захисна атмосфера такого складу містить найчастіше з 30 % CO_2 та 70 % N_2 (Bekhit et al., 2021). Додатковим аргументом на користь використання при пакуванні

філейних виробів модифікованої атмосфери, або їх поміщення у вакуумовану упаковку є усунення процесу утворення біогенних амінів (Shange et al., 2019).

Ще одним широко використовуваним прийомом подовження термінів придатності м`ясних виробів є додавання в масу антибактеріальних агентів. Так, суттєве гальмування розвитку бактерій штамів *Bacillus cereus, Pseudomonas aeruginosa*, та *Staphylococcus aureus* досягається використанням тимолу та деяких видів терпенів, наприклад, карвакролу (Bekhit et al., 2021). Різновидом антибактеріальних добавок у м`ясні продукти є консерванти, найбільш популярними з яких є бензойна кислота та її солі, а також сорбінова кислота та її солі. ефективні при захисті харчових продуктів від бродіння та плісняви. Перелік консервантів м`яса є достатньо широким, але всі вони не забезпечують його достатньо тривалого терміну придатності при збереженні прийнятних органолептичних показників якості (Rimm et al., 2018).

Для консервації м`яса в промисловості також часто використовують прийом заморожування, що також може бути рекомендованим для подовження термінів придатності м`яса з ознаками DFD. Ефективність даного способу пояснюється тим, що волога у заморожених продуктах переходить у твердий стан і мікроорганізми, харчування яких здійснюється осмотичним шляхом втрачають здатність завоювати поживні речовини і гинуть. Для цього достатньо знизити температуру продукту до мінус 18 ^{0}C (Rosa et al.,2016). Проте після розморожування процеси розмноження мікрофлори поновлюються, тому терміни придатності м`яса до переробки лишаються мінімальними. Зазначені вище методи подовження термінів придатності до споживання м`ясних продуктів не слід вважати оптимальними, оскільки вони передбачають для консервації продукту використання сторонніх речовин, які часто характеризуються небажаним впливом на стан здоров`я. Оптимальним способом забезпечення збережності м`ясних продуктів на тривалий час слід вважати направлене на знищення в масі продукту практично усіх мікроорганізмів консервування способом стерилізації. Стабільні при звичайних температурах консервовані м`ясні продукти є зручним у використанні високоякісним джерелом протеїнів. Їх тривале зберігання досягається в переважній кількості випадків стерилізації продукту безпосередньо у вкритих оловом герметизованих сталевих банках. Стерилізацію здійснюють в автоклавному обладнанні протягом приблизно 40 хвилин при температурах до 120 ^{0}C (до досягнення температури в центрі маси продукту нижче 101 ^{0}C), що дозволяє зберегти харчову цінність вмісту банок при мінімальному розщепленні білка, жиру, екстрактивних речовин та вітамінів.

Відповідно, актуальною задачею є пошук оптимізованої рецептури м`ясних консервів, вироблених з яловичини категорії DFD.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ розробити оптимізовану рецептуру м`ясних консервів, вироблених із яловичини категорії DFD.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ.

Підготовку зразків для проведення експериментальних досліджень проводили за ДСТУ 7963:2015 (DSTU 7963:2015). Відбір проб за ДСТУ 7992:2015 (DSTU 7992:2015) та ДСТУ 8051:2015 (DSTU 8051:2015).

Активну кислотність (pH) визначали згідно з ДСТУ ISO 2917:2001 "М’ясо та м’ясні продукти. Вимірювання pH. Метод потенціометрії" (DSTU ISO 2917:2001).

Масову частку вологи визначали за ДСТУ ISO 1442:2005 "М’ясо та м’ясні продукти. Визначення вмісту вологи" (DSTU ISO 1442:2005).

Масову частку білка визначали згідно з ДСТУ ISO 937:2005 "М’ясо та м’ясні продукти. Визначення вмісту загального білка за методом К'єльдаля" (DSTU ISO 937:2005).

Уміст жиру оцінювали згідно з ДСТУ ISO 1443:2005 "М’ясо та м’ясні продукти. Визначення вмісту загального жиру" (DSTU ISO 1443:2005).

Вологозв’язуючу здатність визначали методом пресування, заснованим на виділенні вологи при пресуванні дослідної проби масою 0,3 г під дією навантаження 1 кг. Волога, що

виділилася, сорбувалася фільтрувальним папером, після чого проводили вимірювання площі вологого сліду, за якою розраховували кількість відділеної води (Grebenyk and Sydorenko, 2015).

Масову частку золи визначали методом спалювання зразка з подальшим видаленням органічних речовин та зважуванням залишкової золи відповідно до ДСТУ ISO 936:2008 "М'ясо та м'ясні продукти. Визначення загального вмісту золи" (DSTU ISO 936:2008).

Органолептичні показники якості оцінювали за допомогою експертної оцінки за 5-бальною шкалою, відповідно до методики ДСТУ 4823.2:2007 (DSTU 4823.2:2007). Експерти з кафедри технології м'ясних, рибних та морепродуктів Національного університету біоресурсів і природокористування України проводили аналіз показників таких, як зовнішній вигляд, консистенція, запах, колір та смак.

Оцінювання здійснювалося за наступною градацією: 5 балів – відмінна якість, без дефектів; 4 бали – хороша якість, незначні відхилення; 3 бали – задовільна якість, помітні недоліки; 2 бали – незадовільна якість, значні дефекти; 1 бал – непридатний для споживання продукт.

Описані методи дослідження дозволяють комплексно оцінити фізико-хімічні та органолептичні характеристики м'ясних продуктів. Використання стандартизованих методик гарантує достовірність і відтворюваність отриманих результатів, що є важливим для подальшого аналізу якості продукції. Застосування органолептичної оцінки за 5-бальною шкалою забезпечує об'єктивний підхід до визначення споживчих властивостей досліджуваних зразків.

РЕЗУЛЬТАТИ І ОБГОВОРЕННЯ. Традиційні виробництва яловичих консервів базуються на використанні м`яса категорії NOR (табл. 6) (Ferronato et al., 2021):

Таблиця 6. Склад консервів «Яловичина тушкована», %

Назва сировини	Масова частка компонентів, %	
	вищий сорт	перший сорт
Яловичина жилована першої категорії із вмістом жирової тканини не більше 6 %	87,0	-
Яловичина жилована другої категорії із вмістом жирової тканини не більше 6 %	-	87,0
Жир сирець яловичий	10,5	10,5
Цибуля ріпчаста очищена подрібнена	1,33	1,33
Сіль кухонна	1,14	1,14
Перець чорний мелений	0,01	0,01
Лист лавровий	0,02	0,02

Але із загальним погіршенням стану з постачанням на ринок яловичини цієї категорії, суттєво зросла потреба в розробці рецептур консервів із яловичини, де небажані автолітичні процеси переходу м`яса у стан DFD вже відбулися. Основною перешкодою під час виробництва високоякісних продуктів є малий уміст води та підвищений через це вміст сухої речовини (табл. 7):

Зі зменшенням надходження на ринок кількості яловичини існуючі рецептури м`ясних консервів зазнали суттєвої зміни в бік зменшення вмісту м`ясної компоненти, типово сировини категорії NOR, до 60-65 %. Супроводжуване цим зменшення вмісту в продукті м`ясного білка компенсують додаванням добавками речовин із великим вмістом білка рослинного походження, наприклад тим, що міститься в соєвих концентратах. За вироблення консервів із м`яса категорії NOR використовують зазвичай соєве борошно із вмістом 35-40 % білка (табл. 8).

Таблиця 7. Порівняльні характеристики м`яса категорій NOR та DFD

Показник	Яловичина категорії NOR	Яловичина категорії DFD
Масова частка води, %	72,3±2,1	60,8±2,4
Масова частка сухої речовини, %	27,2±1,3	36,7±1,4
Масова частка білка, %	20,9±1,7	32,3±1,6
Вологоутримувальна здатність, %	64,9±2,3	68,4±2,8
Кислотність, *од pH*	5,9±0,03	6,04±0,02

Джерело: Lesiów & Xiong, 2024; James, S. & James, C., 2002

Таблиця 8. Хімічний склад соєвого борошна

Назва компонента	Масова частка, %
Білок	37,81
Жир	20,65
Вуглеводи	31,92
Зольні елементи	4,46
Вода	5,16

Джерело: авторська розробка

Проте цим інгредієнтом виробники не обмежуються і одною з альтернатив при виконанні дослідження був обраний концентрований соєвий білок "PRO HAM", який може бути використаним для покращення функціональних і технологічних властивостей сировини з ознаками DFD (табл. 9).

Таблиця 9. Рецептури делікатесних консервів, вироблених із м`яса категорій NOR та DFD, %

Назва сировини	Категорія м`яса	
	NOR	***DFD***
Яловичина жилована	65,33	50,5
Жир-сирець яловичий або жир топлений	-	6,3
Борошно соєве структуроване	8,5	-
Білок соєвий концентрований	-	6,0
Вода на гідратацію соєвого концентрату	-	24,0
Цибуля ріпчаста свіжа	3,0	3,0
Сіль кухонна	1,2	1,2
Лист лавровий	0,02	-
Смако-ароматична добавка "Краківська"	0,45	-
Вода	21,5	9,0
Загалом	***100,0***	***100,0***

Джерело: авторська розробка

Визначальними під час порівняльної оцінки якості продукту були органолептичні показники, які наведені в таблиці 10.

Результати дослідження підтверджують, що м’ясо категорії DFD може бути ефективно використане у виробництві консервованих м’ясних продуктів за умови правильного коригування рецептури. Одним із основних викликів при використанні DFD-м’яса є його знижена здатність до утримання вологи та підвищена жорсткість, що зумовлено низьким рівнем глікогену у м’язах тварини внаслідок тривалого передзабійного стресу (Lawrie & Ledward, 2006). Це узгоджується з висновками Klont et al. (1999), які показали, що високий рівень pH у м’ясі

категорії DFD (понад 6,2) призводить до його швидкого мікробіологічного псування через створення сприятливих умов для розвитку бактерій.

Таблиця 10. Органолептичні показники якості тушкованої яловичини з м`яса NOR та DFD

Тип м`яса	Оцінка у балах						
	Зовнішній вигляд	Колір на розрізі	Аромат	Смак	Консистенція (ніжність)	Сокови-тість	Загальна оцінка
NOR	8,1 ± 0,5	8,3 ± 0,6	7,4 ± 0,5	7,4 ± 0,5	7,8 ± 0,9	7,8 ± 0,9	7,8 ± 0,9
DFD	9,2 ± 0,5	8,3 ± 0,6	9,6 ± 0,5	9,4 ± 0,6	9,2 ± 0,5	9,2 ± 0,5	9,2 ± 0,5

Джерело: авторська розробка

З огляду на ці чинники, у нашій роботі було запропоновано модифіковану рецептуру консервованого м’яса із частковим заміщенням DFD-м’яса соєвим білковим концентратом PRO HAM (6,0 %) та введенням додаткового жирового компонента (6,3 % яловичого жиру-сирцю). Це дозволило компенсувати знижену соковитість та підвищену жорсткість кінцевого продукту, що підтверджується даними інших досліджень (Zhang et al., 2015), які демонструють, що застосування білкових добавок у м’ясопереробній промисловості сприяє покращенню текстурних та органолептичних властивостей продукції.

Порівняльний аналіз органолептичних характеристик м’ясної продукції, виготовленої за традиційною рецептурою (з м’ясом NOR) та за експериментальною схемою (з м’ясом DFD), показав значні покращення у випадку нової рецептури. Отримані результати (інтегральна органолептична оцінка 9,2±0,5 проти 7,8±0,9) вказують на те, що коригування складу продукту дозволяє не тільки зберегти, але й покращити його споживчі якості.

Результати узгоджуються з дослідженнями Wirth (1987), де зазначається, що поєднання м’яса категорії DFD із рослинними білками та жиром у збалансованих пропорціях може значно покращити текстуру та смакові характеристики готової продукції. Додавання соєвого білкового концентрату не тільки підвищує вологозв’язуючу здатність, але й сприяє утворенню ніжнішої консистенції (Remenant et al., 2015).

Однією з основних проблем за використання м’яса DFD є його підвищена чутливість до мікробіологічного псування, зумовлена високим рівнем pH та сприятливими умовами для росту бактерій (Zhu et al., 2022). Дослідження показали, що найбільшу загрозу для збереженості такого м’яса становлять бактерії родів *Pseudomonas*, *Clostridium* та *Escherichia coli* (Lonergan & Marple, 2019).

В умовах промислового виробництва традиційні методи подовження терміну придатності, такі як вакуумне пакування або охолодження, не забезпечують достатньої мікробіологічної стабільності для м’яса DFD (Holman et al., 2018). У зв’язку з цим у даній роботі було застосовано технологію термічної стерилізації, яка продемонструвала високу ефективність у знищенні патогенних мікроорганізмів та подовженні терміну зберігання продукції.

Отримані результати узгоджуються з дослідженнями James & James (2002), які довели, що автоклавування за температури 120 °C упродовж 40 хвилин даєможливість досягти повної деструкції патогенної мікрофлори без значного зниження органолептичних показників готового продукту.

Отримані результати відкривають перспективи подальших досліджень у напрямі:

Оптимізації рецептури – дослідження різних типів білкових добавок (гороховий білок, пшеничний глютен) для подальшого покращення текстури та поживної цінності м’ясних консервів.

Використання комбінованих методів стабілізації – поєднання термічної стерилізації з модифікованими газовими середовищами для подовження терміну придатності продукції без значних змін у структурі м’яса.

Дослідження впливу антиоксидантів – вивчення використання природних антиоксидантів (екстракти розмарину, токофероли) для підвищення стабільності жирової фракції у складі консервованої продукції.

Загалом результати роботи підтверджують доцільність використання м'яса категорії DFD у м'ясопереробній промисловості, що має важливе значення з погляду раціонального використання ресурсів та зниження втрат м'ясної сировини.

ВИСНОВОКИ.

Доведена можливість використання м'яса категорії DFD у виробництві консервованих м'ясних продуктів.

Встановлено, що використання соєвого концентрату дало змогу уникнути зазвичай знижену мікробіологічну стабільність м'яса DFD.

Зменшення вмісту яловичини з 65,3 % до 50,5 % із введенням соєвого білкового концентрату, яловичого жиру-сирцю та води дозволило отримати готовий продукт зі збалансованим амінокислотним складом та покращеними органолептичними показниками якості.

Застосування класичної термічної обробки – стерилізації дозволило значно подовжити термін придатності отриманого продукту.

Запропонована технологія виробництва м'ясних консервів із використанням яловичини категорії DFD є ефективним рішенням для підвищення раціонального використання м'ясної сировини, забезпечення мікробіологічної безпеки та покращення якості кінцевого продукту. Це відкриває перспективи для її впровадження у промислових масштабах як інноваційного підходу до виробництва високоякісних м'ясних консервів тривалого терміну зберігання.

Подяки. Немає.

Конфлікт інтересів. Немає.

References

Allai, F. M., Azad, Z. R. A. A., Gul, K., & Dar, B. N. (2022). Wholegrains: A review on the amino acid profile, mineral content, physicochemical, bioactive composition and health benefits. International Journal of Food Science & Technology, 57(4), 1849-1865. https://doi.org/10.1111/ijfs.15071

Bal-Prylypko, L., Nikolaenko, M., Mushtruk, M., Nazarenko, M., & Beiko, L. (2024). Physical and mathematical modelling of the process of cooking minced meat with spelt flour and champignon mushrooms. Animal Science and Food Technology, 15(2), 38–55. Internet Archive. https://doi.org/10.31548/animal.2.2024.38

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. In Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences (Vol. 17, pp. 110–121). HACCP Consulting. https://doi.org/10.5219/1798

Bal-Prylypko, L., Yancheva, M., Paska, M., Ryabovol, M., Nikolaenko, M., Israelian, V., Pylypchuk, O., Tverezovska, N., Kushnir, Y., & Nazarenko, M. (2022). The study of the intensification of technological parameters of the sausage production process. Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences, 16, 27–41. https://doi.org/10.5219/1712

Bekhit, A. E. D. A., Holman, B. W., Giteru, S. G., & Hopkins, D. L. (2021). Total volatile basic nitrogen (TVB-N) and its role in meat spoilage: A review. *Trends in Food Science & Technology*, *109*, 280-302. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.006

Caio, G., Lungaro, L., Segata, N., Guarino, M., Zoli, G., Volta, U., & De Giorgio, R. (2020). Effect of gluten-free diet on gut microbiota composition in patients with celiac disease and non-celiac gluten/wheat sensitivity. Nutrients, 12(6), 1832. https://doi.org/10.3390/nu12061832

Calderón-Ospina, C. A., & Nava-Mesa, M. O. (2020). B vitamins in the nervous system: Current knowledge of the biochemical modes of action and synergies of thiamine, pyridoxine, and cobalamin. CNS Neuroscience & Therapeutics, *26*(1), 5–13. https://doi.org/10.1111/cns.13207

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

Deleu, L. J., Lemmens, E., Redant, L., & Delcour, J. A. (2020). The major constituents of rye (Secale cereale L.) flour and their role in the production of rye bread, a food product to which a multitude of health aspects are ascribed. Cereal Chemistry, 97(4), 739-754. https://doi.org/10.1002/cche.10306

DSTU 4823.2:2007. Meat products. Organoleptic evaluation of quality indicators. *Quality management systems –Requirements.*

DSTU 7963:2015. Food products. Preparation of samples for microbiological analyses. *Quality management systems –Requirements.*

DSTU 7992:2015. Meat and meat raw materials. Methods of sampling and organoleptic assessment of freshness. *Quality management systems – Requirements.*

DSTU 8051:2015. Food products. Sampling methods for microbiological analyses. *Quality management systems –Requirements.*

DSTU ISO 1442:2005. Meat and meat products. Determination of moisture content. *Quality management systems –Requirements.*

DSTU ISO 1443:2005. Meat and meat products. *Quality management systems –Requirements.*

DSTU ISO 2917:2001. Meat and meat products. Measurement of pH. Potentiometric method. *Quality management systems –Requirements.*

DSTU ISO 936:2008. Meat and meat products. Determination of total ash content. *Quality management systems –Requirements.*

DSTU ISO 937:2005. Meat and meat products. Determination of total protein content by the Kjeldahl method. *Quality management systems –Requirements.*

FAOa. Livestock commodities. Available at https://www.fao.org/4/y4252e/y4252e05b.htm

FAOb. Food Balances. Available at https://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS

Ferronato, G., Corrado, S., De Laurentiis, V., & Sala, S. (2021). The Italian meat production and consumption system assessed combining material flow analysis and life cycle assessment. Journal of Cleaner Production, 321, 128705. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128705

Grebenyk, N.P., Sydorenko, M.A. (2015). Determination of the moisture-binding capacity of meat raw materials by pressing method. *Bulletin of Agricultural Science*, 7, 112-118.

Henchion, M., McCarthy, M., Resconi, V. C., & Troy, D. (2019). Meat consumption: Trends and quality matters. *Meat Science, 98*(3), 561–568. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.06.007

Holman, B. W. B., Kerry, J. P., & Hopkins, D. L. (2018). Meat packaging solutions to current industry challenges: A review. *Meat Science, 144*, 159–168. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.05.008

Ijaz, M., Li, X., Zhang, D., Hussain, Z., Ren, C., Bai, Y., & Zheng, X. (2020). Association between meat color of DFD beef and other quality attributes. Meat Science, 161, 107954. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107954

James, S. J., & James, C. (2002). Freezing of meat. In *Meat Refrigeration* (pp. 137-157). https://doi.org/10.1016/9781855736535.2.137

Jančić, D., Šuković, D., Rešetar, J., Delić, L., & Nikolić, M. (2022). Nutritional composition, biologically active substances and antioxidant activity of young spelt grass extract. JSFA Reports, 2(8), 385-397 https://doi.org/10.1002/jsf2.73

Klont, R. E., Barnier, V. M., Smulders, F. J., Van Dijk, A., Hoving-Bolink, A. H., & Eikelenboom, G. (1999). Post-mortem variation in pH, temperature, and colour profiles of veal carcasses in

relation to breed, blood haemoglobin content, and carcass characteristics. *Meat Science, 53*(3), 195–202.

Lawrie, R. A., & Ledward, D. A. (2006). *Lawrie's meat science* (7th ed.). Cambridge: Woodhead Publishing. https://doi.org/10.12691/jfnr-5-11-3

Lesiów, T., & Xiong, Y. L. (2024). Heat/Cold Stress and Methods to Mitigate Its Detrimental Impact on Pork and Poultry Meat: A Review. Foods, 13(9), 1333. https://doi.org/10.3390/foods13091333

Lonergan, S. M., & Marple, D. N. (2019). Meat microbiology and safety. In *The Science of Animal Growth and Meat Technology (2nd ed.)*. https://www.sciencedirect.com/book/9780128152775/the-science-of-animal-growth-and-meat-technology

Melnichuk, S. D., Yakubchak, O. M., Vlasenko, I. G., & Dovgan, V. V. (2009). The present-day aspects of evaluation of quality of meat. *Scientific Bulletin of LNUVMBT, 11*(2), 136–139.

Remenant, B., Jaffres, E., Dousset, X., Pilet, M. F., & Zagorec, M. (2015). Bacterial spoilers of food: Behavior, fitness and functional properties. *Food Microbiology, 45*, 45–53.

Rimm, E. B., Appel, L. J., Chiuve, S. E., Djoussé, L., Engler, M. B., Kris-Etherton, P. M., Mozaffarian, D., Siscovick, D. S., & Lichtenstein, A. H. (2018). Seafood Long-Chain n-3 Polyunsaturated Fatty Acids and Cardiovascular Disease: A Science Advisory from the American Heart Association. Circulation 138 (1). https://doi.org/10.1161/cir.0000000000000574

Rosa, A., Fonseca, R., Balieiro, J. C., Poleti, M. D., Domenech-Pérez, K., Farnetani, B., & Eler, J. (2016). Incidence of DFD meat on Brazilian beef cuts. Meat Science, 112, 132–133. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.08.074

Sadvari, V. Y., Shevchenko, L. V., Slobodyanyuk, N. M., Tupitska, O. M., Gruntkovskyi, M. S., & Furman, S. V. (2024). Microbiome of craft hard cheeses from raw goat milk during ripening. Regulatory Mechanisms in Biosystems, 15(3), 483–489. https://doi.org/10.15421/022468

Saraiva, C., Saraiva, S., Patarata, L., da Conceição Fontes, M., & Martins, C. (2023). Behaviour of Escherichia coli O157: H7 and Listeria monocytogenes in Normal and DFD Beef of an Autochthonous Portuguese Breed. *Foods*, *12*(7), 1420. https://doi.org/10.3390/foods12071420

Shange, N., Gouws, P., & Hoffman, L. C. (2019). Changes in pH, colour and the microbiology of black wildebeest (Connochaetes gnou) longissimus thoracis et lumborum (LTL) muscle with normal and high (DFD) muscle pH. Meat Science, 147, 13–19. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.08.021

Takač, V., Tóth, V., Rakszegi, M., Mikić, S., Mirosavljević, M., & Kondić-Špika, A. (2021). Differences in processing quality traits, protein content and composition between spelt and bread wheat genotypes grown under conventional and organic production. Foods, 10(1), 156.

Wirth, F. (1987). Technologie der Verarbeitung von Fleisch mit abweichender Beschaffenheit. *Fleischwirtschaft, 3*, 193–201. https://doi.org/10.3390/foods10010156

Zhang, X. X., Wang, H. H., Li, N., Li, M., & Xu, X. L. (2015). High CO_2-modified atmosphere packaging for extension of shelf-life of chilled yellow-feather broiler meat: A special breed in Asia. *LWT - Food Science and Technology, 64*, 1123–1129.

Zhu, Y., Wang, W., Li, M., Zhang, J., Ji, L., Zhao, Z., Zhang, R., Cai, D., & Chen, L. (2022). Microbial diversity of meat products under spoilage and its controlling approaches. *Frontiers in Nutrition, 9*. https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1078201

Отримано 17.12.2024 р., прийнято до друку 03.03.2025 р.

УДК 639.21/.22:597.551.4:613.2
https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2025.88

АФРИКАНСЬКИЙ СОМ (*CLARIAS GARIEPINUS*) ЯК ПЕРСПЕКТИВНА СИРОВИНА ДЛЯ ПРОДУКТІВ ЗДОРОВОГО ХАРЧУВАННЯ

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

Анотація. *У статті теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено доцільність використання африканського кларієвого сома (Clarias Gariepinus) в якості сировини для продуктів здорового харчування. Риба є одним із найцінніших продуктів харчування, багатий на поживні речовини, які позитивно впливають на здоров'я людини. В рибі містяться повноцінні білки, унікальні жирні кислоти, вітаміни та мінерали. Споживання риби сприяє профілактиці багатьох хвороб, підтримці оптимального функціонування організму та зміцненню імунітету. Регулярне вживання рибних продуктів зменшує ризик серцевих нападів, інфарктів, інсультів, онкологічних захворювань, підтримує здоров'я щитоподібної залози, нормальну вагу, стабільний рівень цукру в крові, має позитивний вплив на психічне здоров'я та зір. Актуальність дослідження обумовлена необхідністю пошуку нових джерел рибної сировини для продуктів здорового харчування, що відповідають сучасним тенденціям ринку. На основі літературних даних встановлено, що м'ясо африканського кларієвого сома характеризується високою харчовою, біологічною цінністю, низькою калорійністю, відсутністю рибного смаку та запаху, що визначає його переваги. Метою роботи є оцінка потенціалу африканського кларієвого сома, як сировини для рибних продуктів здорового харчування, на основі його техно-хімічних характеристик. В роботі використовували стандартні органолептичні, фізико-хімічні та хімічні методи досліджень. Досліджено органолептичні та техно-хімічні характеристики африканського кларієвого сома. Проаналізовано енергетичну цінність сировини. Результати органолептичного аналізу підтвердили високу якість сировини та її відповідність встановленим вимогам стандарту. На основі аналізу розмірно-масового складу, визначено, що сом характеризується високим виходом їстівних частин і низьким вмістом міжм'язових кісток, що є важливим для його технологічної обробки. За результатами досліджень хімічний складу, виявлено високий вміст білка, середній рівень жиру та незначну калорійність, що свідчить про високу харчову цінність м'яса африканського сома. Результати дослідження водоутримувальної здатності фаршу, вказують що вироби з африканського сома добре зберігатимуть форму, будуть соковитими та ніжними. Результати аналізу підтверджують цінність та можливість широкого використання африканського сома для виготовлення продуктів здорового харчування.*

Ключові слова: *африканський кларієвий сом, органолептичні показники, розмірно-масовий склад, хімічний склад, калорійність.*

UDC 639.21/.22:597.551.4:613.2

https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2025.88

AFRICAN CATFISH (CLARIAS GARIEPINUS) AS A PROMISING RAW MATERIAL FOR HEALTHY FOOD PRODUCTS

Yaroslav Kyslytsia
Postgraduate student
https://orcid.org/0009-0005-2223-8428
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
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,
03041, Heroiv Oborony Street, 15, Kyiv, Ukraine

Abstract. *The article theoretically substantiates and experimentally confirms the advisability of using African clarium catfish (Clarias Gariepinus) as raw materials for healthy food products. Fish is one of the most valuable foods, rich in nutrients that positively affect human health. Fish contains complete proteins, unique fatty acids, vitamins and minerals. Consumption of fish contributes to the prevention of many diseases, maintaining the optimal functioning of the body and strengthening immunity. Regular consumption of fish products reduces the risk of heart attacks, heart attacks, strokes, cancer, supports thyroid health, normal weight, stable blood sugar, has a positive effect on mental health and vision. The relevance of the study is due to the need to find new sources of fish raw materials for healthy food products that meet modern market trends. On the basis of literary data, it was established that the meat of the African clarium catfish is characterized by high nutritional, biological value, low calorie content, lack of fish taste and smell, which determines its advantages. The aim of the work is to assess the potential of the African clarium catfish as a raw material for fish products of healthy food, based on its techno-chemical characteristics. The work used standard organoleptic, physicochemical and chemical research methods. The organoleptic and techno-chemical characteristics of the African clarium catfish are investigated. The energy value of raw materials is analyzed. The results of organoleptic analysis confirmed the high quality of raw materials and their compliance with the established requirements of the standard. Based on the analysis of the size-mass composition, it was determined that the catfish is characterized by a high yield of edible parts and a low content of intermuscular bones, which is important for its processing. According to the results of studies of the chemical composition, a high protein content, an average level of fat and a slight calorie content were found, which indicates a high nutritional value of African catfish meat. The results of the study of the water-retaining ability of minced meat, indicating that products from African catfish will keep their shape well, will be juicy and tender. The results of the analysis confirm the value and possibility of widespread use of African catfish for the manufacture of healthy foods.*

Keywords: *African catfish, organoleptic indices, size and weight composition, chemical composition, caloric content*

ВСТУП. Сьогодні здорове харчування набуває глобальної актуальності, оскільки неправильне харчування є основною причиною багатьох захворювань, зокрема серцево-судинних, ожиріння, діабету тощо. У цьому контексті значна увага приділяється розробці продуктів з високою поживною цінністю, збалансованим складом макро- і мікроелементів, а також з низьким вмістом шкідливих речовин.

Риба – один із найцінніших продуктів харчування, багатий на поживні речовини, які позитивно впливають на здоров'я людини. Її споживання сприяє профілактиці багатьох хвороб, підтримці оптимального функціонування організму та зміцненню імунітету.

Багато досліджень виявили корисний зв'язок між споживанням рибних продуктів і здоров'ям людини. Наприклад, зниження ризику метаболічного синдрому та профілактика серцево-судинних захворювань (Baik et al., 2010; Siscovick et al., 2017).

Завдяки високому вмісту білка, корисних жирів і низькій калорійності, риба також сприяє підтримці нормальної ваги та стабільного рівня цукру в крові, що є важливим у боротьбі з метаболічним синдромом.

Крім того, дослідження свідчать про здатність компонентів риби допомагати у профілактиці онкологічних захворювань, зокрема раку товстої кишки та грудей.

Риба та рибні продукти є хорошими джерелами поліненасичених жирних кислот, необхідних мінералів і вітамінів, і становлять важливий компонент людського раціону, забезпечуючи майже 20 % середньодобового споживання тваринного білка для близько 3,1 мільярда людей (Tacon and Metian, 2017; Zang et al., 2018).

Омега-3 жирні кислоти, відомі своїми потужними протизапальними властивостями. Їхнє споживання пов'язують із численними перевагами для здоров'я, серед яких особливу увагу привертають позитивний вплив на серцево-судинну систему, психічне здоров'я та зір.

Вживання продуктів, багатих на омега-3, сприяє зниженню рівня тригліцеридів у крові, зменшенню нерегулярного серцебиття, нормалізації артеріального тиску. Доведено, що у людей, які їдять рибу 2–3 рази на тиждень, ризик серцевих нападів і інших кардіологічних ускладнень значно нижчий. Це підтверджують дослідження, які вказують на суттєве зменшення випадків інфарктів та інсультів у людей, які регулярно вживають рибу.

Омега-3 сприяють покращенню здоров'я сітківки ока, запобігаючи розвитку дегенерації макули, що особливо важливо для підтримки зору з віком.

У період вагітності вживання риби позитивно впливає на розвиток мозку та нервової системи плода завдяки Омега-3. У дітей вона сприяє здоровому росту та зміцненню імунітету.

Водночас жирні кислоти омега-3 позитивно впливають на когнітивні функції та психічний стан, про що свідчать дані з країн із традиційно високим рівнем споживання риби, таких як Тайвань, Японія та Гонконг, де рівень депресії значно нижчий. Так, дослідження M. Morris et al., (2016) підтвердили, що споживання рибних продуктів не лише асоціюється із захистом від деменції, але й має значну обернену кореляцію з річною поширеністю важкої депресії.

Крім того, попередні дослідження неодноразово повідомляли про більшу тривалість життя та нижчу частоту ожиріння в Японії порівняно зі США, що пояснюється вищим рівнем споживання риби на душу населення (Tacon and Metian, 2013).

Риба є багатим джерелом важливих вітамінів та мінералів, які відіграють ключову роль у підтримці здоров'я людини. Вітамін D, що міститься в рибі, сприяє покращенню засвоєння кальцію та фосфору, тим самим зміцнюючи кістки й зуби. Вітамін B12 необхідний для нормального функціонування нервової системи та процесів кровотворення, забезпечуючи стабільну роботу організму. Крім того, риба багата на йод і селен, які підтримують здоров'я щитоподібної залози, регулюють гормональний баланс і виступають антиоксидантами, що уповільнюють процеси старіння.

Риба є чудовим джерелом легкозасвоюваного білка, який містить усі необхідні амінокислоти. Це робить її ідеальним продуктом для відновлення тканин, побудови м'язів і підтримки імунної системи.

Недавні дослідження довели, що регулярне вживання риби знижує загальний рівень смертності. Наприклад, серед тих, хто їсть рибу один-два рази на тиждень, ризик смерті від усіх причин значно менший.

Отже, риба є надзвичайно корисним продуктом для всіх вікових груп, допомагаючи запобігти багатьом захворюванням і підтримувати загальне здоров'я (Appleton et al., 2010).

Актуальність дослідження обумовлена необхідністю пошуку нових джерел рибної сировини для продуктів здорового харчування, що відповідають сучасним тенденціям ринку, зокрема збільшенню споживання продуктів з високим вмістом білка та низькою калорійністю. Африканський кларієвий сом (Clarias gariepinus), завдяки своїм харчовим властивостям та економічній доступності, є перспективним об'єктом для досліджень у цій сфері.

Африканський сом є однією з найважливіших аквакультурних риб у світі. Його розведення активно розвивається у багатьох країнах, включаючи Нігерію, Китай, В'єтнам, Нідерланди та інші. Унікальні властивості цієї риби, зокрема високий вміст білка, ненасичених жирних кислот та низький рівень жиру, роблять її цінною сировиною для виробництва продуктів здорового харчування.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ – оцінка потенціалу африканського кларієвого сома, як сировини для рибних продуктів здорового харчування, на основі його техно-хімічних характеристик.

Завдання дослідження:

- провести органолептичну оцінку живого африканського кларієвого сома, згідно вимог стандарту;
- визначити розмірно-масові характеристики сировини;
- дослідити хімічний склад та оцінити калорійність м'яса африканського кларієвого сома;
- розробити рекомендації щодо використання африканського кларієвого сома у технології рибних продуктів, в тому числі для здорового харчування.

Наукова новизна роботи полягає у комплексному підході до аналізу харчової цінності африканського сома та розробці технологічних рішень, спрямованих на створення нових продуктів для здорового харчування.

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ. Африканський сом (Clarias gariepinus) — комерційно важливий вид тропічних риб, поширений у аквакультурі Європи, Азії та Південної Америки, з основним виробництвом у країнах Африки (91 % обсягів, лідер — Нігерія). Світове виробництво становить 231 090 тонн на суму понад 674 мільйони доларів США.

Ця всеїдна риба відзначається гнучкістю в харчуванні, швидким ростом і хорошою засвоюваністю кормів, які містять 33-38 % протеїну і 10-12 % ліпідів. Завдяки надзябровому органу сом може дихати повітрям, витримувати посуху та вирощуватися у щільних умовах (200–400 кг/м³), зберігаючи добробут і продуктивність. Умови утримання передбачають слабке освітлення для зменшення активності, агресивності й травматизму, що позитивно впливає на загальну ефективність виробництва(Olopade et al., 2023).

Дослідження (Gebremichael et al., 2023) вказують на високу енергетичну цінність сома, яка задовольняє до 4-5 % добової потреби в енергії навіть при споживанні 100 грамів продукту.

Інші дослідження (Rosa et al., 2007) підтверджують, що розведення африканського сома є екологічно ефективним, що відповідає сучасним принципам сталого розвитку. Зокрема, мінімальні вимоги до корму, здатність до швидкого росту та адаптація до різних умов вирощування є важливими факторами популяризації цього виду у промисловому масштабі.

Африканський кларієвий сом – це не тільки смачна, але й надзвичайно корисна риба для здоров'я людини. Вона поєднує в собі високу харчову цінність, багатий склад поживних речовин і легкість у приготуванні (Adebisi et al., 2019).Це робить її універсальним продуктом, який можна включити до раціону людей різного віку та з різними дієтичними потребами.

Філе африканського сома є чудовим джерелом білка. У 100 грамах цієї риби міститься близько 17–20 грамів високоякісного білка, що є важливим компонентом для здоров'я.

Омега-3 жирні кислоти, які містяться в африканському соми, важливі не тільки для дорослих, але й для дітей. Вони сприяють розвитку мозку, покращують пам'ять, концентрацію та зір. У вагітних жінок ці кислоти допомагають правильно розвиватися нервовій системі

плода. Тому сом є корисним продуктом не лише для дорослих, але й для маленьких дітей, а також для жінок під час вагітності (Morris et al., 2016).

Ще однією перевагою цього продукту є наявність важливих вітамінів та мінералів. Вітаміни групи В, зокрема вітамін В12, підтримують функціонування нервової системи та беруть участь у кровотворенні. Вітамін D, який міститься в сомі, сприяє засвоєнню кальцію і фосфору, що в свою чергу зміцнює кістки та зуби. Також риба багата на фосфор, магній та селен, які виконують важливі функції у організмі. Фосфор підтримує здоров'я кісток, магній регулює м'язову діяльність і знижує стрес, а селен виступає як потужний антиоксидант, захищаючи клітини від пошкоджень.

Кларієвий сом є також ідеальним продуктом для людей, які дотримуються дієтичного харчування або намагаються зберегти здорову вагу. Його калорійність складає всього 120–140 ккал на 100 грамів, що робить його чудовим вибором для тих, хто бажає знизити споживання калорій.

Африканський сом має низький рівень токсичних речовин, завдяки тому, що вирощується в контрольованих умовах. Вирощений у спеціальних умовах аквакультури, цей вид риби містить мінімальні рівні важких металів і пестицидів, що робить його безпечним для споживання навіть для дітей і вагітних жінок. Це важлива перевага, адже риба, виловлена в природних водоймах, може містити шкідливі речовини, що накопичуються через забруднення води.

Крім того, африканський сом дуже універсальний у кулінарії. Завдяки ніжному м'ясу та відсутністю характерного рибного запаху його можна смажити, запікати, тушкувати або додавати в супи. Сом добре поєднується з різними гарнірами, овочами і спеціями, що дає змогу створювати різноманітні смачні та корисні страви.

Таким чином, африканський кларієвий сом є не тільки смачним, але й корисним продуктом для здоров'я. Його багатий склад поживних речовин, низька калорійність і безпечність роблять його важливою частиною здорового харчування для людей різного віку та з різними дієтичними потребами. Включення цього виду риби в раціон сприяє підтримці здоров'я серця, зміцненню кісток, поліпшенню функцій нервової системи та забезпечує організм важливими вітамінами і мінералами (FAO, 2010).

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ. Для дослідження використовували рибу живу африканський кларієвий сом *(Clarias gariepinus)* осіннього вилову, яка була вирощена у водосховищах поблизу смт. Гребінки, Київської області.

Органолептичну оцінку якості проводили згідно з ДСТУ 2284 : 2010 «Риба жива. Загальні технічні вимоги».

Визначення розмірного і масового складу африканського сома проводили згідно з ГОСТ 1368-2003 Риба. Довжина і маса.

Дослідження хімічного складу проводили стандартними методами. Масову частку вологи − методом висушування зразка продукту до постійної маси у сушильній шафі СНОЛ (Лабимпекс ЛТД, Україна) за температури 100-105 ºС, згідно ДСТУ 8029 : 2015. Масову частку золи – ваговим методом, після мінералізації наважки продукту в муфельній печі СНОЛ (Лабимпекс ЛТД, Україна) за температури 500-600 °С, згідно з ДСТУ 8718 : 2017. Масову частку ліпідів − екстракційно-ваговим методом Сокслета згідно з ДСТУ 8718 : 2017 на апараті SOX 406 Fat Analyzer (Hanon Instruments, Китай). Масову частку білка − визначенням загального азоту за методом Кьельдаля, який базується на здатності органічної речовини проби продукту окислюватися концентрованою сірчаною кислотою в присутності каталізатора за ДСТУ 8030:2015, водночас озолення зразків проводили на дігесторі DK6 (Velp Scientifica, Італія) з вакуумним насосом JP, відгонку здійснювали на апараті для перегонки з парою UDK 129 (Velp Scientifica, Італія).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ. Якість та споживчі переваги рибної сировини обумовлені її органолептичними показниками. Органолептична оцінка якості живого африканського кларієвого сома наведена в таблиці 1.

Таблиця 1. Органолептичні показники живого кларієвого сома

Показники	Вимоги
Стан риби	Риба, що проявляє ознаки життєдіяльності, природно рухає тілом, щелепами, плавцями, зябровими кришками та плаває спиною вгору. Здорова, без ознак хвороб.
Слиз	Виділяється досить багато, прозорий, без домішок крові.
Шкіра	Туга, має природне забарвлення, властиве для даного виду риби, щільно прилягає до м'яза. Без пошкоджень.
Плавці	Природної форми та забарвлення. Оторочка плавців рівна, наявні не значні розтини вздовж плавцевих променів.
Зябра	Покриті тягучим, чистим, прозорим слизом. Колір яскраво-рожевий або блідий червонястий, без мозаїчного малюнка.
Очі	Загалом опуклі, рогівка прозора, райдужна оболонка забарвлена відповідно до даного виду риби.
Черево	Має характерну для даного виду риби форму, не випнуте, не запале, не рване, без плям.
Анальний отвір	Не опуклий, без помітних почервонінь. Щільно закритий, без витікання рідини.
М'язова тканина	Щільна, пружна. При натисканні ямка, що утворилася, швидко і повністю відновлюється, важко відокремлюється від кісток, на розрізі має колір, характерний для кларієвого сома
Нутрощі при розтині	Чітко помітні, легко відокремлюються один від одного, без запаху
Запах і смак	Властивий живій рибі, без сторонніх запахів. У разі варіння запах і смак властивий даному виду риби, без яскраво вираженого рибного смаку й аромату. Відсутні мулистий, гнилісний, бензиновий, ацетоновий та інші запахи та присмаки. Бульйон прозорий, з краплями жиру на поверхні.
Колір	Природне темно-сіре забарвлення, властиве даному виду риби.

Джерело: розроблено автором на основі досліджень згідно ДСТУ 2284:2010.

Дані таблиці 1 свідчать про відповідність показників встановленим вимогам, що підтверджує доброякісність сировини. Відсутність яскраво виражених рибних присмаку й запаху, зумовлює доцільність використання африканського сома для приготування різноманітних продуктів та страв.

Технологічні властивості рибної сировини визначаються її даними розмірно-масового складу. З метою встановлення виходу їстівних частин та обрання раціональних способів оброблення, визначено розмірно-масові характеристики африканського сома. Розмірний склад наведений у таблиці 2.

Згідно з нормативно-технічною документацією, сом довжиною 53 см і більше − це велика риба, довжиною менше 53 см − дрібна риба, тому досліджувані зразки африканського сома є великою рибою. Так як риба є великою, її обов'язково потрібно розбирати для видалення нутрощів. Доцільно застосовувати такі види розбирання: пласт, повздовжні половини, тушка та балик.

Таблиця 2. Розмірний склад африканського сома

Показник	L, см
Довжина:	
Зоологічна (абсолютна) довжина	68± 0,5
Промислова довжина	61± 0,3
Довжина хвостового плавника	7± 0,2
Довжина тушки	43± 0,3
Висота тіла риби	9,8± 0,2
Товщина тіла риби	13± 0,2

Джерело: розроблено автором.

Для визначення виходу їстівних частин, досліджено масовий склад африканського сома. Масовий склад риби залежить від її статі, фізіологічного стану, пори року та інших факторів. Результати дослідження масового складу африканського сома представлені у таблиці 3.

Таблиця 3. Масовий склад африканського сома

Частини риби	Масова частка	
	г	%
Цілої риби	3335,2 ± 0,3	100
Риби без плавників	3296,3 ± 0,4	98,83
Риби без нутрощів	3215,7 ± 0,9	96,41
Без голови разом з плечовими кістками	2116,8 ± 0,3	63,46
Двох половинок	1 433,9 ± 0,3	42,99
Двох половин без черевних частин	1 360,8 ± 0,4	40,80
Голови	1 098,90 ± 0,4	32,95
Плавників	38,9 ± 0,4	1,17
Нутрощів	80,6 ± 0,9	2,42
Зябра	185,7 ± 0,4	5,57
Зябра з частинками нутрощів	198,2 ± 0,5	5,94
Кісток	226,9 ± 0,7	6,80
Ікри	400 ± 0,3	11,99
Черевних частин	70,4 ± 0,4	2,11
Вихід	1433,9 ± 0,5	42,99
Відходи	1901,3 ± 0,5	57,01

Джерело: розроблено автором.

Результати дослідження підтверджують відповідність маси сировини вимогам ДСТУ 2284 : 2010, згідно з яким сом африканський кларієвий, вирощений в умовах рибницьких господарств, за масою має бути не менше 350 г. Аналіз даних таблиці 2 показав, вихід чистого філе становить 42,99 %. Внутрішні органи у сомів займають до 10 % від маси риби. Високий відсоток виходу їстівних частин та мала кількість міжм’язових кісток підтверджує доцільність виготовлення з африканського сома різних видів продукції.

Харчова цінність м'яса африканського сома обумовлена його хімічним складом. Результати дослідження вмісту вологи, білка, жиру та золи наведені на рисунку 1.

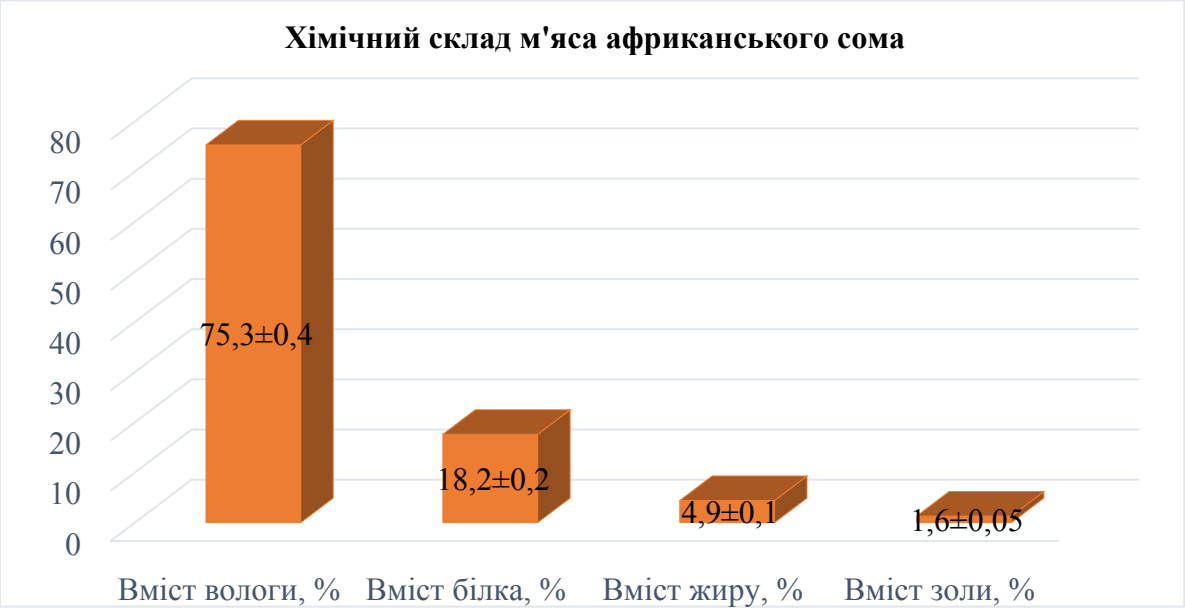


Рисунок 1. Хімічний склад м'яса африканського сома
Джерело: розроблено автором.

Дослідження хімічного складу м'яса африканського сома показали, що африканський сом є білковою сировиною середньої жирності.

Масова частка білка становить 18,2 %. Білок необхідний для відновлення тканин, підтримки м’язової маси та зміцнення імунної системи. Цей білок також легко засвоюється, що робить його ідеальним для людей, які потребують додаткових джерел цього важливого нутрієнта в раціоні.

Низький уміст жиру в сомі 4,9 % дозволяє вживати його в їжу людям з діабетом, а також тим, хто прагне контролювати рівень холестерину в крові.

Відомо, що в ліпідах африканського сому присутні поліненасичені жирні кислоти, зокрема Омега-3 та Омега-6. Ці корисні жири мають важливе значення для здоров’я серцево-судинної системи, адже вони допомагають знижувати рівень "поганого" холестерину в крові та зменшують ризик розвитку атеросклерозу, інсультів і серцевих нападів. Омега-3 жирні кислоти також сприяють поліпшенню стану шкіри, зменшенню запальних процесів у організмі та покращенню загального самопочуття (Oksuz et al., 2008).

Енергетична цінність відображає кількість енергії, яку надають організму білки і жири, що знаходяться в продукті. Калорійність африканського кларієвого сома становить 116,9 кКал на 100 г продукту. Добова потреба в енергії для жінок складає 2200 кКал, для чоловіків – 2800 кКал. Це свідчить про те, що споживання 100 г м'яса африканського кларієвого сома забезпечує близько 4–5 % добової потреби в енергії для жінок та 3–4 % для чоловіків. Ступінь забезпечення організму енергією відповідно до добової потреби для жінок і чоловіків при споживанні м'яса африканського кларієвого сома відображено на рисунку 2.

Це свідчить, що африканський сом не є основним джерелом енергії, але може стати корисним доповненням до збалансованого раціону завдяки вмісту поживних речовин. Більший відсоток забезпечення для жінок пояснюється нижчою добовою калорійною потребою у порівнянні з чоловіками. Африканський сом ідеальний вибір для тих, хто хоче включити в раціон здорові та легкі страви, не відмовляючись від смачної їжі.

Одним із показників якості м'язової тканини є вологоутримуюча здатність, яка визначає текстуру та соковитість готової продукції. Дослідження вологоутримуючої здатності м’яса представлені на рисунку 3.

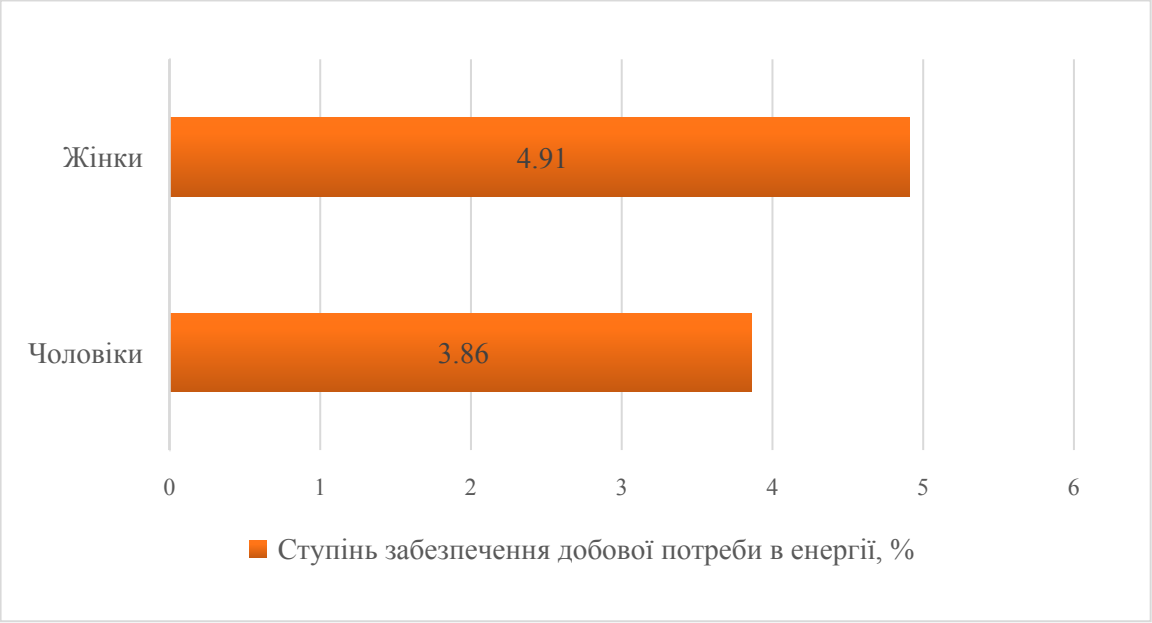


Рисунок 2. Ступінь забезпечення добової потреби в енергії (100 г африканського сома)

Джерело: розробка автора.

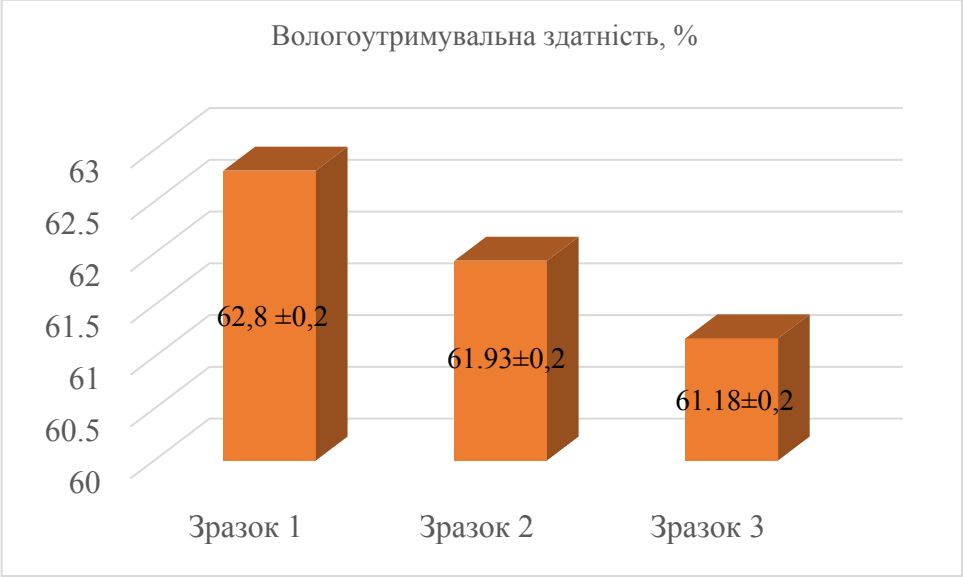


Рисунок 3. Вологоутримувальна здатність м'яса африканського сома: зразок 1 – свіжий; зразок 2 – охолоджений; зразок 3 – дефростований

Джерело: розробка автора.

Аналіз даних рисунку 3 свідчить про високу водоутримувальну здатність фаршу, тому вироби з африканського сома добре зберігатимуть форму, будуть соковитими та ніжними (Ernawati et al., 2021).

Результати наших досліджень доповнюють висновки вчених (Rosa et al., 2007; Bal et al., 2023), які акцентуються на інноваційних підходах у переробці риби та пошуку альтернативних сировинних ресурсів. Важливим є також спільний підхід до аналізу сучасного стану рибної промисловості, включаючи розвиток аквакультури, як перспективного напряму, в тому числі вирощування африканського кларієвого сома.

У попередніх дослідженнях A. Menchynska et al., (2024) теоретично обґрунтовано й експериментально підтверджено доцільність використання африканського кларієвого сома в якості сировини для виготовлення рибних ковбасних виробів. Визначення розмірно-масового складу показали високий вихід філе та незначну кількість міжм'язових кісток, проте для експериментів було відібрано лише дрібну рибу. Науковцями показано високу здатність білків м'язових тканин утримувати воду, яка зумовлює відповідну структуру та консистенцію ковбас, що підтверджено результатами висвітленими в іншій публікації цих авторів (Menchynska et al., 2024).

Дослідження зазначених вище авторів ґрунтуються на визначенні технологічної придатності дрібного африканського сома саме для виготовлення рибних сирокопчених ковбас. Це зумовило необхідність уточнення та узагальнення техно-хімічних показників сировини різних розмірних груп у нашій роботі. Результатами наших досліджень також підтверджено високі органолептичні показники сировини, зокрема відсутність яскраво вираженого рибного запаху, що є перевагою для розширення використання цієї риби для виготовлення різноманітних продуктів. Підкреслено важливість встановлення виходу їстівних частин сировини, залежно від розмірно-масових характеристик, для вибору раціональних способів її оброблення та оптимізації технологічних процесів.

Дослідження A. Gebremichael et al., (2023) також акцентують увагу на хімічних та фізичних властивостях африканського сома. Їх результати узгоджуються з нашими даними щодо виходу їстівних частин, що становить понад 42 %, та високої вологоутримувальної здатності, яка сприяє збереженню якості продукції під час обробки.

У результаті досліджень хімічного складу м'яса африканського сома науковцями (Bal, 2024; Menchynska et al., 2024) встановлено високий вміст білка та середній вміст жиру, що узгоджується з результатами наших досліджень. Незначні відмінності результатів хімічного складу наших експериментів та досліджень інших вчених (Adebisi et al., 2019; Gebremichael et al., 2023) пояснюються варіюванням показників залежно від розміру, віку, живлення, умов проживання та інших факторів. Це підтверджує актуальність та практичну цінність представленої роботи.

Автори наукових рукописів (Ernawati et al., 2021; Olopade et al., 2023) вивчали вплив процесів копчення на поживну цінність африканського сома. Зосереджувались на впливі технологій копчення на фізико-хімічні властивості сировини. В їх дослідженнях підтверджено збереження біологічно активних компонентів під час термічного оброблення. У нашій роботі також підтверджується важливість вибору оптимальних умов оброблення для збереження харчової цінності сировини. Наші результати узгоджуються з їх висновками щодо покращення органолептичних властивостей при використанні сучасних методів оброблення та розкривають перспективи подальших досліджень.

Загальною рисою згаданих в обговоренні наукових праць є акцент уваги на оцінці якості сировини, що забезпечує конкурентоспроможність продукції на ринку. Результати наших досліджень уточнюють та конкретизують органолептичні, техно-хімічні характеристики африканського кларієвого сома, що дозволяє визначити оптимальні напрями для його використання у харчовій промисловості.

Отримані результати підтверджують важливість застосування нових підходів до оброблення рибної сировини для підвищення її якості. Порівняння з результатами інших вчених дозволяє краще зрозуміти ключові напрями розвитку галузі та визначити перспективні області для подальших досліджень.

ВИСНОВКИ. На основі теоретичних та експериментальних досліджень встановлено, що африканський кларієвий сом є перспективною сировиною для виробництва продуктів здорового харчування завдяки його високій харчовій цінності та технологічній придатності.

Дослідження органолептичних показників сировини підтвердили відповідність вимогам стандарту. Відмічено нейтральний смак і аромат, що дозволяє використання африканського сома для різних харчових продуктів.

У результаті дослідження розмірно-масового складу встановлено високий відсоток виходу їстівних частин та малу кількість міжм'язових кісток. Зокрема вихід філе складає 42,99 %.

Дослідження хімічного складу свідчать, що м'ясо африканського сома є багатим джерелом білка (18,2 %), який легко засвоюється, що робить його особливо корисним для дітей, вагітних жінок і людей, які потребують додаткового білка у раціоні. Низький вміст жиру (4,9 %) та калорійність (116,9 кКал) дає можливість включати цю рибу до дієтичних програм, спрямованих на контроль ваги та зниження рівня холестерину.

Висока вологоутримувальна здатність підтверджують технологічну придатність африканського сома для виготовлення різноманітних продуктів.

Отже, африканський кларієвий сом має значний потенціал для інтеграції в сучасні програми збалансованого харчування та може стати одним із ключових компонентів продуктів здорового харчування.

References

Adebisi, O. F., & Oshibanjo, O. D. (2019). Effect of heat source on the physio-chemical evaluation and sensory evaluation of African catfish (Clarias gariepinus). *International Journal of Research and Scientific Innovation*, 6(4), 309–312. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24757.73443

Appleton, K. M., Rogers, P. J., & Ness, A. R. (2010). Updated systematic review and meta-analysis of the effects of n-3 long-chain polyunsaturated fatty acids on depressed mood. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 91(3), 757–770. https://doi.org/10.3945/ajcn.2009.28313

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.2010.04.013

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

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), 9–25. https://doi.org/10.31548/animal.4.2023.09

Ernawati, E., Adam, M. A., Widiastuti, I. M., & Insivitawati, E. (2021). Physical and chemical characterization of African catfish smoked sausage with different liquid smoke concentrations and immersion durations. *E3S Web of Conferences*, 322, Article 04001. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202132204001

Food and Agriculture Organization of the United Nations, & World Health Organization. (2010). Report of the Joint FAO/WHO Expert Consultation on the Risks and Benefits of Fish Consumption. *FAO Fisheries and Aquaculture Report No. 978*.

Gebremichael, A., Szabó, A., Sándor, Z. J., Nagy, Z., Ali, O., & Kucska, B. (2023). Chemical and physical properties of African catfish (Clarias gariepinus) fillet following prolonged feeding with insect meal-based diets. *Journal of Aquatic Food Product Technology, 2023.* https://doi.org/10.1155/2023/6080387

Menchynska, A., Manoli, T., Ivaniuta, A., Ochkolias, O., & Stepanova, V. (2024). Quality characteristics of fish sausages made from African catfish (Clarias gariepinus). *Animal Science and Food Technology*, 15(1), 74–90. https://doi.org/10.31548/animal.1.2024.74

Menchynska, A.A., Ivanyuta, A.A., Ochkolyas, O.M. (2024). The use of African catfish (Clarias Gariepinus) in the technology of fish sausage products. *Bulletin of the Lviv University of Trade and Economics. Technical Sciences*, 39, 5-12

Morris, M. C., Brockman, J. A., Schneider, J. A., Wang, Y., Bennett, D. A., Tangney, C. C., & van de Rest, O. (2016). Association of seafood consumption, brain mercury level, and APOE epsilon 4 status with brain neuropathology in older adults. *JAMA*, 315(5), 489–497. https://doi.org/10.1001/jama.2015.19451

Olopade, O. A., Dienye, H. E., Denson, G. C., & Onyekwere, V. C. (2023). Effects of smoking processes on the nutritional value of cultured catfish (Clarias Gariepinus). *Food and Environment Safety Journal*, 22(1), 71–78. https://doi.org/10.4316/fens.2023.007

Oksuz, A., Evrendilek, G. A., Calis, M. S., & Ozeren, A. (2008). Production of a dry sausage from African catfish (Clarias gariepinus, Burchell, 1822): Microbial, chemical and sensory evaluations. *International Journal of Food Science and Technology*, 43(1), 166–172. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01418.x

Rosa, R., Bandarra, N. M., & Nunes, M. L. (2007). Nutritional quality of African catfish (Clarias gariepinus, Burchell 1822): A positive criterion for the future development of the European production of Siluroidei. *International Journal of Food Science and Technology*, 42(3), 342–351. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01256.x

Siscovick, D. S., Barringer, T. A., Fretts, A. M., Wu, J. H., Lichtenstein, A. H., Costello, R. B., Kris-Etherton, P. M., Jacobson, T. A., Engler, M. B., Alger, H. M., et al. (2017). Omega-3 polyunsaturated fatty acid (fish oil) supplementation and the prevention of clinical cardiovascular disease: A science advisory from the American Heart Association. *Circulation*, 135(15), e867–e884.

Tacon, A. G., & 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

Tacon, A. G. J., & Metian, M. (2017). Food matters: Fish, income, and food supply—a comparative analysis. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 26(1), 15–28. https://doi.org/10.1080/23308249.2017.1328659

Zang, J., Xu, Y., Xia, W., Jiang, Q., Yang, F., & Wang, B. (2018). Phospholipid molecular species composition of Chinese traditional low-salt fermented fish inoculated with different starter cultures. *Food Research International*, 111, 87–96. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.05.016.

Отримано 27.12.2024 р., прийнято до друку 04.03.2025 р.

УДК 004.8:641/642
https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2025.100

МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В НУТРИЦІОЛОГІЇ

Олександр Аркадійович Мартинчук,
кандидат медичних наук
https://orcid.org/0000-0002-8575-5589
Національний університет біоресурсів і природокористування України,
03041, вул. Героїв Оборони15, м. Київ, Україна
Лариса Вацлавівна Баль-Прилипко
доктор технічних наук
https://orcid.org/0000-0002-9489-8610
Національний університет біоресурсів і природокористування України,
03041, вул. Героїв Оборони15, м. Київ, Україна
Олег Віталійович Швець,
кандидат медичних наук
https://orcid.org/0000-0002-1434-4344
Національний університет біоресурсів і природокористування України,
03041, вул. Героїв Оборони15, м. Київ, Україна
Альона Борисівна Альтанова,
кандидат педагогічних наук
https://orcid.org/0000-0002-2783-4932
Національний університет біоресурсів і природокористування України,
03041,вул. Героїв Оборони15, м. Київ, Україна

Анотація. *Останнім часом відбувається хвилеподібне зростання інтересу до потенціалу штучного інтелекту (ШІ) практично у всіх галузях науки і техніки. Враховуючи цей тренд, слід зазначити, що наявні алгоритми машинного навчання перебувають на стадії постійного розвитку та вдосконалення. Вони є залежними від сателітних технологій, що дозволяють якісно збирати необхідну для подальшого аналізу інформацію. Цілком зрозуміло, що сучасні моделі ШІ володіють не тільки перевагами, а й недоліками, що динамічно змінюються. Можливості застосування ШІ потребують подальшого вивчення, модернізації та оцінки з точки зору практичної цінності. В нашій роботі ми сконцентрувались на поточних можливостях застосування ШІ в нутриціології, зокрема у контексті формування персоніфікованих дієтичних рекомендацій, оптимізації здоров'я та підтримки наукових досліджень. Розуміючи потенціал ШІ для вдосконалення роботи нутриціологів та покращення впливу на показники здоров'я людини ми спробували відокремити перспективні аспекти використання цієї технології від реального стану речей.*

Метою дослідження став аналіз сучасних технологій і методів ШІ для оцінки їхнього впливу на розвиток нутриціології, окресленні переваг і обмежень технологій, а також перспектив подальшого використання.

Методи дослідження включали систематичний аналіз наукових джерел, огляд сучасних технологій і моделей ШІ, що активно використовуються для персоналізації харчування. Особлива увага приділялася можливостям комп'ютерного зору, алгоритмів глибокого машинного навчання та носимих пристроїв для аналізу поживної цінності їжі, моніторингу харчових звичок та адаптації дієтичних рекомендацій. Отримані результати свідчать, що ШІ здатен покращити якість збору та аналізу інформації про фактичне харчування людей, в тому числі шляхом нівелювання «людського чиннику». До переваг також слід віднести його здатність підвищити рівень персоналізації харчування та можливість виявляти тригери нездорової харчової поведінки, з подальшим формуванням рекомендацій

щодо корекції. У взаємодії із носимими пристроями ця технологія дозволяє проводити динамічне коригування дієти. Тим не менш, технологія залишається залежною від прогресу у розвитку носимих пристроїв, потребує уніфікованих підходів та алгоритмів використання.

Практична цінність роботи полягає у формуванні критичного відношення до можливостей імплементації цієї технології у практичну та наукову діяльність фахівців у галузі нутриціології.

***Ключові слова**: алгоритми машинного навчання, персоналізовані дієтичні рекомендації, харчова поведінка, оптимізація здоров'я, етичні стандарти*

UDC 004.8:641/642
https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2025.100

POTENTIAL APPLICATIONTS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN NUTRITION SCIENCE

Oleksandr Martynchuk,
Candidate of Medical Sciences
https://orcid.org/0000-0002-8575-5589
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
03041, Heroiv Oborony Street, 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,
03041, Heroiv Oborony Street, 15, Kyiv, Ukraine
Oleg Shvets,
Candidate of Medical Sciences
https://orcid.org/0000-0002-1434-4344
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
03041, Heroiv Oborony Street, 15, Kyiv, Ukraine
Alona Altanova,
Candidate of Pedagogical Sciences
https://orcid.org/0000-0003-4999-1602
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
03041, Heroiv Oborony Street, 15, Kyiv, Ukraine

***Abstract.** Recently, there has been a wave-like surge in interest regarding the potential of artificial intelligence (AI) across nearly all fields of science and technology. Given this trend, it is important to note that existing machine learning algorithms are in a constant state of development and refinement. These algorithms are dependent on satellite technologies that enable high-quality collection of data necessary for further analysis. It is clear that current AI models possess not only advantages but also dynamically evolving limitations. The application possibilities of AI require further research, modernization, and assessment from a standpoint of practical value.*

In our study, we focused on the current possibilities of AI in the field of nutrition, specifically in the context of developing personalized dietary recommendations, optimizing health, and supporting scientific research. Recognizing the potential of AI to enhance the work of nutritionists and improve health outcomes, we aimed to distinguish the promising aspects of this technology from its current realities.

The objective of this research was to analyze contemporary AI technologies and methods to assess their impact on the development of nutrition science, outline the advantages and limitations of these technologies, and explore prospects for further use. The research methods included a systematic review of scientific sources, an overview of modern AI technologies and models actively employed for nutrition personalization. Particular attention was given to the capabilities of computer

vision, deep machine learning algorithms, and wearable devices in analyzing the nutritional value of food, monitoring dietary habits, and adapting dietary recommendations.

The results indicate that AI can significantly enhance the quality of data collection and analysis regarding actual human nutrition, including by minimizing the "human factor." Advantages also include its ability to increase the level of dietary personalization and to identify triggers of unhealthy eating behaviors, with recommendations for correction. In conjunction with wearable devices, this technology allows for dynamic diet adjustments. However, the technology remains dependent on advancements in wearable device development and requires standardized approaches and algorithms for its application.

The practical value of this study lies in fostering a critical approach to the potential for implementing this technology in both the practical and scientific work of nutrition specialists.

***Keywords**: machine learning algorithms, personalized dietary recommendations, eating behavior, health optimization, ethical standards*

ВСТУП. З кожним днем людство все більше занурюється у світ цифрових технологій. Жодна галузь науки, техніки, повсякденного життя вже не може існувати без відповідного програмного забезпечення, комп'ютерних інновацій, хмарних сервісів, аналізу великих об'ємів даних. Такі можливості створили умови до якісних проривів та стрибків як у науковому, так і в практичному напрямках. Проте до відносно недавнього часу за кожним таким рішенням, програмою, алгоритмом і кодом стояла виключно певна людина з її інтелектуальним потенціалом. Зараз ми є свідками того, як швидко цей процес еволюціонував, а звичайні здібності окремих людей доповнились можливостями штучного інтелекту (ШІ) (Joshi et al., 2024).

Завдяки цьому ми отримали захоплюючі перспективи, зокрема, в нутриціології, з виходом на принципово новий рівень персоналізації дієт та покращення здоров'я населення. Адже забезпечуючи обробку великих обсягів даних, алгоритми машинного навчання здатні зробити прорив у розробці індивідуальних рекомендацій шляхом залучення генетичних, мікробіомних і фізіологічних характеристик людини (Shajari et al., 2023). ШІ також активно застосовується і для оцінки харчових звичок, рівня фізичної активності та способу життя (Springer, 2023). Постійно зростає роль носимих пристроїв, які дозволяють відстежувати фізіологічні параметри в реальному часі, що значно покращує точність рекомендацій та їхню адаптивність до змін стану здоров'я (Sak & Suchodolska, 2021).

Ми отримали потенціал для прогнозування ризиків розвитку аліментарно-залежних захворювань, таких як діабет і серцево-судинні хвороби, а також для покращення загального здоров'я через корекцію харчування (Albracht-Schulte et al., 2024). Завдяки технології ШІ, ми отримуємо «безпрецедентні можливості» для підвищення рівня професійної кваліфікації, пом'якшення людських обмежень, таких як втома та відсутність зосередженості, а також уникнення небезпеки механічної помилки (Matheny et al., 2020). Оцифровка даних, пов'язаних зі здоров'ям, і швидке поширення компліментарних технологій створюють умови для трансформації та прогресу у використанні штучного інтелекту в охороні здоров'я в цілому та нутриціології зокрема (Topol et al., 2019; Hashimoto et al., 2018; Mayo & Leung, 2018).

Незважаючи на такий футуристичний прогноз, залишається багато питань як до самої технології, так і до можливостей її імплементації на теперішній час. Зростання рівня поширеності технології ШІ формує потребу у безперервному оновленні і вдосконаленні знань та уявлень в цій галузі. Інші виклики торкаються сфери конфіденційності даних, алгоритмічної упередженості та етичних питань (Sosa-Holwerda et all., 2024).

Отже, ми маємо справу із технологією, що постійно розвивається, має важливе значення для нутриціології, як в практичному, так і в науковому сенсі. Її можливості багатовекторні. Проте вона все ще дуже далека від досконалості і не є абсолютно уособленою, маючи пряму залежність від асоційованих пристроїв (Taiki Miyazawa et al., 2022).

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ стало проведення всебічного огляду досліджень та доступних літературних джерел для оцінки поточних можливостей ШІ в нутриціології,

визначення основних напрямів розвитку, переваг і недоліків застосування алгоритмів машинного навчання, етичних викликів, пов'язаних із використанням персональних даних, та перспектив розвитку.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ. Для вивчення можливостей штучного інтелекту в нутріології нами було застосовано методи аналізу та систематизації наукових джерел. Основний акцент робився на вивченні та оцінці сучасних технологій, платформ і моделей ШІ, що мають наукове та практичне значення для персоналізації харчування та покращення стану здоров'я.

Дослідження складалось з кількох послідовних етапів:

1. Пошук і відбір наукових джерел. Так, для пошуку оглядових досліджень та наукових статей, нами використовувались бази даних PubMed, Scopus та Google Scholar за період із 2010 до 2024 року. Пошукові запити формулювались так: «штучний інтелект у нутриціології», «комп'ютерний зір», «персоналізоване харчування», «алгоритми машинного навчання», «аналіз мікробіому», «генетичні відмінності», «носимі сенсори для моніторингу здоров'я» та «етичні стандарти». У результаті було відібрано понад 160 статей, із яких 138 найбільш релевантних було включено до огляду.

2. Огляд і аналіз існуючих рішень. У межах проведеного дослідження вивчались наявні комерційні та науково-дослідницькі рішення, що використовують штучний інтелект для аналізу поживної та енергетичної цінності їжі, розробки персоніфікованого раціону, динамічної адаптації харчування із збереженням балансу макро- та мікронутрієнтів.

3. Інтеграція додаткових даних. Окрема увага приділялась можливостям інтеграції даних про мікробіом, генетичні особливості людини для створення індивідуальних рекомендацій щодо харчування.

4. Вивчення можливостей алгоритмів глибокого машинного навчання. Ще одним питанням, що підлягало вивченню в цьому дослідженні, стало визначення можливостей залучення алгоритмів глибокого машинного навчання для вивчення та модуляції харчової поведінки, шляхом застосування різноманітних дієтичних інтервенцій.

Важливою частиною дослідження стало питання захисту та конфіденційності даних пацієнтів. Було проаналізовано правові норми та етичні моменти, пов'язані з використанням інформації про біологічні параметри у сфері нутриціології.

З критичної точки зору було проведено оцінку перспектив розвитку зазначеної технології у найближчому та віддаленому майбутньому.

Отже, використані методи, надали можливість забезпечити системний підхід до аналізу поточних можливостей та перспектив застосування потенціалу штучного інтелекту в галузі нутриціології.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ.

Потреба в залученні ШІ в нутриціологію. Оцінка фактичного харчування людини, вивчення його впливу на здоров'я та своєчасна адекватна корекція стають дедалі важливішими, враховуючи все більш глибоке розуміння ролі дієти відносно всіх аспектів нашого життя (Vitolins et al., 2020). У повсякденній практиці нутриціологи забезпечують людей необхідною інформацією, надають рекомендації щодо змін в структурі харчування та поради щодо його планування (Nutritional Cancer Institute, 2024). Цей рутинний процес з кожним днем зазнає все більш інтенсивного впливу трансформаційних технологій, які включають електронні щоденники пацієнтів, чат-боти, інформацію з носимих пристроїв та потребу в інтеграції можливостей штучного інтелекту в процеси накопичення, аналізу та інтерпретації даних з метою вирішення проблем зі здоров'ям шляхом створення все більш персоналізованих рекомендацій, їхньої адаптації у реальному часі, прогнозування нутритивних ризиків (Kelly et al., 2021).

Дослідження показують, що використання персоналізованих підходів дозволяє значно знизити ризик розвитку хронічних захворювань та покращити загальний стан здоров'я.

Наприклад, алгоритми ШІ можуть передбачити індивідуальні реакції на різні продукти, що дозволяє уникнути споживання шкідливих для конкретної людини продуктів і, таким чином, знизити ризик розвитку алергій та харчової непереносимості (Martinez & Clark, 2016).

Інші дослідники підкреслюють важливість застосування ШІ з метою розробки дієтичних стратегій для вразливих груп населення, що сприяє поліпшенню їхнього здоров'я та якості життя (Begum Kalyoncu Atasoy et al., 2024). Наприклад, літні люди, або пацієнти з хронічними захворюваннями можуть отримувати спеціально розроблені дієти, які враховують їхні унікальні потреби та обмеження (Stewart & Hughes, 2022). Алгоритми глибокого навчання можуть бути використані для виявлення складних взаємозв'язків між дієтою та здоров'ям, що дозволяє розробляти більш ефективні стратегії управління здоров'ям (Campbell & Foster, 2021).

Такі підходи все ширше використовуються у сфері охорони здоров'я країн з високим рівнем доходу. За попередніми оцінками, завдяки впровадженню додатків ШІ, до 2026 року в системі охороні здоров'я США вдасться заощадити близько 150 мільярдів доларів (Wahl et al., 2018). Окрім суто економічних переваг, штучний інтелект може допомогти підвищити ефективність медичної допомоги у неблагополучних громадах (Watkins et al., 2024), де догляд за пацієнтами часто ускладнюється певними проблемами (Zuhair et al., 2024). Проте реалізація цього підходу, отримання максимальних переваг від практичної імплементації подібних технологічних рішень вимагає ґрунтовних знань стосовно загальних можливостей ШІ, врахування переваг та недоліків, в тому числі, сателітних технологій для забезпечення високого рівня персоніфікації, підвищення достовірності отриманої інформації, спрощення взаємодії між спеціалістом та кінцевим споживачем.

Персоналізований менеджмент дієтичних інтервенцій. Одним із найважливіших напрямів застосування ШІ в нутриціології є створення персоналізованих дієтичних рекомендацій (Theodore Armand et al., 2024). Для розробки «ідеальної дієти» ми маємо врахувати вік, морбідний фон, харчові уподобання, рівень фізичного навантаження, несприятливі реакції на їжу за типом харчової алергії та непереносимості, наявні нутритивні ризики та багато іншого, що продемонстровано на рис. 1. (Sharma & Gaur, 2024).

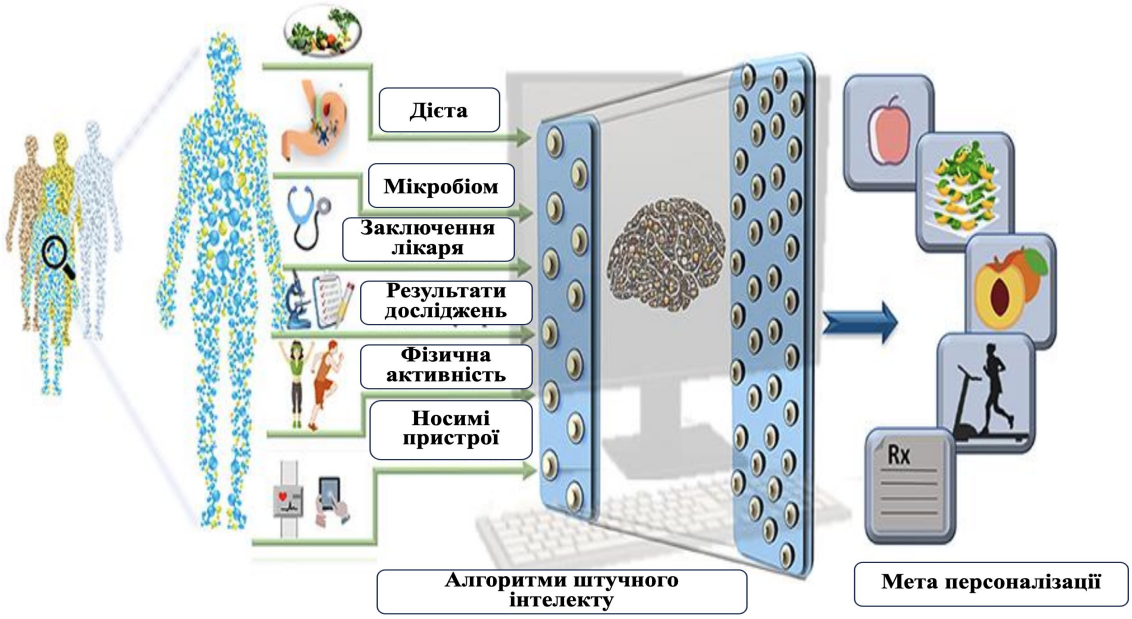


Рисунок 1. Алгоритм персоналізації дієтичних інтервенцій.

Джерело: адаптовано з Sharma & Gaur, 2024.

Це надзвичайно великий інформаційний пласт, впоратись з яким нелегко навіть професійному фахівцю із великим досвідом роботи. На додаток до вище згаданого формується потреба у моніторингу відповідей на запропоновані рекомендації, динамічній корекції

рекомендацій, оцінці комплаєнтності тощо. Такі вимоги автоматично ускладнюють завдання і віддаляють можливість досягнення найкращого результату (Baker & Jackson, 2019).

Без залучення ШІ фахівці знаходяться досить далеко від ідеалу персоніфікації, оскільки зазвичай використовують універсальні дієтичні підходи з певним точковим врахуванням особливостей людини. Зважаючи на потенційні можливості ШІ щодо збору, аналізу та синтезу інформаційних потоків, ми покладаємо на нього великі сподівання. Такі підходи можуть значно покращити ефективність дієт та забезпечити краще дотримання рекомендацій пацієнтами (Lewis & Lee, 2023).

Збір даних про дієту. Найбільш поширеними методами оцінки дієти та її нутритивного складу є аналіз харчових щоденників (в тому числі, й електронних) та споживання їжі за минулу добу (Gibson, 2005). Застосування на цьому етапі класичного підходу аналізу та інтерпретації даних має певні незручності (Sharma at al., 2020), серед яких:

- значні витрати часу;
- потреба у кваліфікованих спеціалістах для проведення опитування і збору даних;
- залежність якості отриманої інформації від особливостей пам'яті та інших можливостей пацієнта.

З урахуванням зазначеного, надійність інформації, отриманої традиційними методами, може бути упередженою через неправильну оцінку даних про споживання їжі (Martin et al., 2009). Водночас, достовірність та коректність даних про споживання їжі в цілому і поживних речовин, зокрема, необхідні для планування дієти, розуміння нутритивних ризиків та оцінки ефекту подальших дієтичних інтервенцій.

Можливості застосування ШІ є більш обнадійливими. Адже алгоритми глибокого машинного навчання можуть оперувати великими інформаційними потоками. Сам підхід дозволяє підвищити якість отримання інформації та автоматизувати процес її обробки, спираючись на актуальні, валідовані бази даних поживної та енергетичної цінності продуктів харчування (Miyazawa et al., 2022).

Для реалізації поставленого завдання зазвичай використовуються підходи, що дозволяють вийти на часткову або повну автоматизацію процесу збору інформації: 1) збір даних із застосуванням технології комп’ютерного зору; 2) анкетування, зокрема із використанням чат-ботів та аналіз отриманої інформації (Tsolakidis et al., 2024).

1) Комп’ютерний зір.

Отримання об’єктивної інформації щодо оцінки фактичного харчування людини стало можливим завдяки застосуванню «комп’ютерного зору» (Computer Vision), що являє собою технологію штучного інтелекту, яка дозволяє комп’ютерам «бачити», аналізувати та розпізнавати об’єкти на зображеннях чи відео. Спеціалізовані алгоритми аналізують фотографії їжі, визначаючи типи продуктів, їхню кількість та оцінюють поживну цінність кожного елемента (Busad et al., 2023). Процес відбувається в три етапи: 1) сегментація – відокремлення кожного продукту, 2) його розпізнавання, 3) оцінка розміру порції.

Технологія комп’ютерного зору має широке застосування завдяки своїй здатності автоматично ідентифікувати їжу, представлену на зображеннях, аналізувати її поживну та енергетичну цінність та інтегрувати ці дані в дієтичні рекомендації (Vijay et al., 2020). Загалом комп’ютерний зір, інтегрований з ШІ, здатний кардинально змінити підхід до оцінки харчування. Ці технології не тільки покращують точність оцінки харчування, але й роблять її більш доступною для споживачів, допомагаючи автоматизувати процеси відстеження дієти та створення індивідуальних планів харчування. Це може бути особливо корисно для людей, які намагаються дотримуватися здорового харчування, оскільки дозволяє їм легко відстежувати щоденне споживання калорій і гарантувати, що вони отримують необхідні поживні речовини.

Еволюція гаджетів спрощує це завдання ще більше. У своїй роботі італійські дослідники (Giovanni et al., 2022) стверджують, що перспективним напрямом збору інформації для подальшої обробки ШІ є застосування *смарт-окулярів*. Більш того, подібний носимий пристрій у подальшому може взагалі автоматизувати процес накопичення даних,

конвертувавши його у нон-стоп режим. Користувачу лише необхідно отримати звичку вдягати (не знімати) цей пристрій під час прийому їжі, під час перекусів тощо.

Паралельно розвивається ще одна перспективна технологія отримання важливої інформації про взаємодію людини із оточуючим світом. Мова йде про *розумні контактні лінзи*. Вони вже знайшли свою реалізацію в медичній сфері, завдяки здатності моніторити інформацію про внутрішньоочний тиск та показники глюкози крові (Kazanskiy et al., 2023). Проте їх потенціал поширюється далеко за межі носимого пристрою, оскільки вони здатні отримувати та накопичувати (завдяки хмарним сервісам) інформацію про оточення, в тому числі, про їжу, яку споживає людина (Xia et al., 2022). Враховуючи зручність та практичність саме зазначеної технології, ми можемо розглядати її як одну із найбільш перспективних для забезпечення оцінки і моніторингу харчування у якості елементу комп'ютерного зору.

Ще одним важливим напрямом використання технології комп'ютерного зору є госпіталізовані пацієнти. Досягнення раннього одужання вимагає адекватного споживання їжі та нутрієнтів. Доступні методи оцінки адекватності харчування, такі, як зважування їжі, візуальна оцінка або фотографування, можуть забирати багато часу, або супроводжуватись помилкам внаслідок «людського фактору», що призводить до різких змін у меню пацієнта (Kavita, 2021). Подібні методи оцінки мають ще більше обмежень, коли мова йде про ізольованих пацієнтів. Використання веб-камери у медичних закладах у поєднанні із ШІ може допомогти подолати цю проблему. Крім того, вже було розроблено відповідну систему оцінки (Lu Ya et al., 2019).

На додаток до оцінки фактичного харчування сучасні моделі машинного навчання із залученням ШІ демонструють можливості оцінки мальнутриції шляхом виявлення недоїдання шляхом аналізу 2D-зображень суб'єктів у кількох позах (Khan et al., 2023).

Менше з тим, сама технологія та асоційовані пристрої потребують подальшого розвитку та вдосконалення, оскільки мають не тільки переваги, але й певні недоліки (Kaushal et al., 2024). Серед останніх слід звернути увагу на наступні:

- *Якість зображень, визначення точних розмірів (об'єму) продукту*:

Технічні особливості пристрою, що забезпечує процес фото/відео фіксації, та умови зйомки можуть впливати на точність розпізнавання їжі. Погано освітлені або нечіткі зображення можуть призводити до неточних результатів. Так, низька розподільча здатність камери здатна призвести до суттєвого зниження можливості розпізнавання та коректної класифікації продукту. Дослідники вважають, що оптимальним розміром зображення є 256x256, як це представлено наочно на рисунку 2 (Rokhva et al., 2024).

Цілком зрозуміло, що наявність та ступінь похибки у порівнянні із фактичними розмірами продукту будуть впливати на точність оцінки поживної та енергетичної цінності страви в цілому. Для її мінімізації потрібно дотримання певних параметрів зйомки (освітлення, кут зйомки, переміщення, об'єкт калібрування, тип їжі). Вивченню цього питання присвячено обмежену кількість досліджень, проте наявні стверджують, що для більшості продуктів середня похибка знаходиться в межах ±20 %. (Liang & Li, 2017). Проте в даному випадку ми завжди маємо справу із симбіозом пристрою для зйомки (спосіб отримання інформації про продукт чи страву) та певних нейромереж. І кожен із цих компонентів, їх вдосконалення вносять свій вклад у кінцевий результат. Так, використання Chat GPT-4V дозволяє зменшити вплив недосконалості етапу отримання зображення шляхом застосування порівняльного аналізу – співставлення страви/продукту із елементами оточення. Висновки, які було зроблено дослідниками цього питання, вказують на те, що GPT-4V чудово справляється з виявленням харчових продуктів у складних умовах із точністю до 87,5 % без будь-якого тонкого налаштування чи адаптації за допомогою наборів даних про харчові продукти (Lo et al., 2023).

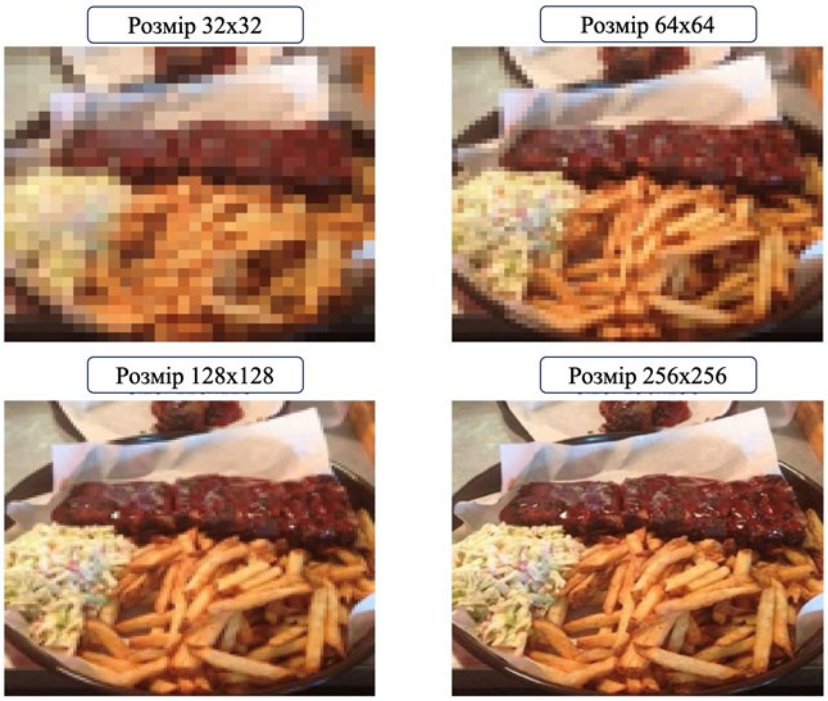


Рис. 2. Представлення зображення з різною роздільною здатністю.
Джерело: адаптовано з Rokhva et al., 2024.

• *Оцінка отриманого зображення з метою визначення поживної та енергетичної цінності їжі*

В одній із робіт (Kaushal et al., 2024) стверджується, що комп'ютерний зір та архітектура глибокої нейронної мережі в цілому здатні забезпечити надзвичайно високу точність вимірювання поживних речовин у їжі. Проте, існує серйозна відмінність на рівні можливостей різних додатків, які мають розпізнавати продукти. В системному огляді, присвяченому цьому питанню, дослідники проаналізували потенціал мобільних додатків на основі комп'ютерного зору, розроблених для виявлення їжі за зображеннями та оцінки калорійності певної страви (Amugongo, 2023). У ході аналізу було встановлено, що більшість існуючих рішень не здатні розрізняти харчові та нехарчові продукти. І хоча в цілому, вони демонструють багатообіцяючий потенціал для створення узагальнених моделей, здатних проводити виокремлення харчових продуктів у складі змішаних страв, залишається одна головна проблема, – ми не розуміємо, як відбувається процес навчання та на підставі чого приймаються відповідні рішення на системному рівні (Turner & Morgan, 2018).

Так само, в залежності від типу програми, або додатку, існує суттєва відмінність між результатами аналізу калорійності їжі. Так, комерційний додаток *Openfit Nutrition AI*, що дозволяє проводити кількісний аналіз споживання енергії в автоматичному та напівавтоматичному (корекція користувача) режимах, демонструє, що похибка у вимірюванні для автоматичного режиму може коливатись у межах від 43 % (їжа разом із напоями) до 16 % (виключення напоїв із аналізу). Напівавтоматичний режим вимірювання демонстрував співставні результати. Дослідники вказують, що більш значна похибка формувалась при аналізі високоенергетичних страв (Chloe et al., 2023).

Ще одне дослідження, присвячене точності та надійності оцінки енергетичного та поживного складу їжі із використанням моделі ШІ від OpenAI під назвою *ChatGPT*, продемонструвало прийнятний рівень отриманих значень. Дослідники стверджують, що найкращі результати спостерігались під час оцінки саме енергетичної цінності їжі. В 97 % випадків аналітичні можливості нейромережі дозволили отримати похибку в межах 40 % порівняно із даними Міністерства сільського господарства США (Michael et al., 2024). Різноманітність страв та способів приготування може значно ускладнювати верифікацію окремих компонентів та оцінку їх поживної цінності. Насамперед, це стосується складних або

змішаних страв. Точна ідентифікація продукту буде впливати на здатність ШІ співставити його із наявними базами даних та надати достовірну інформацію про енергетичну та поживну цінність. Найбільш ефективними в цьому напрямі виявились мультимодальні системи, такі як Chat GPT-4V. Поєднання роботи з текстом (отримання підказок від користувача про особливості страви) та здатність опрацьовувати візуальний контент формують умови для підвищення точності та достовірності аналітичної оцінки (Lo et al., 2023).

Постійна поява нових продуктів (за рахунок селекції, генетичних модифікацій) та страв, вимагає регулярного оновлення баз даних та моделей, щоб забезпечити точність розпізнавання.

Результати комплексного нутритивного аналізу із використанням різних поколінь ШІ також можуть відрізнятись. Так, при порівняльному аналізі різних генерацій ChatGPT (версія 3.5 у порівнянні із версією 4.0), обидва чат-боти забезпечили точну оцінку вмісту енергії в межах приблизно від 35 % до 48 % харчових продуктів з 222, із похибкою ±10 %. Версія 4.0 забезпечувала дослідників більш точними даними, у той же час, переоцінюючи вміст білка в складі продукту (Hoang et al., 2023).

Аналітичні можливості оцінки вмісту макро- та мікронутрієнтів у Chat GPT спираються на такі джерела первинної інформації:

- *USDA FoodData Central*: це одна з найповніших і найнадійніших баз даних харчових продуктів, що надає інформацію про макро- та мікронутрієнти для великої кількості продуктів;
- *Nutrition Data (Self.com)*: веб-сайт, який використовує дані USDA та інших джерел для надання детальної інформації про харчові продукти;
- *FDA (Food and Drug Administration)*: надає рекомендації та стандарти щодо харчування.
- *наукові дослідження та публікації*: різні наукові статті та публікації надають деталізовану інформацію про склад окремих продуктів.

У випадку розбіжності даних, перевага зазвичай надається USDA FoodData Central. Обґрунтування такого вибору полягає у науковій точності і достовірності бази, яку підтримує уряд США, повноті та регулярному оновленні, широкому визнанні в наукових колах. Загалом, знання таких особливостей підвищує рівень довіри до використання конкретного варіанту ШІ. Крім того, ChatGPT надає відповідь на ще одне важливе питання, яке стосується специфічних особливостей продукту, що має різний ступінь зрілості, регіон походження тощо. Адже різні сорти яблук, з огляду на ці обставини, можуть мати різну поживну цінність. У цьому випадку ChatGPT орієнтується на додаткові літературні джерела або використовує середні значення вмісту нутрієнтів. Зважаючи на те, що в рутинній практиці нутриціолога це рідке явище, такий підхід може підвищити достовірність отриманих результатів.

Загалом, камери з синергією алгоритмів штучного інтелекту та машинного навчання можуть виробляти важливу інформацію для систем рекомендацій. Від оцінки калорій до оцінки об’єму, від розпізнавання їжі до розпізнавання інгредієнтів, потужність зображень RGB і RGBD відіграє вирішальну роль у сфері PN, і в майбутньому вона може дати ще більше (Tsolakidis et al., 2024). Загалом, такі можливості проілюстровано на рисунку 3.

Технологія комп’ютерного зору та аналізу їжі потребують подальшого удосконалення для підвищення якості розпізнавання та класифікації за зображеннями не тільки солідних харчових продуктів, а й комбінованих страв та напоїв. Один із напрямків розвитку зазначених технологій може лежати в площині поєднання технології ближнього інфрачервоного гіперспектрального аналізу зображення та методу глибокого навчання під назвою *OptmWave* (Li et al., 2023). Автори цього проекту продемонстрували потенціал визначення складу їжі на прикладі спектральних даних ближнього інфрачервоного діапазону яєчні з помідорами. Разом з тим, подібні спектроскопічні методи, поєднані з алгоритмами машинного навчання, дозволяють контролювати якість продуктів шляхом виявлення можливих домішок та контамінацій (Sen et al., 2022).

Рис. 3. Оцінка енергетичної цінності спожитої їжі на основі можливостей Chat GPT-4V

Джерело: авторська розробка.

2) Анкетування та харчові щоденники.

Розробка електронних анкет, застосування чат-ботів для збору інформації про фактичне харчування людини може значно підвищити рівень цифровізації цього процесу та збільшити можливості залучення ШІ. Це може бути реалізовано на рівні запровадження динамічних електронних анкет, що здатні адаптуватись в залежності від відповіді респондента. Чат-боти з інтегрованим ШІ, в залежності від налаштувань, можуть забезпечити інтерактивне спілкування. Таким чином можна уникнути повторних питань, за більш короткий час отримати необхідний обсяг даних, уникнути помилок, за необхідності уточнити відповіді. Одним із найвідоміших прикладів такого чату є ChatGPT. Проте незважаючи на всю зручність користування ним та інші переваги, постійно виявляються певні недоліки. Так, в одному з досліджень, присвяченому використанню можливостей цього чату для пацієнтів із цукровим діабетом, метаболічним синдромом, виявилось, що під час розрахунку добового раціону на 1500 Ккал, чат припускався ряду прогалин. Вони стосувались рекомендацій щодо зниження ваги, коректного визначення потрібного дефіциту енергії, необхідного рівня нутрієнтів тощо. Під час аналізу дослідники дійшли висновку, що подібні чат-боти можуть бути використанні відповідними фахівцями, проте ще не здатні замінити дієтолога (Naja, Taktouk et al. 2024).

3) Збір даних про фізичні та фізіологічні параметри людини.

А. Носимі сенсорні пристрої.

Поява носимих технологій та інших медичних пристроїв створила умови для моніторингу і кількісної оцінки фізичних, поведінкових, соціальних і зовнішніх аспектів. Їх перевагою, окрім можливості виконувати своє безпосереднє призначення з різним ступенем достовірності, є висока ступінь доступності та постійне вдосконалення як самого пристрою, так і програмного керуючого забезпечення (Sonkusale et al., 2022). Сучасні літературні огляди (Ates et al., 2022) підкреслюють, що разом із гаджетами змінюється і технологічний ландшафт, що дозволяє відкривати нові напрями їх практичного застосування. Ми маємо добре орієнтуватись в тому асортименті носимих пристроїв та застосунків, присутніх на ринку, щоб розуміти їх практичне значення та мати змогу імплементувати їх в свою діяльність.

Ми вже згадували можливості отримання інформації за рахунок смарт-окулярів і розумних лінз. Проте найбільшого розповсюдження набули різноманітні *смарт-годинники,*

трекери, що можуть моніторити показники пульсу, артеріального тиску, рівня насиченості киснем, фізичну активність, ефективність сну, передаючи інформацію до хмарних сервісів, звідки вона може бути використана для аналізу відповідною моделлю ШІ.

Сьогодні ми бачимо розвиток інтегративного підходу. Зокрема, в дослідженні Migliorelli et al. (2023) обговорюється поєднання штучного інтелекту та технологій машинного навчання в додатках для персоналізованого харчування. Одним із прикладів є *додаток «CarpeDiem»*, який використовує дані, зібрані з носимих пристроїв і анкет користувачів. Ці дані включають інформацію про фізичну активність, режими сну та харчові звички. Додаток надає персоналізовані рекомендації для покращення здорового способу життя. Пілотне дослідження продемонструвало ефективність додатку у стимулюванні довгострокових змін поведінки, що свідчить про те, що поєднання об'єктивних і суб'єктивних даних про здоров'я може покращити як залученість користувачів, так і самі результати. Дослідники роблять акцент на тому, що носимі сенсори, такі, як розумні годинники, можуть безперервно відстежувати показники здоров'я, надаючи зворотний зв'язок у режимі реального часу та підтримувати користувачів на шляху формування здорових звичок.

Паралельно з цим ми маємо приклади розширення вже звичного горизонту використання носимих сенсорних пристроїв. Одним із них є *переносний електрохімічний біосенсор NutriTrek* (Wang et al., 2022), розроблений для постійного аналізу поту на наявність різних метаболітів і поживних речовин, включаючи незамінні амінокислоти та вітаміни. Завдяки бездротовому способу передачі інформації, він забезпечує моніторинг потреб у нутрієнтах в режимі реального часу, демонструючи потенціал використання сенсорів для розробки ефективних персоналізованих планів харчування шляхом неінвазивного та зручного збору даних.

Загалом, носимі сенсорні пристрої вже дозволять збирати та аналізувати великі обсяги даних у реальному часі, що допомагає у прогнозуванні здоров’я, модифікації харчування та попередженні захворювань (Табл. 1.) (Stewart and Hughes, 2022).

Таблиця 1. Опис технологій збору даних в нутриціології

Посилання	**Використаний датчик/пристрій**	**Вихідні дані датчика (вхід моделі/методу)**	**Застосування методу/моделі**
Wilson-Barnes et al. (2022)	Леткі органічні сполуки	Дихання людини	Оцінка кількості поживних речовин (маркерів метаболічних процесів)
Aguilar et al. (2022)	Камера	RGB-зображення тарілки	Розпізнавання їжі
Azzimani et al. (2022)	Камера	RGBD-зображення прийому їжі	Персоналізація страв
Islam et al. (2023)	ЕЕГ (електроенцефалограма)	ЕЕГ сигнали	Вплив різних страв
Yang et al. (2022)	Мобільний пристрій	Генетичне тестування, фізичний огляд, стиль харчування, звички та звичаї, медична історія, дані про фізичні вправи	Індивідуальні рішення для харчування
Yang et al. (2023)	Мобільний пристрій, ДНК-набір	Анкета про спосіб життя, результати фізичного огляду, дані	Оцінка стану імунної системи, ризик дефіциту поживних

		ДНК	речовин
Yang et al. (2022)	Мобільний пристрій, ДНК-набір	Аналіз генетичних даних, дані про спосіб життя, результати фізичного огляду	Генетичний звіт, персоналізований звіт про харчування
Cunha et al. (2024)	Ваги для їжі, ваги для тіла, смарт годинники	Характеристики прийому їжі, фізичні активності, параметри тіла	Прогноз ІМТ, персоналізований зворотний зв'язок, відстеження цілей
Ribeiro et al. (2022)	Мобільний пристрій	Харчові вподобання, обмеження, харчові потреби	Система рекомендацій страв
Wu et al. (2022)	Камера	RGB-зображення прийому їжі	Класифікація їжі
Migliorelli et al. (2023)	Трекер активності	Кроки, фізична активність, пульс, кількість сну та його ефективність	Фізичні активності, кардіо активності, патерни сну, харчові звички
Wang et al. (2022)	NutriTrek	Вік, ІМТ	Моніторинг здоров'я, точне харчування
Khan et al. (2022)	Навушник-подібний пристрій	Звуки жування	Типи прийому їжі
Zamanillo-Campos et al. (2023)	Мобільний пристрій	Дані, отримані від пацієнтів	Персоналізовані короткі тексти
Martínez-Rodríguez et al. (2022)	Мобільний пристрій, трекер активності	Артеріальний тиск, вага, споживання води, фруктів та овочів, фізична активність	Персоналізовані нагадування, поради щодо поведінки, навчальні матеріали, відстеження прогресу

Джерело: Stewart and Hughes, 2022.

Б. Інші сенсорні пристрої.

Окрім носимих пристроїв, ми маємо змогу користуватись сенсорними технологіями, що не можуть бути віднесені до мобільних девайсів. Їх асортимент вражає, адже сюди ми можемо віднести не тільки прості *розумні ваги та виделки* а навіть *пристрої для зчитування та передачі сигналу електроенцефалограми (ЕЕГ) або комплектів ДНК*. Так, Wilson-Barnes et al. (2022) використали датчик летких органічних сполук (VOC) *для аналізу дихання* учасників дослідження у двох групах населення з харчовим ризиком: (i) дорослі з неякісною дієтою (менше трьох порцій фруктів і овочів на день) та (ii) дорослих із залізодефіцитною анемією. Результати аналізу згодом були використані для дослідження кореляції конкретних сполук між двома групами.

Цей напрям є дуже перспективним, однак процес отримання, аналізу та застосування даних є набагато складнішим і більш вартісним, порівняно з носимими сенсорами. Останні працюють переважно в автономному режимі, зрідка потребуючи простого сервісного обслуговування чи оновлення програмного забезпечення. Проте у випадку із не мобільними, або частково мобільними пристроями користувачі можуть зіткнутися з такими труднощами, як потреба відвідувати лікарню чи спеціалізовані установи.

Отже, у процесі розробки єдиного алгоритму використання різноманітних девайсів та інтеграції в систему персоналізованого харчування, ми маємо враховувати не тільки потребу в отриманні досить цінної інформації, а й суто практичні речі, описані вище.

4) Інтеграція даних про мікробіом.

Розвиток науки та технологій сприяв формуванню і розвитку прецизійного харчування, яке має враховувати унікальні характеристики будь якої людини, в тому числі, й особливості кишкового мікробіому. Мікробіота виконує різноманітні функції, маючи прямий чи опосередкований вплив практично на всі органи та системи нашого тіла. На рівні кишечника постійно відбувається взаємодія між представниками цієї мікроскопічної спільноти та макро- і мікронутрієнтами, що надходять у складі їжі. Тип дієти, зміни харчування та інші нутритивні чинники, в залежності від якості, сили і тривалості впливу, призводять до гострих або тривалих адаптивних змін кишкової мікробіоти. Відбувається цілий каскад біотичних та постбіотичних трансформацій, що мають вплив на травну, імунну, ендокринну, нервову та інші системи, змінюючи метаболічні параметри, ступінь засвоєння та використання поживних речовин та енергії. Дослідження показали, що певні мікроорганізми можуть сприяти кращому засвоєнню поживних речовин або, навпаки, підвищувати ризик розвитку запальних процесів у кишечнику. Враховуючи ці дані, алгоритми ШІ можуть рекомендувати певні продукти або дієти, які сприятимуть здоровому балансу кишкової мікробіоти та покращенню загального стану здоров'я.

Так, *платформа DayTwo* використовує аналіз мікробіому для пропонування персоналізованих дієтичних рекомендацій, що допомагають оптимізувати рівень глюкози у крові (Young & Harris, 2018).

Взаємодія на рівні осі «кишечник-мозок» призводить до впливу на харчову поведінку. Розуміння цих особливостей, їхньої динамічності та значущості, веде до необхідності змін харчової парадигми із залученням аналітичних можливостей ШІ. Алгоритми машинного навчання здатні не тільки обробляти великі інформаційні потоки, а й розпізнавати певні закономірності, доповнювати наші прогностичні можливості, в тому числі, на рівні ефектів різних типів дієтичних інтервенцій, опосередкованих змінами кишкового мікробіому (Saxena et al., 2024). Вони можуть допомогти врахувати й інші чинники впливу, серед яких рівень та тип фізичних навантажень, тип, гендерний показник, морбідний фон, лікарські засоби тощо. З цією метою продовжується розробка високопродуктивних технологій на основі індивідуалізованого мультиомічного профілювання, яке включає геноміку, метаболоміку та протеоміку. Моделі ШІ здатні аналізувати дані секвенування з метою класифікації та визначення кількості різних мікробних видів (Saxena et al., 2018). На цьому етапі залучення ШІ дозволяє використовувати сучасні алгоритми для ретельного вивчення різноманітних джерел даних, включаючи зразки калу, кров аналізи та медичні картки. Завдяки моделям машинного навчання ми маємо можливість вивчати мікробні метаболіти, сигнальні шляхи та взаємодію між мікробіомом і хазяїном (Shima et al., 2017).

Незважаючи на всі досягнення та перспективи, інтеграція штучного інтелекту в дослідження кишкового мікробіому з подальшою транслокацією на рівень розробки та персоніфікації дієтичних планів все ще залишається новаторським підходом. Однією з основних перешкод є необхідність створення великих біобанків мікроорганізмів із вивченими властивостями (Zhou et al., 2021). Ще однією проблемою є мультимодальна інтеграція даних, що передбачає об'єднання інформаційних потоків із різних джерел, таких, як медичні записи, результати генетичних досліджень тощо. Це уявляється дуже складним процесом, що потребує передових і досить потужних обчислювальних можливостей, конфіденційності зберігання та використання інформації про біологічні параметри людини, безпеки даних та навчання відповідної моделі ШІ. (Wang & Preininger, 2019). Окремим питанням є необхідність стандартизації даних. Адже розбіжності при зборі інформації, на рівні методології секвенування та попередньої обробки можуть призвести до упереджень, які вплинуть на точність і надійність передбачень ШІ (Lu et al., 2019). Мікробіоми, що вивчаються для подальшої обробки алгоритмами ШІ, мають бути репрезентативними для тієї категорії населення, яка у подальшому буде предметом створення відповідних рекомендацій (Parikh et al., 2019). Для подальшої ефективної розробки цього питання потрібна стандартизація процесів на всіх рівнях. Загалом, це перспективні питання, які диктують необхідність

підготовки людей із досвідом у сфері інформатики, статистики, біології, харчування, біомедицини, математики та цифрових технологій (Saxena et al., 2024). Альтернативним шляхом розвитку цього напрямку досліджень є генерація синтетичних даних із реалістичними варіаціями або використання змодельованих середовищ. Проте навіть в цьому випадку дуже складно врахувати потенційні зв'язки і взаємодії між різноманітними мультиомічними даними.

5) Врахування генетичних відмінностей.

Нутригеноміка, нутригенетика вже давно стали невід'ємною частиною науки про харчування, адже індивідуальні генетичні відмінності, особливості експресії тих чи інших генів впливають на взаємодію між людським організмом та їжею на рівні процесів травлення, асиміляції окремих нутрієнтів та харчового метаболізму в цілому (Singar et al., 2024). Алгоритми навчання штучних нейронних мереж здатні надавати персоналізовані харчові рекомендації на основі генетичного складу людини, поєднуючи генетичні дані з базами даних про харчування (Lee et al., 2019), що продемонстровано на рисунку 4.

Рис. 4. Алгоритм персоналізації харчування на основі аналізу ШІ генетичної інформації.

Джерело: Lee et al., 2019.

Наявні ключові дослідження дали нам змогу встановити не тільки сам факт взаємодії генів і дієти, але й розробити конкретні та дієві рекомендації для відповідних дієтичних інтервенцій. Зокрема, такі дієтичні моделі, як середземноморська та DASH дієта, що характеризуються високим рівнем споживання цільнозернових злаків, овочів і фруктів, із обмеженням надходження жирів, в першу чергу за рахунок насичених, продемонстрували потенціал для зниження ризику ожиріння у людей з високою генетичною схильністю, особливо тих, хто має відповідні алелі гену FTO rs9939609, rs1121980 та rs1421085. (Tan et al., 2022). Прикладів практичного значення використання генетичної інформації для модифікації харчування дедалі стає більше, найвідоміші з них представлені в таблиці 2. Це перспективний напрямок роботи, що потребує формування єдиної уніфікованої бази даних та подальших досліджень. Наразі дослідники вважають, що такий підхід особливо доречний у лікуванні хронічних захворювань, таких як ожиріння, серцево-судинні захворювання та діабет, де класичні дієтичні рекомендації продемонстрували свої обмеження.

Таблиця 2. Приклади можливостей персоніфікації харчування на основі генетичних маркерів

Тип втручання	Цільова група	Генетичні маркери	Дієтичне коригування	Результати
Модифікація дієти	Особи з ожирінням	FTO, MC4R	Зниження споживання жирів, збільшення фізичної активності	Втрата маси тіла, покращення метаболічного здоров'я
Дієтичні добавки	Особи з дефіцитом фолієвої кислоти	MTHFR	Збільшення споживання фолієвої кислоти	Зменшення ризику серцево-судинних захворювань
Зміна способу життя	Люди з ризиком серцево-судинних захворювань	APOE	Модифікація споживання жирів, збільшення омега-3 жирних кислот	Покращення ліпідного профілю
Медична дієтотерапія	Діабетики	TCF7L2, PPARG	Контрольоване споживання вуглеводів	Кращий контроль рівня цукру в крові
Інтеграція технологій на основі ШІ	Загальна популяція	Різні	Персоналізовані плани харчування на основі генетичних тестів	Покращення загального здоров'я

Джерело: Singar et al., 2024.

б) Персоналізований підбір страв.

Відбувається постійна розробка та вдосконалення систем на основі ШІ, які б дозволяли здійснювати максимально індивідуалізований підбір страв, рецептур блюд, тощо. Такий підхід має враховувати нутритивні потреби людини, необхідність забезпечення збалансованого харчування, наявні алергічні реакції, харчову непереносимість, обмеження на основі патологічних станів, тощо. Водночас, рекомендовані страви, мають позитивно сприйматись людиною, бути варіативними, що дозволить дотриматись високого рівня комплаєнтності, врахувавши харчові уподобання людини. Персоніфікація дієти може вимагати заміни певного продукту на відповідну альтернативу в умовах збереження загальної енергетичної та поживної цінності раціону в цілому (Jules Vandeputte et al., 2023).

Робота в цьому напрямі із залученням алгоритмів глибокого машинного навчання вже дозволила отримати результат у вигляді можливості створення індивідуальних рекомендацій щодо рецептів (Tsolakidis et al., 2024). Вдалим прикладом практичного впровадження подібного рішення є *додаток для ресторанів MenuDecoder* (Hasan et al., 2022). Дослідження зручності використання цього додатку продемонструвало високу задоволеність користувачів дизайном і корисністю програми. Альтернативний додаток має назву *Parallel-CNN*. На думку дослідників він відповідає різноманітним вимогам користувачів, зокрема їхнім харчовим уподобанням, наявним алергічним реакціям, харчовій непереносимості тощо. Результати проведених досліджень показують, що Parallel-CNN перевершує інші моделі з точністю 95 %, прецизійністю 91 % і f1-метрикою 95 %, а також значенням 0,1872 для показника втрати моделі (Neha et al., 2023). Інші запропоновані системи мають певні відмінності, в основі яких лежить використання різних моделей ШІ, алгоритмів аналізу даних та рівень продуктивності в класифікації харчових продуктів і точності рецептурних рекомендацій.

Wang et al. (2022) запропонували модель, що розробляє рекомендації щодо рецептури страв на тиждень, з урахуванням обмежень користувачів і харчових потреб. Ribeiro et al. (2022) представили систему рекомендацій щодо рецептів, яка враховує алергію та культурні уподобання користувача. Подібні моделі підлягають подальшому вивченню, зокрема, з метою розуміння критеріїв розробки рекомендацій по створенню рецептур та підвищення впевненості кінцевого споживача (Li et al., 2023). Впроваджуються інноваційні методології у системи рекомендацій рецептів (Li et al., 2023), що дозволяє користувачам змінювати поведінкові моделі на основі змін харчових уподобань. Ще один додаток – *«Smart Cuisine»*, використовує технології штучного інтелекту, включаючи модель Generative Pre-training Transformer (GPT), для надання персоналізованих рецептів і харчових порад, сприяючи сталим практикам приготування їжі (Kansaksiri et al., 2023). Таким чином, наявні можливості оцінки вхідних інформаційних параметрів із подальшою трансформацією у готові рецепти та пропонування страв, мають велике практичне значення, підвищуючи рівень персональної імплементації харчових рекомендацій, впливаючи на харчову поведінку і маючи певний рівень практичного застосування, зокрема у ресторанному бізнесі.

7) Аналіз поведінкових патернів.

Персоналізація дієтичних рекомендацій передбачає врахування не лише фізіологічних та фізичних параметрів, але й психологічних аспектів та стилю життя. Для досягнення максимального ефекту від дієтичних рекомендацій необхідно враховувати психологічний стан, рівень стресу, фізичну активність та інші фактори, які можуть впливати на харчову поведінку (Davis & Robinson, 2017). Наприклад, алгоритми ШІ можуть враховувати емоційний стан людини, що дозволяє коригувати рекомендації з урахуванням можливих змін в харчовій поведінці через стрес або інші психологічні чинники.

Загалом, важливість вивчення особливостей харчової поведінки складно переоцінити. У більшості досліджень така оцінка відбувається на підставі самозвітів, аналізу особливостей споживання їжі за останні 24-години, харчових щоденників і анкетування частоти прийому їжі. У такому випадку ми знов стикаємося з упередженістю та рядом обмежень через неточності асоційовані із «людським чинником» (Hiraguchi et al., 2023). Сучасні моделі ШІ шляхом аналізу інформації, отриманої з інтегрованих пристроїв, можуть виявляти регулярні харчові звички або відхилення від них, що допомагає нутриціологам краще розуміти поведінку клієнтів і надавати персоналізовані рекомендації.

Аналіз харчових щоденників із використанням можливостей ШІ може виявити тригери переривання прийому їжі (наприклад особливості споживання їжі, компанія), умови, що сприяють цьому (зменшення часу прийому їжі). Це може бути особливо корисним для відповідних груп ризику щодо порушень харчової поведінки за необхідності застосування нової дієтичної моделі, елімінаційної дієти тощо, коли на перших етапах за допомогою використанням чат ботів з інтегрованим штучним інтелектом можна оцінити зміни харчової поведінки (Chew et al., 2023).

Використання ШІ дозволяє проводити визначення процесу прийому їжі в автоматичному режимі. Процес розпізнавання актів ковтання та жування може відбуватись за допомогою аналізу відеоматеріалів з камер. Це ще один крок на шляху розробки більш індивідуальних дієтичних рекомендацій, спрямованих на контроль маси тіла та корекцію харчових звичок (Schuller & Schuller, 2020).

Застосування сенсорних технологій, таких як спеціальні сенсори на обличчі, смарт годинники, дозволяє автоматично фіксувати рухи щелепи та інші дії, що вказують на процес харчування (жування, ковтання). Це дозволяє оцінювати швидкість і частоту прийому їжі, а також тривалість жування. Прикладом такої системи може бути *OpenPose* – готове програмне забезпечення, яке аналізує кількість укусів із фільмування (Qiu et al., 2019). Кількісна оцінка їжі, що була відкушена, може бути оцінена за допомогою датчиків ваги та акустичні датчиків (Mertes et al., 2020; Papapanagiotou et al., 2021). Подібні дослідження спрямовані на вивчення впливу швидкості споживання їжі у людей із ожирінням та іншими захворюваннями, а також розробку індивідуальних інтервенцій для корекції харчової поведінки.

Інше дослідження демонструє можливості вивчення харчової поведінки шляхом фіксації факту і часу жування, ковтання, що відображають процес споживання їжі, тривалість прийому їжі, та розпізнавання різних варіантів споживання їжі (наприклад, сидячи, під час ходьби тощо). Система, яку використовували з цією метою, включала мікрофон та сенсори руху (Khan et al., 2022). Зазначений підхід не надає безпосередньої інформації про склад їжі, а стосується визначення поведінкових порушень із можливістю відстеження ефективності подальшої корекції. Паралельно відбувається вивчення та порівняння ефективності застосування різних пристроїв, визначається їх поточна користь у досягненні відповідного результату. Проте загалом робиться висновок, що даний напрям потребує подальшого розвитку, удосконалення апаратної частини та програмного забезпечення, що, ймовірно, відбудеться у найближчі кілька років (Wang et al., 2022).

Персоналізовані рекомендації та інтервенції: ШІ також використовується для розробки систем, які можуть створювати персоналізовані рекомендації на основі аналізу харчової поведінки та дієтичних звичок. Це допомагає розробляти програми, які сприяють зміні поведінки на основі отриманих даних, наприклад, для запобігання переїданню або для збільшення відчуття насичення.

Віртуальна та доповнена реальність.

Серед перспективних напрямів також слід зазначити розвиток технологій віртуальної та доповненої реальності, які можуть використовуватися для навчання та інформування користувачів про здорове харчування. Такі технології можуть стати важливим інструментом для підвищення обізнаності та мотивації до здорового способу життя (Ramirez & Sullivan, 2021).

Розвиток віртуальної реальності (VR) та доповненої реальності (AR) у поєднанні з ШІ дозволяє створювати інтерактивні навчальні програми, які допомагають користувачам краще розуміти принципи здорового харчування та їхній вплив на організм. Наприклад, VR-програми можуть моделювати різні сценарії харчування та показувати, як ті чи інші продукти впливають на здоров’я. Це дозволяє зробити процес навчання більш захоплюючим та ефективним.

AR-додатки можуть використовуватися для миттєвого аналізу продуктів у магазині. За допомогою смартфона користувачі можуть отримувати інформацію про склад продуктів, їхню калорійність та поживні властивості. Це сприяє свідомому вибору продуктів та дотриманню здорового харчування.

Впровадження етичних стандартів.

Важливим аспектом розвитку ШІ у нутриціології є також впровадження етичних стандартів та забезпечення конфіденційності даних. Використання великих обсягів даних потребує розробки надійних механізмів захисту інформації, щоб забезпечити конфіденційність та безпеку даних користувачів. Крім того, необхідно враховувати етичні питання, пов’язані з використанням ШІ, такі, як забезпечення рівного доступу до медичних послуг та уникнення дискримінації. Дані про здоров’я не повинні використовуватися для дискримінації осіб при визначенні вартості страхування чи статусу зайнятості. Несанкціонований доступ до електронних медичних записів та їх неправильне використання викликають додаткові занепокоєння. Створення безпечного та суворо регульованого середовища для зберігання, управління та обміну даними є обов’язковим. Прозорість, інформована згода та безпека даних є важливими для підтримки довіри та захисту прав людей. Вирішення питання можливо лежить у площині застосування генеративних моделей, які дозволяють створювати синтетичні дані пацієнтів, що є реалістичними, але не пов’язаними з реальними особами (Yoon et al., 2020; Baowaly et al., 2019).

Також підкреслюється, що ШІ може допомогти вирішувати етичні питання, пов’язані з харчуванням та здоров’ям, забезпечуючи більш справедливий доступ до медичних послуг і підвищувати якість життя (Detopoulou et al., 2024). Наприклад, ШІ може допомогти виявляти та усувати нерівності у доступі до якісного харчування та медичних послуг для різних соціально-економічних груп.

Перспективи ШІ в нутриціології.

Загалом, за очікуваннями експертів, можливості ШІ у найближчі 40-50 років значно зростуть та будуть здатні перевершити людські (Owoc et al., 2021), цей тренд проілюстровано на рисунку 5.

Рис. 5. Тенденції в еволюції ШІ

Джерело: Owoc et al., 2021.

Триватиме інтеграція різноманітних баз даних, які, в свою чергу, будуть доповнюватись та вдосконалюватись. Із розвитком нутригенетики та нутригеноміки, отриманням нових знань про взаємодію мікробіому та нутрієнтів ми зможемо вийти на принципово новий рівень персоналізації рекомендацій щодо способу життя та харчування (Anderson and Brown, 2022). Потенційно, персоналізація зможе враховувати не тільки показники стану здоров'я та фізіологічні особливості людини, а й психологічні та соціальні аспекти (емоційний стан, рівень стресу, соціальне оточення, що впливають на харчову поведінку людини) (Parker & Nelson, 2023). Все більш поширеним стане використання мультимодальних даних (відео, інформація з носимих пристроїв), (Amugongo et al., 2023), що, з одного боку, дасть змогу покращити моніторинг стану здоров'я у реальному часі, а з іншого, створить умови до динамічної адаптації у відповідь на реальні зміни різних показників, таких, як глюкоза крові, артеріальний тиск, рівень фізичної активності та якість сну (Stewart and Hughes, 2022).

Також, перспективним виглядає в цілому інтеграція можливостей ШІ в систему охорони здоров'я в цілому (Adish et al., 2024). Алгоритм такого залучення може виглядати таким чином, як представлено на рисунку 6.

ШІ допоможе створювати нові, більш корисні та смачні продукти, що задовольнятимуть зростаючий попит на здорове та екологічно чисте харчування. Це включатиме розробку рослинних альтернатив м'ясу, продуктів з високим вмістом білка та низьким вмістом цукру, а також нових формул добавок і функціональних продуктів, які будуть здатні покращити здоров'я споживачів (Hall and Martin, 2021).

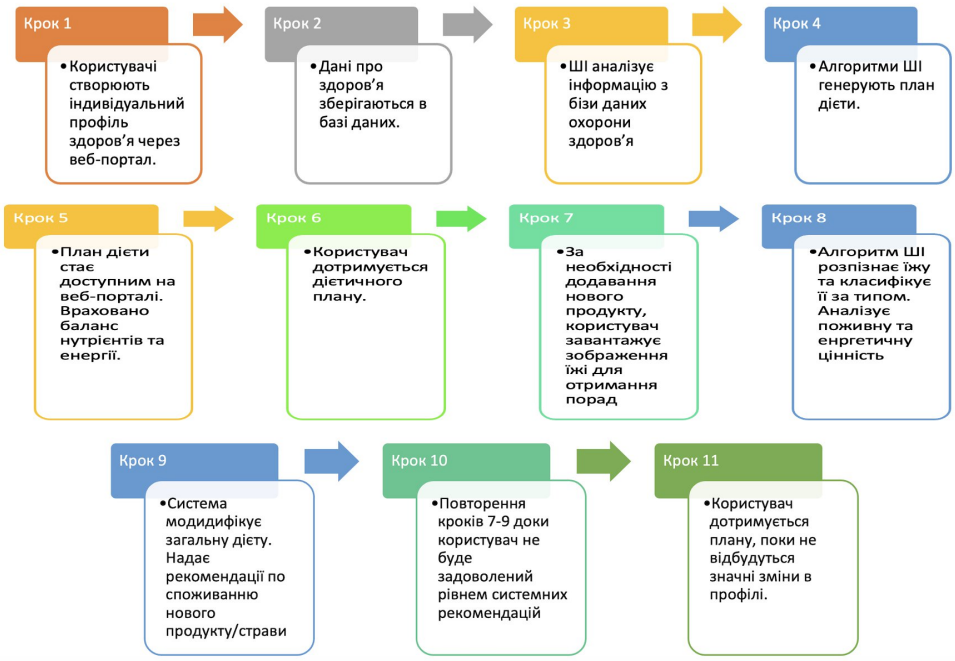


Рис. 6. Алгоритм створення та модифікації персоналізованого дієтичного плану із залученням можливостей штучного інтелекту

Джерело: Adish et al., 2024.

ВИСНОВКИ. Отже, ШІ вже сьогодні відіграє важливу роль у розвитку нутриціології, відкриваючи нові можливості для персоналізованого підходу до харчування та управління здоров'ям. Використання алгоритмів глибокого машинного навчання та інших методів аналізу даних дозволяє створювати більш точні та ефективні дієтичні рекомендації, впливати на профілактику та перебіг захворювань та оптимізувати здоров'я. Проте для подальшого розвитку необхідні нові дослідження та інновації, які дозволять інтегрувати різноманітні джерела даних та розробити більш комплексні моделі аналізу. Потрібно розробити та апробувати єдиний збалансований алгоритм практичної інтеграції можливостей ШІ в нутриціологію. Майбутні дослідження, керовані штучним інтелектом, повинні з самого початку включати такі етичні принципи, як прозорість, пояснення та конфіденційність.

Загалом перспективи розвитку ШІ в нутриціології є надзвичайно обнадійливими і можуть значно покращити якість життя та здоров'я людей у майбутньому. Інтеграція ШІ з новітніми технологіями, такими, як носимі пристрої, інтернет речей, віртуальна та доповнена реальність, створює нові можливості для моніторингу та управління здоров'ям. Важливим аспектом є також забезпечення конфіденційності та безпеки даних, що вимагає розробки надійних механізмів захисту інформації.

Подяки. Немає

Конфлікт інтересів. Немає.

References

Abhari, K.A., Williams, B., Hafeez, Z., & Kazemi, M. (2021). Artificial Intelligence Applications in Assessing Dietary Intake: A Scoping Review. *Nutrients*, 13, 4105. https://doi.org/10.3390/nu13124105

Bahirat, A. D., Dixit, B., & Dixit, A. (2024). Diet Consultation Using Artificial Intelligence. *Food Science and Technology*, 12(1), 24–47. https://doi.org/10.13189/fst.2024.120103

Aguilar, E., Nagarajan, B., Remeseiro, B., & Radeva, P. (2022). Bayesian deep learning for semantic segmentation of food images. *Computers and Electrical Engineering*, 103, 108380. https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2022.108380

Nutrition research priorities - american society for nutrition. (б. д.). American Society for Nutrition. https://nutrition.org/public-affairs/nutrition-research-agenda/

Amugongo, L. M., Kriebitz, A., Boch, A., & Lütge, C. (2022). Mobile computer vision-based applications for food recognition and volume and calorific estimation: A systematic review. *Healthcare*, 11(1), 59. https://doi.org/10.3390/healthcare11010059

Anderson, J., & Brown, R. (2022). Artificial Intelligence in Nutrition Science: A Comprehensive Review. *Journal of Nutritional Health*, 10(2), 123-145.

Theodore Armand, T. P., Nfor, K. A., Kim, J.-I., & Kim, H.-C. (2024). Applications of artificial intelligence, machine learning, and deep learning in nutrition: A systematic review. Nutrients, 16(7), 1073. https://doi.org/10.3390/nu16071073

Ates, H.C., Nguyen, P.Q., Gonzalez-Macia, L., Morales-Narváez, E., Güder, F., Collins, J.J., & Dincer, C. (2022). End-to-End Design of Wearable Sensors. *Nature Reviews Materials*, 7, 887–907. https://doi.org/10.1038/s41578-022-00460-x

Azzimani, K., Bihri, H., Dahmi, A., Azzouzi, S., & Charaf, M. E. H. (2022). An AI based approach for personalized nutrition and food menu planning. *У 2022 IEEE 3rd international conference on electronics, control, optimization and computer science (ICECOCS). IEEE*. https://doi.org/10.1109/icecocs55148.2022.9983099

Baker, R., & Jackson, T. (2019). Reducing Chronic Disease Risk Through AI-Powered Diets. *Journal of Preventive Health*, 14(1), 99-116.

Baowaly, M. K., Lin, C.-C., Liu, C.-L., & Chen, K.-T. (2018). Synthesizing electronic health records using improved generative adversarial networks. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 26(3), 228–241. https://doi.org/10.1093/jamia/ocy142

Begum Kalyoncu Atasoy, Z., Avery, A., & Goktas, P. (2024). Artificial Intelligence-Powered Nutrition Strategies: A Focus on Vulnerable Populations. *Kompass Nutrition & Dietetics*, 23(1), 49-52. https://10.1159/000538139

Brown, M., & Taylor, D. (2023). Wearable Devices and IoT in Nutrition Monitoring. *Journal of Connected Health*, 19(1), 88-104.

Brown, A.W., Bohan Brown, M.M., & Allison, D.B. (2021). Using machine learning to personalize diet recommendations: A scoping review. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 121, 1995-2011. https://doi.org/10.1016/j.jand.2021.05.004

Busad, A., Suchitha, G., Darshan Gowda, T., Lakshmi, S., & Shalini Gowda, K. (2023). Computer Vision based Food Recognition with Nutrition Analysis. *International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT),* 11(1), 254-261. Retrieved at: https://www.ijcrt.org/papers/IJCRT2301042.pdf

Campbell, R., & Foster, J. (2021). AI and Computer Vision in Food Analysis. *Journal of Food Safety and Quality*, 20(1), 99-115.

Carter, N., & Miller, S. (2022). Integrating Genetic Data for Personalized Nutrition. *Journal of Genomics and Nutrition*, 9(3), 150-167.

Chen, H., & Wang, Q. (2018). Machine Learning in Nutrition: Past, Present and Future. *Journal of Artificial Intelligence in Healthcare*, 7(2), 101-119.

Chen, M., Dhingra, K., Wu, W., Yang, L., Sukthankar, R., & Yang, J. (2009). PFID: Pittsburgh fast-food image dataset. In *International Conference on Image Processing* (289-292). Cairo, Egypt. https://10.1109/ICIP.2009.5413511

Chew, HSJ, Chew, NW, Loong, SSE, Lim, SL, Tam, WSW, Chin, YH, Chao, AM, Dimitriadis, GK, Gao, Y, So, JBY, Shabbir, A, & Ngiam, KY. (2024). Effectiveness of an Artificial Intelligence-Assisted App for Improving Eating Behaviors: Mixed Methods Evaluation. *Journal of Medical Internet Research*, 7, 26:e46036. https://10.2196/46036.

Lozano, CP, Canty, EN, Saha, S, Broyles, ST, Beyl, RA, Apolzan, JW, Martin, CK. (2023). Validity of an Artificial Intelligence-Based Application to Identify Foods and Estimate Energy Intake Among Adults: A Pilot Study. *Current Developments in Nutrition,* 7(11), 102009. https://10.1016/j.cdnut.2023.102009.

Coates, A.M., Siervo, M., & Lindley, M.R. (2020). Artificial intelligence and the future of nutritional science. *Proceedings of the Nutrition Society*, 79, 425-430. https://doi.org/10.1017/S0029665120006733

Collins, H., & Richardson, S. (2017). Integrating Diverse Data for Personalized Nutrition. *Journal of Integrative Health*, 6(4), 275-292.

Côté, M., & Lamarche, B. (2021). Artificial intelligence in nutrition research: Perspectives on current and future applications. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 15, 1-8. https://10.1139/apnm-2021-0448

Cunha, C., Duarte, P., & Oliveira, R. (2023). Nutrition Control System Based on Short-term Personal Demands. *Procedia Computer Science*, 224, 565–571. https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.09.082

Davis, K., & Robinson, F. (2017). Deep Learning for Chronic Disease Management. *Journal of Healthcare Technology*, 8(2), 123-138.

Detopoulou, P. et al. (2024). Artificial intelligence, nutrition, and ethical issues: A mini-review. *Clinical Nutrition Open Science*, 50, 46-56.

Gibson, R. S. (2005). Principles of Nutritional Assessment (2nd ed.). Oxford University Press.

Farinella, G. M., Furnari, A., & Ragusa, F. (2022). Sistemi di Visione Artificiale Indossabili in Ambienti Industriali. In *Ital-IA Convegno Nazionale CINI sull'Intelligenza Artificiale* Roma.

Gopalan, H.S., & Jayaraman, R. (2020). A review of the applications of artificial intelligence in dietetics. *Journal of the American Dietetic Association*, 120, 962-972. https://doi.org/10.1016/j.jada.2020.02.014

Hall, K., & Martin, G. (2021). The Future of AI in Nutritional Science. *Journal of Advanced Nutritional Studies*, 16(3), 199-216.

Hasan, W. U., K. Tuz Zaman, M. S. A. T. Zadeh and J. Li (2022). Eat This, Not That! – a Personalised Restaurant Menu Decoder That Helps You Pick the Right Food. In *International Conference on E-health Networking, Application & Services (HealthCom)* (pp. 43-48). Genoa, Italy. https://10.1109/HealthCom54947.2022.9982770

Hiraguchi, H, Perone, P, Toet, A, Camps, G, & Brouwer, A-M. (2023). Technology to Automatically Record Eating Behavior in Real Life: A Systematic Review. *Sensors*, 23(18), 7757. https://doi.org/10.3390/s23187757

Hoang, YN, Chen, Y, Ho, DKN, et al. (2023). Consistency and Accuracy of Artificial Intelligence for Providing Nutritional Information. *JAMA Network Open*, 6(12):e2350367. https://10.1001/jamanetworkopen.2023.50367

Islam, T., Joyita, A. R., Alam, M. G. R., Mehedi Hassan, M., Hassan, M. R. and Gravina, R., (2023). Human-Behavior-Based Personalized Meal Recommendation and Menu Planning Social System. *IEEE Transactions on Computational Social Systems*, vol. 10, no. 4, 2099-2110. https://10.1109/TCSS.2022.3213506

Johnson, A., & White, P. (2019). Historical Perspectives on the Use of AI in Nutrition. *Journal of Nutrition and Food Technology*, 14(1), 45-59.

Johnson, R.K., Foster, G.D., Gallagher, K.I., & Waite, R.R. (2021). The potential of AI-driven personalized nutrition for addressing public health challenges: A review. *Nutrition Reviews*, 79, 410-425. https://doi.org/10.1093/nutrit/nuaa077

Jones, J.L., Wilson, M.L., Williams, A.C., & Williams, M.T. (2021). Integrating AI into dietary interventions: Opportunities and challenges. *Journal of Nutritional Science*, 10, e31. https://doi.org/10.1017/jns.2021.26

Joshi, S., Bisht, B., Kumar, V. et al. (2024). Artificial intelligence assisted food science and nutrition perspective for smart nutrition research and healthcare. *Systems Microbiology and Biomanufacturing,* 4, 86–101. https://doi.org/10.1007/s43393-023-00200-4

Vandeputte, J, Herold, P, Kuslii, M, Viappiani, P, Muller, L, Martin, C, Davidenko, O, Delaere, F, Manfredotti, C, Cornuéjols, A, & Darcel, N. (2023). Principles and Validations of an Artificial Intelligence-Based Recommender System Suggesting Acceptable Food Changes. *The Journal of Nutrition*, 153(2), 598-604. https:// 10.1016/j.tjnut.2022.12.022

Kansaksiri, P., Panomkhet, P., & Tantisuwichwong, N. (2023). Smart Cuisine: Generative Recipe & ChatGPT Powered Nutrition Assistancefor Sustainable Cooking. *Procedia Computer Science*, 225, 2028–2036.

Kaushal, S., Tammineni, D. K., Rana, P., Sharma, M., Sridhar, K., & Chen, H.-H. (2024). Computer vision and deep learning-based approaches for detection of food nutrients/nutrition: New insights and advances. *Trends in Food Science & Technology*, 146, 104408. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104408

Kavita, M. S. (2021). Application of Artificial Intelligence on Nutrition Assessment and Management. *European Journal of Pharmaceutical and Medical Research*, 8, 170-174.

Kazanskiy, N. L., Khonina, S. N., & Butt, M. A. (2023). Smart Contact Lenses-A Step towards Non-Invasive Continuous Eye Health Monitoring. *Biosensors*, 13(10), 933. https://doi.org/10.3390/bios13100933

Kelly, J.T., Collins, P.F., McCamley, J., Ball, L., Roberts, S., & Campbell, K.L. (2021). Digital disruption of dietetics: Are we ready? *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 34, 134–146.

Khamis, M.M., Aglave, R., & Khamis, A. (2021). AI-driven solutions in dietetics: Emerging trends and applications. *Nutrition and Metabolic Insights*, 14, 117863882110094. https://doi.org/10.1177/11786388211009466

Khan, M. I., Acharya, B., & Chaurasiya, R. K. (2022). iHearken: Chewing sound signal analysis based food intake recognition system using Bi-LSTM softmax network. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 221, 106843. https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2022.106843

Khan, M.I., Acharya, B., & Chaurasiya, R.K. (2022). iHearken: Chewing Sound Signal Analysis Based Food Intake Recognition SystemUsing Bi-LSTM Softmax Network. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 221, 106843

Khan, M, & Agarwal, S, & Vatsa, M, & Singh, R, & Singh, K. (2023). NutriAI: AI-Powered Child Malnutrition Assessment in Low-Resource Environments. In *Proceedings of the Thirty-Second International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-23), Special Track on AI for Good (Projects)* (pp. 6378- 6385). https://doi.org/10.24963/ijcai.2023/708.

Kim, S., & Park, J. (2022). Virtual and Augmented Reality for Nutrition Education. *Journal of Interactive Health*, 14(2), 156-173.

Kirk, D., Kok, E., Tufano, M., Tekinerdogan, B., Feskens, E.J.M., & Camps, G. (2022). Machine Learning in Nutrition Research. *Advances in Nutrition*, 13, 2573–2589.

Lee, A, Mavaddat, N, Wilcox, AN, et al. (2019). BOADICEA: a comprehensive breast cancer risk prediction model incorporating genetic and nongenetic risk factors. *Genetics in Medicine*, 21(8), 1708-1718. https://10.1038/s41436-018-0406-9

Lewis, T., & Lee, K. (2023). Personalized Diets Using AI: Benefits and Challenges. *Journal of Health Informatics*, 18(1), 56-72.

Li, T, Wei, W, Xing, S, Min, W, Zhang, C, & Jiang, S. (2023). Deep Learning-Based Near-Infrared Hyperspectral Imaging for Food Nutrition Estimation. *Foods*, 12(17), 3145. https://doi.org/10.3390/foods12173145

Li, D., Zaki, M.J., & Chen, C. (2023). Health-Guided Recipe Recommendation over Knowledge Graphs. *Journal of Web Semantics*, 75, 100743.

Liang, Y., & Li, J. (2017). Computer vision-based food calorie estimation: dataset, method, and experiment. *arXiv*:1705.07632

Liu, S., Liu, Y., & Han, S. (2016). Calorie Mama: A Mobile-based Food Recognition System for Dietary Tracking.

Lo, Frank P-W., Qiu, J., Wang, Z., Chen, J., Xiao, B., Yuan, W., ... & Lo, B. (2023). Dietary Assessment with Multimodal ChatGPT: A Systematic Analysis. *arXiv* preprint arXiv:2312.08592.

Lu, Y, Stathopoulou, T, Vasiloglou, MF, et al. (2019). An Artificial Intelligence-Based System for Nutrient Intake Assessment of Hospitalised Patients. In *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC),* (pp. 5696-5699). https://10.1109/EMBC.2019.8856889

Lu, Y, Stathopoulou, T, Vasiloglou, MF, Christodoulidis, S, Blum, B, Walser, T, Meier, V, Stanga, Z, Mougiakakou, SG. (2019). An Artificial Intelligence-Based System for Nutrient Intake Assessment of Hospitalised Patients. In *41st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, (pp. 5696-5699). Berlin, Germany. https://10.1109/EMBC.2019.8856889

Lucassen, D.A., Lasschuijt, M.P., Camps, G., Van Loo, E.J., Fischer, A.R.H., de Vries, R.A.J., Haarman, J.A.M., Simons, M., de Vet, E., Bos-de Vos, M., et al. (2021). Short and Long-Term Innovations on Dietary Behavior Assessment and Coaching: Present Efforts and Vision of the Pride and Prejudice Consortium. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18, 7877. https://doi.org/10.3390/ijerph18157877

Ma, L., Chen, H., Wu, Y., Yuan, H., & Xu, F. (2021). The Role of Artificial Intelligence in Nutrition Research: A Review of Current Applications and Future Directions. *Frontiers in Nutrition*, 8, 663228. https://doi.org/10.3389/fnut.2021.663228

Martin, CK, Kaya, S, & Gunturk, BK. (2009). Quantification of food intake using food image analysis. In *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC),* 2009:6869-72. https://10.1109/IEMBS.2009.5333123

Martinez, A., & Clark, D. (2016). AI in Personalized Treatment Plans. *Journal of Medical Informatics*, 10(3), 245-262.

Martínez-Rodríguez, A, Martínez-Olcina, M, Mora, J, Navarro, P, Caturla, N, & Jones, J. (2022). New App-Based Dietary and Lifestyle Intervention on Weight Loss and Cardiovascular Health. *Sensors*, 22(3):768. https://doi.org/10.3390/s22030768

Matheny, ME, Whicher, D, Thadaney Israni, S. (2020). Artificial Intelligence in Health Care: A Report From the National Academy of Medicine. *Journal of the American Medical Association*, 323(6):509-510. https://10.1001/jama.2019.21579

Mayo, RC, & Leung, J. (2018). Artificial intelligence and deep learning-Radiology's next frontier? *Clinical Imaging,* 49, 87-88. https://10.1016/j.clinimag.2017.11.007

Mc Ginnis, JM, Williams-Russo, P, & Knickman, JR. (2002). The case for more active policy attention to health promotion. *Health affairs (Millwood),* 21(2), 78-93. https://10.1377/hlthaff.21.2.78

Mertes, G., Ding, L., Chen, W., Hallez, H., Jia, J., & Vanrumste, B. (2020). Measuring and localizing individual bites using a sensor augmented plate during unrestricted eating for the aging population. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics,* 24, 1509–1518.

Haman, M, Školník, M, Lošťák, & M. (2024). AI dietician: Unveiling the accuracy of ChatGPT's nutritional estimations. *Nutrition*, 119, 112325. https://doi.org/10.1016/j.nut.2023.112325

Migliorelli, C., Ros-Freixedes, L., Gomez-Martinez, M., Sistach-Bosch, L., & Orte, S. (2023). Carpediem: Investigating the Interactions of Health Pillars to Design Holistic Recommendations for Achieving Long-Term Changes in Lifestyle Behaviours. In: *Arai, K. (eds) Intelligent Computing. SAI 2023. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 711. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-37717-4_91

Miyazawa, T. et al. (2022). Artificial intelligence in food science and nutrition: a narrative review. *Nutrition Reviews*, 80(12), 2288-2300. doi:10.1093/nutrit/nuacd133

Moore, D., & Adams, L. (2021). Real-Time Dietary Recommendations Using AI. *Journal of Real-Time Health Monitoring*, 12(4), 89-106.

Naja, F., Taktouk, M., Matbouli, D. et al. (2024). Artificial intelligence chatbots for the nutrition management of diabetes and the metabolic syndrome. *Eur J Clinical Nutrition*, 78, 887–896. https://doi.org/10.1038/s41430-024-01476-y

Neha, K., P. Sanjan, S. Hariharan, S. Namitha, A. Jyoshna and A. B. Prasad (2023). Food Prediction based on Recipe using Machine Learning Algorithms. In *Second International Conference on Augmented Intelligence and Sustainable Systems (ICAISS)*, pp. 411-416. Trichy, India, https://10.1109/ICAISS58487.2023.10250758

Nutritional Cancer Institute (2024). URL: https://www.cancer.gov/publications/dictionaries/cancer-terms/def/nutritionist

Olivera, D., Sampaio, C., Lima, T., & Ramos, L. (2021). Machine Learning in Nutrition Research: Algorithms and Applications. *Nutrition Research Reviews*, 34, 295-306. URL: https://doi.org/10.1017/S0954422412000174

Owoc, M. L., Sawicka, A., & Weichbroth, P. (2021). Artificial Intelligence Technologies in Education: Benefits, Challenges and Strategies of Implementation. In M. L. Owoc, & M. Pondel (Eds.), Artificial Intelligence for Knowledge Management (pp. 37-58). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85001-2_4

Papapanagiotou, V., Ganotakis, S., & Delopoulos, A. (2021). Bite-weight estimation using commercial ear buds. In *Proceedings of the 43rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC)* (pp. 7182–7185). Guadalajara, Jalisco, Mexico.

Parikh, RB, Teeple, S, & Navathe, AS. (2019). Addressing Bias in Artificial Intelligence in Health Care. *Journal of the American Medical Association*, 322(24), 2377-2378. https://10.1001/jama.2019.18058

Parker, J., & Nelson, E. (2023). Comprehensive Models for Disease Prediction Using AI. *Journal of Computational Medicine*, 17(1), 67-82.

Patel, S., & Kumar, R. (2017). Deep Learning for Personalized Nutrition: A Review. *Journal of Computational Health*, 5(3), 211-230.

Qiu, J., F. P., Lo, W. and Lo, B. (2019). Assessing Individual Dietary Intake in Food Sharing Scenarios with a 360 Camera and Deep Learning. In *IEEE 16th International Conference on Wearable and Implantable Body Sensor Networks (BSN)* (pp. 1-4). Chicago, IL, USA. https://10.1109/BSN.2019.8771095

Rahmath Nisha, S., Aarthi, M., Shyamala, C., Pavithra, M., Vallipriyadharshini, K., & Raj, B.S. (2023). Intelligent Nutrition AssistantApplication. In *Proceedings of the 2023 12th International Conference on Advanced Computing (ICoAC)* (pp. 1–6). Chennai, India.

Ribeiro, D, Barbosa, T, Ribeiro, J, Sousa, F, Vieira, EF, Silva, M, & Silva, A. (2022). SousChef System for Personalized Meal Recommendations: A Validation Study. *Applied Sciences*, 12(2), 702. https://doi.org/10.3390/app12020702

Roberts, M., & Green, J. (2016). Early Applications of AI in Nutritional Analysis. *Journal of Food and Nutrition Research*, 11(2), 85-102.

Rokhva, S., Teimourpour, B., & Soltani, A. H. (2024). Computer Vision in the Food Industry: Accurate, Real-time, and Automatic Food Recognition with Pretrained MobileNetV2. *arXiv preprint arXiv*:2405.11621.

Safitri, S., Mantoro, T., Bhakti, M.A.C., & Wandy, W. (2023). Cooking and Food Information Chatbot System Using GPT-3. In *Proceedingsof the 2023 IEEE 9th International Conference on Computing, Engineering and Design (ICCED)* (pp. 1–6). Kuala Lumpur, Malaysia.

Sak, J, & Suchodolska, M. (2021). Artificial Intelligence in Nutrients Science Research: A Review. *Nutrients*, 13(2), 322. https://doi.org/10.3390/nu13020322

Salinari, A., Machì, M., Armas Diaz, Y., Cianciosi, D., Qi, Z., Yang, B., Ferreiro Cotorruelo, M.S., Villar, S.G., Dzul Lopez, L.A., Battino, M., et al. (2023). The Application of Digital Technologies and Artificial Intelligence in Healthcare: An Overview on Nutrition Assessment. *Diseases*, 11, 97.

Sanders, P., & Ross, M. (2020). Spectroscopy and AI in Food Composition Analysis. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(3), 211-229.

Saxena, R, Saxena, RR, & Saxena, AR. (2018). Microbiomics in the Molecular Era: A Bird's Eye View into the Future of Personalized Medicine. *Acta Scientific Microbiology*, 1(8), 34-39.

Saxena, R., Sharma, V., Saxena, A. R., & Patel, A. (2024). Harnessing AI and Gut Microbiome Research for Precision Health. *Journal of Artificial Intelligence General Science (JAIGS)*, 74–88. https://doi.org/10.60087/jaigs.v3i1.68

Schuller, D.M., & Schuller, B.W. (2020). The Challenge of Automatic Eating Behaviour Analysis and Tracking. In *Costin, H., Schuller, B., Florea, A. (eds) Recent Advances in Intelligent*

Assistive Technologies: Paradigms and Applications. Intelligent Systems Reference Library. (Vol 170). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-30817-9_8

Sen, R., Karthikeyan, K., Prabhakar, P., Vishwakarma, J., Gupta, G., Mishra, S., Mishra, A., Chaurasia, J., Hashmi, S. A. R., Mondal, D., Solanki, P, Srivastava, A., Dhand, C., & Dwivedi, N. (2022). Fast Tracking of Adulterants and Bacterial Contamination in Food via Raman and Infrared Spectroscopies: Paving the Way for a Healthy and Safe World. *Sensors & Diagnostics*. 1. https://10.1039/D1SD00046B

Shajari, S, Kuruvinashetti, K, Komeili, A, Sundararaj, U. (2023).The Emergence of AI-Based Wearable Sensors for Digital Health Technology: A Review. *Sensors*, 23(23), 9498. https://doi.org/10.3390/s23239498

Sharma, V., Sharma, V., Khan, A., Wassmer, DJ., Schoenholtz, M.D., Hontecillas, R., Bassaganya-Riera, J., Z. and R. and Abedi, V. (2020). Malnutrition, Health and the Role of Machine Learning in Clinical Setting. *Frontiers in Nutrition*, 7, 44. https://10.3389/fnut.2020.00044

Sharma, S. K., & Gaur, S. (2024). Optimizing Nutritional Outcomes: The Role of AI in Personalized Diet Planning. *International Journal for Research Publication and Seminar*, 15(2), 107–116. https://doi.org/10.36676/jrps.v15.i2.15

Shima, H, Masuda, S, Date, Y, et al. (2017). Exploring the Impact of Food on the Gut Ecosystem Based on the Combination of Machine Learning and Network Visualization. *Nutrients*, 9(12), 1307. doi:10.3390/nu9121307

Singar, S, Nagpa, R, Arjmandi, BH, & Akhavan, NS. (2024). Personalized Nutrition: Tailoring Dietary Recommendations through Genetic Insights. *Nutrients*, 16(16), 2673. https://doi.org/10.3390/nu16162673

Singh, S., Mishra, S., Rani, R., & Gupta, P.K. (2021). Role of AI in personalized nutrition and precision medicine: Current insights and future directions. *Frontiers in Nutrition*, 8, 748589. https://doi.org/10.3389/fnut.2021.748589

Smith, L., & Thompson, M. (2021). The Role of AI in Personalized Nutrition. *Journal of Medical Nutrition*, 15(3), 223-245.

Sonkusale, S. (2022). Smart Threads for Tissue-Embedded Bioelectronics. In *Proceedings of the 2022 IEEE Custom Integrated Circuits Conference (CICC)* (pp. 1–7). Newport Beach, CA, USA.

Sosa-Holwerda, A, Park, O-H, Albracht-Schulte, K, Niraula, S, Thompson, L, & Oldewage-Theron, W. (2024). The Role of Artificial Intelligence in Nutrition Research: A Scoping Review. *Nutrients*, 16(13), 2066. https://doi.org/10.3390/nu16132066

Stewart, L., Hughes, G. (2022). AI for Real-Time Health Monitoring and Recommendations. *Journal of Mobile Health*, 13(2), 112-130.

Miyazawa, T, Hiratsuka, Y, Toda, M, Hatakeyama, N, Ozawa, H, Abe, C, Cheng, TY, Matsushima, Y, Miyawaki, Y, Ashida, K, Iimura, J, Tsuda, T, Bushita, H, Tomonobu, K, Ohta, S, Chung, H, Omae, Y, Yamamoto, T, Morinaga, M, Ochi, H, Nakada, H, Otsuka, K, & Miyazawa, T. (2022). Artificial intelligence in food science and nutrition: a narrative review. *Nutrition Rev*iews, Volume 80, Issue 12, 2288–2300. https://doi.org/10.1093/nutrit/nuac033

Takahashi, C., Matsushita, M., & Yamanishi, R. (2023). Exploration Cycle Finding a Better Dining Experience: A Framework of Meal-Plates. *Procedia Computer Science*, 225, 2902–2911.

Tan, P. Y., Moore, J. B., Bai, L., Tang, G., & Gong, Y. Y. (2022). In the context of the triple burden of malnutrition: A systematic review of gene-diet interactions and nutritional status. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(11), 3235–3263. https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2131727

Theodore Armand, TP, Nfor KA, Kim, J-I, & Kim, H-C. (2024). Applications of Artificial Intelligence, Machine Learning, and Deep Learning in Nutrition: A Systematic Review. *Nutrients,* 16(7):1073. https://doi.org/10.3390/nu16071073

Thomas, D.M., Kleinberg, S., Brown, A.W., Crow, M., Bastian, N.D., Reisweber, N., Lasater, R., Kendall, T., Shafto, P., Blaine, R., et al. (2022). Machine learning modeling practices to support the principles of AI and ethics in nutrition research. *Nutrition & Diabetes*, *12*, 48.

Topol, EJ. (2019). High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nature Medicine*, 25(1), 44-56. https://10.1038/s41591-018-0300-7 66

Hashimoto, DA, Rosman, G, Rus, D, Meireles, OR. (2018). Artificial Intelligence in Surgery: Promises and Perils. *Annals of Surgery*, 268(1):70-76. https://10.1097/SLA.0000000000002693

Tsolakidis, D, Gymnopoulos, LP, & Dimitropoulos, K. (2024). Artificial Intelligence and Machine Learning Technologies for Personalized Nutrition: A Review. *Informatics*, 11, 62. https://10.3390/informatics11030062

Turner, J., & Morgan, L. (2018). Automation in Food Processing with AI. *Journal of Food Technology*, 15(3), 183-198.

Kakani, V, Nguyen, VH, Kumar, BP, Kim, H, & Pasupuleti, VR. (2020). A critical review on computer vision and artificial intelligence in food industry. *Journal of Agriculture and Food Research*, 2, 100033. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100033.

Vitolins, M.Z., & Case, T.L. (2020). What Makes Nutrition Research So Difficult to Conduct and Interpret? *Diabetes Spectrum*, 33, 113–117.

Wahl, B., Cossy-Gantner, A., Germann, S., & Schwalbe, N.R. (2018). Artificial intelligence (AI) and global health: How can AI contribute to health in resource-poor settings? *BMJ Global Health*, 3, e000798.

Wang, F, & Preininger, A. (2019). AI in Health: State of the Art, Challenges, and Future Directions. *Yearbook of Medical Informatics*, 28(1), 16-26. https://10.1055/s-0039-1677908

Wang, L., Allman-Farinelli, M., Yang, J.-A., Taylor, J.C., Gemming, L., Hekler, E., & Rangan, A. (2022). Enhancing Nutrition Care Through Real-Time, Sensor-Based Capture of Eating Occasions: A Scoping Review. *Frontiers in Nutrition*, 9. https://doi.org/10.3389/fnut.2022.852984

Wang, M., Yang, Y., Min, J., Song, Y., Tu, J., Mukasa, D., Ye, C., Xu, C., Heflin, N., McCune, J.S., et al. (2022). A Wearable ElectrochemicalBiosensor for the Monitoring of Metabolites and Nutrients. *Nature Biomedical Engineering*, 6, 1225–1235.

Wang, S., Xia, K., Yang, Y., Qiu, R., Qi, Y., Miao, Q., Xie, W., & Liu, T. A. (2022). Recommender System for Healthy Food Choices Based on Integer Programming. In *Advances in Transdisciplinary Engineering; Chen, C.-H., Scapellato, A., Barbiero, A., Korzun, D.G., Eds*.; IOS Press: Amsterdam, The Netherlands.

Watkins, B., Odallo, L., & Yu, J. (2024). Artificial intelligence for the practical assessment of nutritional status in emergencies. *Expert Systems,* 41, e13550.

West, D.J., Turner, A., Hughes, G., & Jeukendrup, A.E. (2020). Personalized nutrition using artificial intelligence: A review. *Nutrients*. 12, 456. https://doi.org/10.3390/nu12020456

Wilson-Barnes, S, Pongcharoenyong, L, Gymopoulos, L, et al. (2022). The utility of breath volatile organic compound (VOC) sampling as a biomarker of sub-optimal nutritional status: a UK pilot study. *Proceedings of the Nutrition Society*. 81(OCE4):E90. https://10.1017/S0029665122001197

Wright, B., & Allen, C. (2019). Portable Devices for Food Safety Using AI. *Journal of Food Safety Technology*, 18(2), 145-162.

Wu, H. et al. (2022). A Visually-Aware Food Analysis System for Diet Management. In *IEEE International Conference on Multimedia and Expo Workshops (ICMEW)* (pp. 1-1). Taipei City, Taiwan. https://10.1109/ICMEW56448.2022.9859471

Xia, Y., Khamis, M., Fernandez, F. A., Heidari, H., Butt, H., Ahmed, Z., Wilkinson, T., & Ghannam, R. (2022). State-of-the-Art in Smart Contact Lenses for Human-Machine Interaction. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*. URL: https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10180151/1/State-of-the-Art%20in%20Smart%20Contact%20Lenses%20for%20Human-Machine%20Interaction.pdf

Yang, J. (2022). Genetic Data Analysis and Business Process Management Platform for Personalized Nutrition Service. In: *Gervasi, O., Murgante, B., Misra, S., Rocha, A.M.A.C., Garau, C. (eds) Computational Science and Its Applications – ICCSA 2022 Workshops*. *Lecture Notes in*

Computer Science. vol 13381. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-10548-7_40

Yang, J. (2023). Using nutrigenomics to guide personalized nutrition supplementation for bolstering immune system. *Health Information Science and Systems,* 11, 4. https://doi.org/10.1007/s13755-022-00208-5

Yang, S., Chen, M., Pomerleau, D., and Sukthankar, R. (2010). Food recognition using statistics of pairwise local features. *Computer Vision and Pattern Recognition* (*CVPR)*. URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/5 539907

Yera, R., Alzahrani, A.A., & Martínez, L. (2022). Exploring Post-Hoc Agnostic Models for Explainable Cooking Recipe Recommendations. *Knowledge-Based Systems,* 251, 109216.

Yoon, J, Drumright, LN, & van der Schaar, M. (2020). Anonymization Through Data Synthesis Using Generative Adversarial Networks (ADS-GAN). *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics,* 24(8), 2378-2388. https://10.1109/JBHI.2020.2980262

Young, E., & Harris, B. (2018). AI in Disease Prediction: Applications in Nutrition. *Journal of Predictive Medicine*, 6(3), 200-219.

Eskin, Yu, and Mihailidis, A. (2012). An Intelligent Nutritional Assessment System. AAAI Technical report FS-12-01. *Association for the Advancement of Artificial Intelligence*, pp 2-6.

Zamanillo-Campos, R, Fiol-deRoque, MA, Serrano-Ripoll, MJ, Mira-Martínez, S, & Ricci-Cabello, I. (2023). Development and evaluation of DiabeText, a personalized mHealth intervention to support medication adherence and lifestyle change behaviour in patients with type 2 diabetes in Spain: A mixed-methods phase II pragmatic randomized controlled clinical trial. *International Journal of Medical Informatics,* 176, 105103. https://10.1016/j.ijmedinf.2023.105103

Zhou, T, Wang, M, Ma, H, Li, X, Heianza, Y, & Qi, L. (2021). Dietary Fiber, Genetic Variations of Gut Microbiota-derived Short-chain Fatty Acids, and Bone Health in UK Biobank. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism,* 106(1), 201-210. https://10.1210/clinem/dgaa740

Zuhair, V., Babar, A., Ali, R., Oduoye, M.O., Noor, Z., Chris, K., Okon, I.I., & Rehman, L.U. (2024). Exploring the Impact of Artificial Intelligence on Global Health and Enhancing Healthcare in Developing Nations. *Journal of Primary Care & Community Health,* 15, 21501319241245847.

Zukowska, J., Matuszewski, T., Gacek, M., & Sadowska, D. (2020). The use of artificial intelligence in dietetics-current state and potential applications. *Nutrients*, 3619. https://doi.org/10.3390/nu12123619

Отримано 14.10.2024 р., прийнято до друку 15.01.2025 р.

УДК 637.523:577.112.37:582.232
https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2025.126

АМІНОКИСЛОТНИЙ СКЛАД ВАРЕНИХ КОВБАСНИХ ВИРОБІВ ЗБАГАЧЕНИХ ХЛОРЕЛОЮ

Людмила Володимирівна Кулакова,
здобувачка ступеня доктора філософії,
https://orcid.org/0009-0004-8499-3886,
Національний університет біоресурсів і природокористування України,
03041, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, Україна
Юлія Володимирівна Слива,
кандидат технічних наук, доцент,
https://orcid.org/0000-0003-2592-6822,
Національний університет біоресурсів і природокористування України,
03041, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, Україна

Анотація. *Оцінка амінокислотного складу варених ковбасних виробів є важливою складовою для визначення їх харчової цінності та поживних властивостей готового продукту. Перспективним в технології варених ковбасних виробів є використання хлорели, яка переважає за амінокислотним складом окремі види традиційно використовуваних морських водоростей. Метою статті є дослідження амінокислотного складу ковбасних виробів із додаванням хлорели. Масову частку незамінних амінокислот у контролі та дослідних зразках визначали хроматографічним методом. Амінокислотний скор, коефіцієнт його розбіжності та біологічну цінність визначали розрахунковим методом. За результатами визначення вмісту незамінних амінокислот встановлено, що дослідний зразок 1 має більшу їх кількість порівняно з контролем, а саме гістидину – на 7,37 %, ізолейцину – на 25,04 %, лізину – на 19,75 %, лейцину – на 15,63 %, треоніну – на 10,06 %, валіну – на 7,26 %, метіоніну – на 7,00 %, триптофану – на 3,60 %, фенілаланіну – на 2,07 %. Встановлено, що розроблені зразки ковбасних виробів із додаванням хлорели є джерелом лейцину, лізину та ізолейцину. Розрахунок амінокислотного скору у дослідних зразках показав, що усі незамінні амінокислоти мають значення 100 % та вище, лімітованою амінокислотою є треонін, скор якої складає 102 % для зразка 1 та 101 % для зразка 2, а найбільший скор належить гістидину – 175 % для першого зразка та 165 % для другого. Встановлено, що коефіцієнт розбіжності амінокислотного скору у дослідних зразках 1 та 2 є нижчим на 2,88 % та 1,34 % у порівнянні з контролем, а показники біологічної цінності відповідно вищими на 2,88 % та 1,34 % порівняно з контролем. Отже, введення в рецептуру хлорели, дозволяє покращити амінокислотний склад готового ковбасного виробу, завдяки збалансованому набору незамінних амінокислот.*

Ключові слова: *варена ковбаса, морські водорості, білок, незамінні амінокислоти, біологічна цінність.*

UDC 637.523:577.112.37:582.232
https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2025.126

AMINO ACID COMPOSITION OF COOKED SAUSAGE PRODUCTS ENRICHED WITH CHLORELLA

Liudmyla Kulakova,
Applicants for higher education with the degree of Doctor of Philosophy,
https://orcid.org/0009-0004-8499-3886,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
03041, Heroiv Oborony Str., 15, Kyiv, Ukraine.
Yuliia Slyva,
PhD in Technical Sciences, Associate Professor,
https://orcid.org/0000-0003-2592-6822,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
03041, Heroiv Oborony Str., 15, Kyiv, Ukraine.

Abstract. *Evaluation of the amino acid composition of cooked sausage products is an important component for determining their nutritional value and nutritional properties of the finished product. Promising in the technology of cooked sausages is the use of chlorella, which prevails in the amino acid composition of certain types of traditionally used seaweed. The aim of the article is to study the amino acid composition of sausage products with the addition of chlorella. The mass fraction of essential amino acids in the control and experimental samples was determined by chromatographic method. The amino acid ratio, its coefficient of variation, and biological value were determined by the calculation method. According to the results of determining the content of essential amino acids, it was found that experimental sample 1 has a higher amount of them compared to the control, namely histidine - by 7,37 %, isoleucine - by 25.04 %, lysine - by 19.75 %, leucine - by 15.63 %, threonine - by 10.06 %, valine - by 7.26 %, methionine - by 7.00 %, tryptophan - by 3.60 %, phenylalanine - by 2.07 %. It was found that the developed samples of sausage products with the addition of chlorella are a source of leucine, lysine, and isoleucine. The calculation of the amino acid ratio in the experimental samples showed that all essential amino acids have a value of 100 % and above, the limited amino acid is threonine, whose ratio is 102 % for sample 1 and 101 % for sample 2, and the highest ratio belongs to histidine - 175 % for the first sample and 165 % for the second. It was found that the coefficient of amino acid scoring in experimental samples 1 and 2 is lower by 2.88 % and 1.34 % compared to the control, and the indicators of biological value are respectively higher by 2.88 % and 1.34 % compared to the control. Thus, the introduction of chlorella into the formulation allows to improve the amino acid composition of the finished sausage product due to a balanced set of essential amino acids*

Keywords: *cooked sausage, seaweed, protein, essential amino acids, biological value*

ВСТУП. Сучасні світові тенденції орієнтують м’ясопереробну галузь на виробництво безпечних, якісних та функціонально збагачених харчових продуктів. Сучасний споживач все більше орієнтується на натуральність продукції, тому виробники зменшують використання штучних консервантів, барвників та ароматизаторів. Харчові продукти збагачують вітамінами, мінералами, антиоксидантами, пробіотиками та рослинними білками, що позитивно впливає на здоров’я. Розробка нових технологій, що дозволяє зберегти властивості м’ясних продуктів без зайвих додаткових компонентів, сприяє концепції «чистого етикету» (Clean Label). Це означає, що продукти мають мінімальну кількість інгредієнтів, без штучних консервантів, барвників, ароматизаторів та інших харчових добавок (Asioli et al., 2017).

Повноцінне харчування людини залежить від надходження з їжею багатьох поживних речовин. Білок є ключовим компонентом раціону, оскільки забезпечує організм амінокислотами, необхідними для побудови та відновлення тканин (Almeida et al., 2020). Поживна якість білка визначається вмістом незамінних амінокислот, які відповідають встановленим стандартам (WHO/FAO/UNU Expert Consultation, 2007), відповідно до моделей, необхідних людському організму (Boye, et al., 2012; Gilani et al., 2012; Marinangeli et al., 2017), а також його засвоюваності та біодоступності.

Амінокислоти є основними азотовмісними елементами та структурними сполуками білків в організмі людини (Nenova & Drumeva, 2012; Vendemiatti et al., 2008). Кожна амінокислота виконує різну і важливу роль у функціонуванні організму. Незамінні амінокислоти, а саме гістидин, ізолейцин, лейцин, лізин, метіонін, фенілаланін, треонін, триптофан і валін, не можуть бути синтезовані в організмі людини і повинні надходити з їжею (Gavelle et al., 2017; Han et al., 2015; Smith et al., 1959). З іншого боку, організм людини може виробляти незамінні амінокислоти аланін, аргінін, аспарагінову кислоту, цистеїн, глутамінову кислоту, гліцин, пролін, серин і тирозин (Boye et al., 2012).

М'ясо та м'ясопродукти за своїм амінокислотним складом є найціннішою продукцією тваринництва та джерелом високоякісного білка. Рослинні білки мають більше амінокислотних структур, однак, залежно від джерела, можуть мати дефіцит деяких незамінних амінокислот. Зернові зазвичай містять низькі рівні лізину, тоді як бобові мають дефіцит метіоніну та цистеїну (Nosworthy et al., 2017). Амінокислотний склад водоростей часто вивчали і часто порівнювали з білками інших харчових продуктів, таких як бобові або яйця (Fleurence et al., 2018). Вміст білка має високу варіабельність серед різних груп морських водоростей: у червоних морських водоростях білок складає 10–30 % сухої маси; у бурих морських водоростях складає 5–15 % сухої маси; у зелених морських водоростях складає 3–47 % сухої маси. Однак, триптофан часто є лімітуючою амінокислотою в більшості видів водоростей (Dawczynski et al., 2007; Kolb et al., 1999). Лейцин та ізолейцин зазвичай зустрічаються у високих концентраціях у червоних та зелених водоростях, тоді як метіонін, гістидин і лізин часто мають нижчі показники у бурих видах водоростей (Dawczynski et al., 2007; Mišurcová et al., 2014). Цистеїн зазвичай міститься в низьких кількостях у багатьох видах морських водоростей і часто не виявляється (Kakinuma et al., 2001). Аспарагінова кислота та глутамінова кислота становлять відносно велику частку від загальної кількості амінокислот у багатьох видах морських водоростей, значною мірою сприяючи виразному смаку «умамі», пов’язаному з морськими водоростями (MacArtain et al., 2007).

Морські водорості застосовуються шляхом додавання спеціальних компонентів, попередньо витягнутих з водоростей, або шляхом включення цілих зневоднених і подрібнених водоростей (Cofrades et al., 2011).

У зв’язку з цим постає інтерес щодо порівняльної оцінки за вмістом незамінних амінокислот хлорели, як перспективного біологічно-повноцінного рослинного компонента з окремими видами морських водоростей. Результати представлено у таблиці 1.

Таблиця 1. Амінокислотний склад деяких морських водоростей

Назва незамінної амінокислоти	Вміст амінокислоти г/100 г білка			
	Chlorella	*Laminaria*	*Spirulina*	*Porphyra tenera*
Валін	5,5	4,2	4,0	6,4
Гістидин	2,3	1,3	2,9	1,4
Ізолейцин	4,7	2,7	1,4	4,0
Лейцин	6,8	5,4	3,7	8,7

Лізин	5,2	3,7	2,7	4,5
Метіонін	1,4	1,6	3,2	1,1
Треонін	4,7	4,4	0,9	4,0
Триптофан	0,9	0,8	1,0	1,3
Фенілаланін	3,5	3,2	3,2	3,9
Аспарагінова кислота	6,5	8,7	9,8	7,0
Глутамінова кислота	11,7	9,4	14,6	7,2

***Джерело**: розроблено автором на основі досліджень (Fujiwara-Arasaki et al., 1984; Misurcova et al., 2014).*

З таблиці 1 видно, що *Chlorella* має дещо вищий показник гістидину та збалансоване співвідношення інших амінокислот, хоча *Porphyra tenera* перевершує хлорелу за вмістом валіну та лейцину. *Chlorella* демонструє більш високі значення практично за всіма незамінними амінокислотами (валін, ізолейцин, лейцин, лізин, треонін, фенілаланін), у порівнянні з *Laminaria яка* має нижчі значення, окрім деяких амінокислот (аспарагінова кислота). *Spirulina* вирізняється високим вмістом метіоніну та глутамінової кислоти, однак її рівні за іншими незамінними амінокислотами (ізолейцин, треонін) є суттєво нижчими ніж у *Chlorella*.

Як зазначають автори (Kulakova and Slyva, 2024) удосконалення рецептури варених ковбасних виробів за рахунок використання морської водорості хлорели, що є цінним джерелом незамінних амінокислот, антиоксидантів, харчових волокон, вітамінів, поліненасичених жирних кислот та мінералів є перспективним рішенням.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ. Дослідити вплив додавання хлорели на формування амінокислотного складу варених ковбасних виробів для оптимізації їхньої поживної цінності.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ. Об’єктом дослідження були 3 зразки варених ковбас: №1 – контроль «Любительська свиняча» (ДСТУ 4436:2005); №2 – з хлорелою та лляною олією; №3 – з хлорелою та оливковою олією.

Зразки контрольної та розроблених рецептур варених ковбас представлені в таблиці 2.

Таблиця 2. Рецептури контрольного та дослідних зразків

Назва інгредієнта	Маса		
	контроль	дослід	
		1	2
Сировина несолена, кг/100 кг			
Свинина жилована нежирна	75	75	75
Шпик хребтовий	25	-	-
Лляна олія	-	25	-
Оливкова олія	-	-	25
Хлорела	-	1	1
Прянощі та матеріали, г/100 кг несоленої сировини			
Сіль кухонна	2500	2500	2500
Нітрит натрію	5,6	-	-
Аскорбінова кислота	-	50	50
Перець чорний мелений	85	85	85
Мускатний горіх	55	55	55

***Джерело**: Кулакова, Л., & Слива, Ю. (2024).*

Масову частку незамінних амінокислот у кашах з м'ясом (контроль та дослід) визначали хроматографічним методом (DSTU ISO 13903, 2009).

Амінокислотний скор кожної незамінної амінокислоти було розраховано за формулою 1 (Wolfe et al., 2016):

$$C_j = \frac{AK_i}{AK_i^{етал}} \cdot 100 \,, \qquad (1)$$

де C_j – амінокислотний скор і-тої незамінної амінокислоти білка, %;

AK_i – вміст незамінної амінокислоти білка, мг/г білка;

$Ak_i^{етал}$ – вміст незамінної амінокислоти в "ідеальному" білку, мг/1 г "ідеального" білка (WHO, 2007).

Коефіцієнт розбіжності амінокислотного скору (КРАС) розраховували за формулою 2:

$$KPAC = \frac{\sum_{j=1}^{N} \Delta PAC}{n} \,, \qquad (2)$$

де ΔРАС – розбіжність амінокислотного скору амінокислоти, яку розраховували за формулою 3:

$$\Delta PAC = C_i - C_{min}, \qquad (3)$$

де C_i – надлишок скору і-ої незамінної амінокислоти, %;

C_{min} – мінімальний із скорів незамінної амінокислоти досліджуваного білка щодо еталона, %;

n – кількість незамінних амінокислот.

Розрахунок біологічної цінності зразків здійснювали за формулою 4.

$$БЦ = 100 - KPAC, \qquad (4)$$

де КРАС – розрахований коефіцієнт розбіжності амінокислотного скору, %.

РЕЗУЛЬТАТИ. Результати визначення масової частки незамінних амінокислот у контрольному та дослідних зразках представлено на рисунку 1.

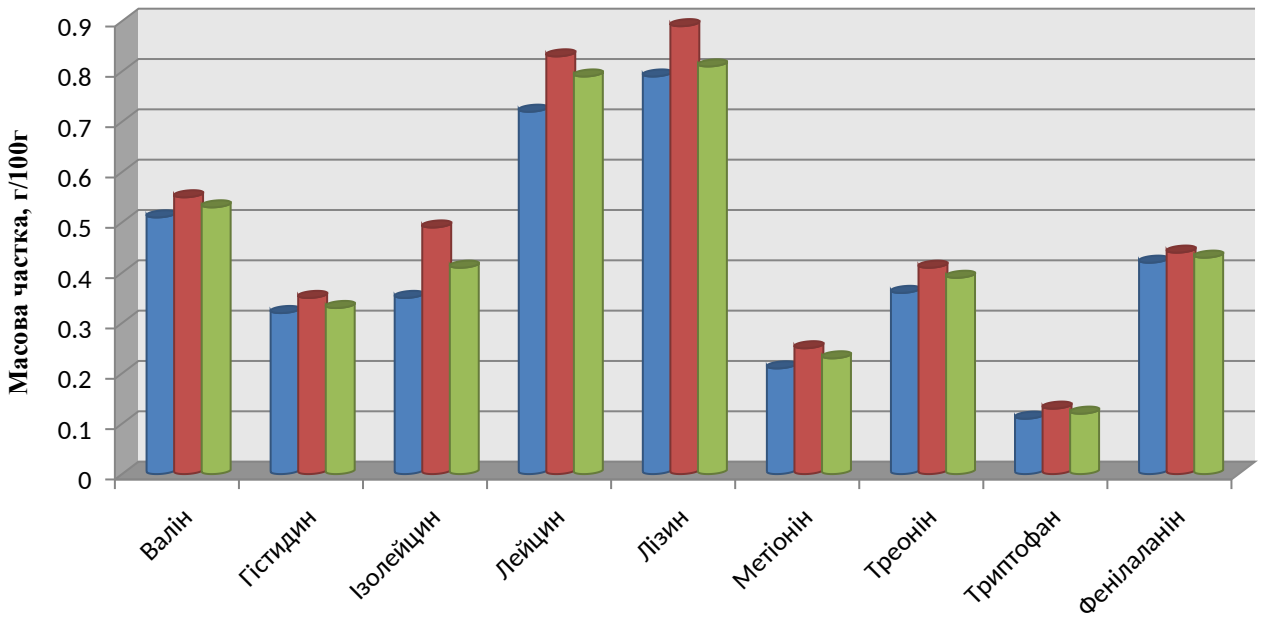


Рисунок 1. Масова частка незамінних амінокислот контрольного та дослідних зразків
***Джерело**: розроблено автором*

Згідно з даними, наведеними на рисунку 1, у дослідному зразку 1 спостерігається значно вищий вміст незамінних амінокислот порівняно з контрольним зразком, зокрема рівень гістидину зріс на 7,37 %, ізолейцину – на 25,04 %, лізину – на 19,75 %, лейцину – на

15,63 %, треоніну – на 10,06 %, валіну – на 7,26 %, метіоніну – на 7,00 %, триптофану – на 3,60 %, фенілаланіну – на 2,07 %.

Таке підвищення вмісту незамінних амінокислот свідчить про оптимізацію білкового профілю продукту. Незамінні амінокислоти є критичними для синтезу білка, оскільки організм не здатен синтезувати їх самостійно. Особливо важливими є розгалужені амінокислоти (лейцин, ізолейцин та валін), які активують сигнальний шлях mTOR, стимулюючи анаболічні процеси в м'язовій тканині та сприяючи її відновленню після фізичних навантажень. Підвищений рівень лізину може впливати на синтез колагену та покращувати функції імунної системи, адже він бере участь у транспорті жирних кислот і утворенні структурних білків. Гістидин, поряд із іншими амінокислотами, виконує роль у підтримці кислотно-лужного балансу, має антиоксидантні властивості і може впливати на імунну відповідь. Збільшення вмісту треоніну може покращити структурну організацію білків у тканинах, сприяючи кращій функціональності клітин. Метіонін та триптофан позитивно впливають на детоксикаційні процеси та антиоксидантний захист, можуть сприяти покращенню психоемоційного стану та регулювати цикли сну, що має важливе значення для загального здоров'я. Навіть незначне підвищення фенілаланіну може позитивно вплинути на нейрохімічні процеси в організмі, забезпечуючи достатній рівень попередників для синтезу важливих гормонів та нейромедіаторів (дофаміну, норадреналіну, адреналіну).

Результати оцінки якості білка за амінокислотним скором у контролі та дослідних зразках представлено на рисунку 2.

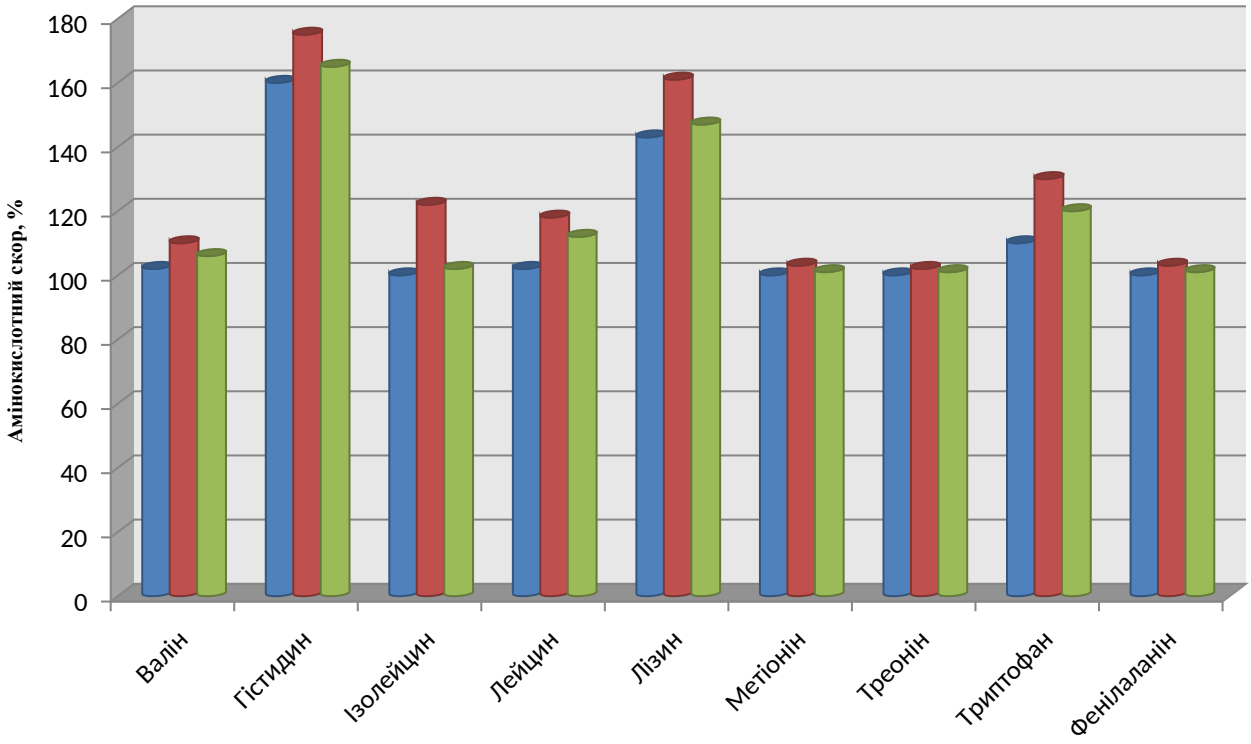


Рисунок 2. Амінокислотний скор дослідних зразків порівняно з контролем
***Джерело**: розроблено автором*

На основі аналізу отриманих результатів слід відзначити, що всі незамінні амінокислоти у дослідних зразках мають значення амінокислотного скору (АКС) 100 % і вище, що свідчить про їхню високу біологічну цінність. Лімітованою амінокислотою у дослідних зразках є треонін, значення АКС якого становить 102 % у зразку 1 та 101 % у зразку 2. Це вказує на те, що відповідно до референтного білка потреба організму у треоніні може бути забезпечена. Найвищий АКС було зафіксовано для гістидину – 175 % у зразку 1 та 165 % у зразку 2. Таке значне перевищення може забезпечувати додаткову функціональну активність у вигляді

антиоксидантного захисту, модуляції імунної відповіді та участі в метаболічних процесах, де гістидин виступає як попередник гістаміну.

Динаміка зміни АКС у дослідних зразках (рисунок 2) корелює з попередніми результатами аналізу амінокислотного складу (рисунок 1) та демонструє збільшення у порівнянні з контрольним зразком, а саме валіну – на 8 % та 4 %, гістидину – на 15 % та 5 %, ізолейцину – на 22 % та 2 %, лейцину – на 16 % та 10 %, лізину – на 18 % та 4 %, метіоніну – на 3 % та 1 %, треоніну – на 2 % та 1 %, триптофану – на 20 % та 10 %, фенілаланіну – на 3 % та 1 %.

Для оцінки харчової адекватності загального білка варених ковбасних виробів із додаванням хлорели щодо ступеня його засвоюваності, розраховані показники та критерії його біологічної цінності, які представлено на рисунку 3.

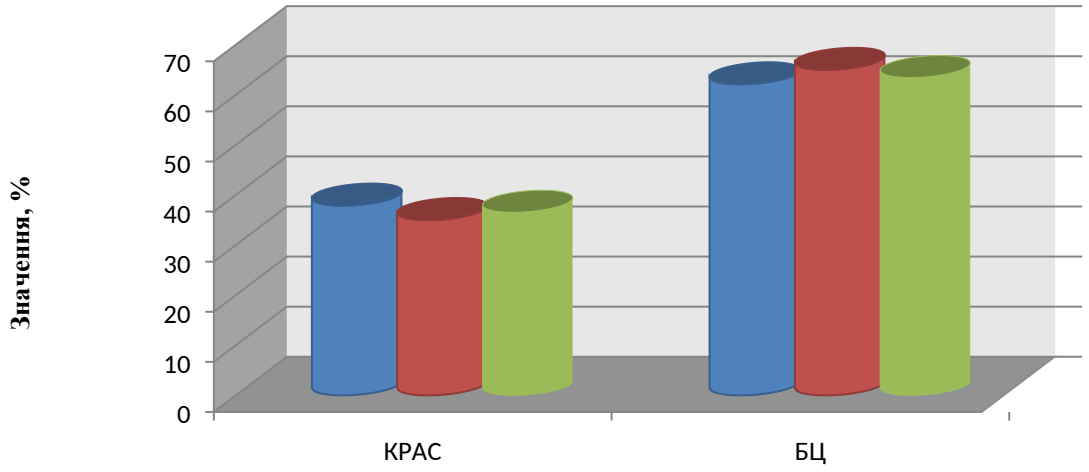


Рисунок 3. Показники біологічної цінності білків у контролі та дослідних зразках

Примітка: КРАС –коефіцієнт розбіжності амінокислотного скору, БЦ –біологічна цінність.

***Джерело**: розроблено автором*

Аналізуючи дані, представлені на рисунку 3, можна відзначити, що коефіцієнт розбіжності амінокислотного скору у дослідних зразках 1 та 2 є нижчим відповідно на 2,88 % та 1,34 % порівняно з контрольним зразком.

Зниження коефіцієнта розбіжності свідчить про більш збалансований амінокислотний склад білка, що є важливим показником його повноцінності та ефективного засвоєння організмом. Це, зі свого боку, сприяло підвищенню біологічної цінності білка у дослідних зразках, а саме у зразку 1 на 2,88 % та у зразку 2 на 1,34 %.

Отже, розроблені дослідні зразки ковбасних виробів із додаванням хлорели демонструють високий потенціал як джерело незамінних амінокислот, що має як біохімічне, так і практичне значення для покращення якості харчових продуктів.

ВИСНОВКИ. Аналіз амінокислотного складу дослідних зразків ковбасних виробів із додаванням хлорели показав збільшення вмісту всіх незамінних амінокислот порівняно з контрольним зразком. Найбільше підвищення спостерігалося для ізолейцину (+25,04 %), лізину (+19,75 %), лейцину (+15,63 %), гістидину (+7,37 %) та інших амінокислот. Це свідчить про збагачення білкового профілю продукту, що покращує його харчову та біологічну цінність.

Дослідні зразки 1 і 2 мали нижчий коефіцієнт розбіжності амінокислотного скору порівняно з контролем – відповідно на 2,88 % і 1,34 %. Це свідчить про більш гармонійний амінокислотний склад, що сприяє ефективнішому засвоєнню білка.

Отримані результати свідчать про те, що введення хлорели у рецептуру ковбасних виробів дозволяє покращити їх амінокислотний склад та підвищити біологічну цінність білка. Високий рівень АКС для всіх незамінних амінокислот вказує на збалансованість амінокислотного профілю, що може позитивно впливати на засвоюваність білка та його ефективне використання організмом. Отже, удосконалені технології виробництва, які включають додавання хлорели, можуть позитивно впливати на якість харчових продуктів з точки зору їх поживної цінності та функціональних властивостей.

Подяки. Висловлюємо вдячність співробітникам лабораторій кафедри технології м'ясних, рибних та морепродуктів факультету харчових технологій та управління якістю продукції АПК Національного університету біоресурсів і природокористування України за всебічну допомогу в організації та проведенні досліджень.

Конфлікт інтересів. Немає.

References.

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. http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2017.07.022

Boye, J., Wijesinha-Bettoni, R., & Burlingame, B. (2012). Protein quality evaluation twenty years after the introduction of the protein digestibility corrected amino acid score method. British Journal of Nutrition, 108(S2), S183-S211. http://dx.doi.org/10.1017/s0007114512002309

Cofrades, S., López-López, I., & Jiménez-Colmenero, F. (2011). Applications of seaweed in meat-based functional foods. Handbook of marine macroalgae: Biotechnology and applied phycology, 491-499. http://dx.doi.org/10.1002/9781119977087.ch32

Dawczynski, C., Schubert, R., & Jahreis, G. (2007). Amino acids, fatty acids, and dietary fibre in edible seaweed products. Food chemistry, 103(3), 891-899. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.09.041

De Gavelle, E., Huneau, J. F., Bianchi, C. M., Verger, E. O., & Mariotti, F. (2017). Protein adequacy is primarily a matter of protein quantity, not quality: modeling an increase in plant: animal protein ratio in French adults. Nutrients, 9(12), 1333. https://doi.org/10.3390/nu9121333

DSTU 4436:2005. Boiled sausages, sausages, anchovies, meat loaves.

DSTU ISO 13903 (2009). Fodder for animals. Method for determining the content of amino acids (ISO 13903:2005, IDT).

Fleurence, J., Morançais, M., & Dumay, J. (2018). Seaweed proteins. In Proteins in food processing (pp. 245-262). Woodhead Publishing. http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-08-100722-8.00010-3

Fujiwara-Arasaki, T., Mino, N., & Kuroda, M. (1984). The protein value in human nutrition of edible marine algae in Japan. In Eleventh International Seaweed Symposium: Proceedings of the Eleventh International Seaweed Symposium, held in Qingdao, People's Republic of China, June 19–25, 1983 (pp. 513-516). Springer Netherlands.

Gilani, G. S., Xiao, C. W., & Cockell, K. A. (2012). Impact of antinutritional factors in food proteins on the digestibility of protein and the bioavailability of amino acids and on protein quality. British Journal of Nutrition, 108(S2), S315-S332. https://doi.org/10.1017/S0007114512002371

Han, S. W., Chee, K. M., & Cho, S. J. (2015). Nutritional quality of rice bran protein in comparison to animal and vegetable protein. Food chemistry, 172, 766-769. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.127

Kakinuma, M., Park, C. S., & Amano, H. (2001). Distribution of free L-cysteine and glutathione in seaweeds. Fisheries science, 67(1), 194-196. https://doi.org/10.1046/j.1444-2906.2001.00223.x

Kolb, N., Vallorani, L., & Stocchi, V. (1999). Chemical composition and evaluation of protein quality by amino acid score method of edible brown marine algae Arame (Eisenia bicyclis) and Hijiki (Hijikia fusiforme). Acta Alimentaria, 28(3), 213-222. http://dx.doi.org/10.1556/aalim.28.1999.3.1

Kulakova, L., & Slyva, Y. (2024). Development of formulations of cooked sausage products enriched with chlorella. Human and nation's Health, 3, 84-93. https://doi.org/10.31548/humanhealth.3.2024.84

MacArtain, P., Gill, C. I., Brooks, M., Campbell, R., & Rowland, I. R. (2007). Nutritional value of edible seaweeds. Nutrition reviews, 65(12), 535-543. https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2007.tb00278.x

Marinangeli, C. P., Foisy, S., Shoveller, A. K., Porter, C., Musa-Veloso, K., Sievenpiper, J. L., & Jenkins, D. J. (2017). An appetite for modernizing the regulatory framework for protein content claims in Canada. Nutrients, 9(9), 921. http://dx.doi.org/10.3390/nu9090921

Mišurcová, L., Buňka, F., Ambrožová, J. V., Machů, L., Samek, D., & Kráčmar, S. (2014). Amino acid composition of algal products and its contribution to RDI. Food chemistry, 151, 120-125. http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.11.040

Nenova, N., & Drumeva, M. (2012). Investigation on protein content and amino acid composition in the kernels of some sunflower lines. Helia, 35(56), 41-46. http://dx.doi.org/10.2298/hel1256041n

Nosworthy, M. G., Neufeld, J., Frohlich, P., Young, G., Malcolmson, L., & House, J. D. (2017). Determination of the protein quality of cooked Canadian pulses. Food science & nutrition, 5(4), 896-903. https://doi.org/10.1002/fsn3.473.

Sá, A. G. A., Moreno, Y. M. F., & Carciofi, B. A. M. (2020). Plant proteins as high-quality nutritional source for human diet. Trends in Food Science & Technology, 97, 170-184. http://dx.doi.org/10.26782/jmcms.spl.10/2020.06.00048

Smith, C. R., Shekleton, M. C., Wolff, I. A., & Jones, Q. (1959). Seed protein sources—amino acid composition and total protein content of various plant seeds. Economic Botany, 13(2), 132-150. http://dx.doi.org/10.1007/bf02859245

Vendemiatti, A., Rodrigues Ferreira, R., Humberto Gomes, L., Oliveira Medici, L., & Antunes Azevedo, R. (2008). Nutritional quality of sorghum seeds: Storage proteins and amino acids. Food Biotechnology, 22(4), 377-397. https://doi.org/10.1080/08905430802463487

Who, J. (2007). Protein and amino acid requirements in human nutrition. World Health Organization technical report series, (935), 1.

Wolfe, R. R., Rutherfurd, S. M., Kim, I. Y., & Moughan, P. J. (2016). Protein quality as determined by the Digestible Indispensable Amino Acid Score: evaluation of factors underlying the calculation. Nutrition reviews, 74(9), 584–599. https://doi.org/10.1093/nutrit/nuw022.

Отримано 04.12.2024 р., прийнято до друку 15.03.2025 р.