

ISSN 2786-8974 (Online)

2024 | № 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



ISSN 2786-8974 (Online)

УДК 613:17.023.31/.32

ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ І НАЦІЇ

Електронний науковий журнал. № 1(2024)*виходить 4 рази на рік*

*Рекомендовано до видання та поширення Вченою радою НУБіП України,
протокол №6 від 24.04.2024*

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 82 28.

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

© Національний університет біоресурсів і природокористування України, 2024

ISSN 2786-8974 (Online)

UDC 613:17.023.31/.32

HUMAN and NATION'S HEALTH**Electronic scientific journal. № 1(2024)***Published 4 times a year*

*Recommended for publication and distribution the Academic Council NULES of Ukraine,
Minutes No. 6 of April 24, 2024*

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 82 28.

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-Прилипка Лариса Вацлавівна	Доктор технічних наук, професор, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна (<i>головний редактор</i>);
Муштрук Михайло Михайлович	Кандидат технічних наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна (<i>заступник головного редактора</i>);
Антонів Артем Дмитрович	Незалежний дослідник, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна (<i>відповідальний секретар</i>);
Адамчук Леонора Олександрівна	Кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна;
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 Миколівна	Доктор педагогічних наук, професор, Київський університет імені Бориса Грінченка, Україна;
Мартинчук Олександр Аркадійович	Кандидат медичних наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна;
Ніколаєнко Микола Станіславович	Phd, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна;
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 (<i>Editor-in-Chief</i>);
Mushtruk Mykhailo Mykhailovych	PhD in Technical Sciences, Associate Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine (<i>Deputy Editor-in-Chief</i>);
Antoniv Artem Dmytrovych	Independent researcher, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine (<i>Executive Secretary</i>);
Adamchuk Leonora Oleksandrivna	PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine;
Altanova Alona Borysivna	PhD in Pedagogy, Associate Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine;
Bezkopylnyi Oleksandr Oleksandrovych	Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Ukraine;
Bielikova Nataliia Oleksandrivna	Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Lesya Ukrainka Volyn National University, Ukraine;
Brynzak Sava Savovych	PhD in Sciences in Physical Education and Sports, Associate Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine;
Holembovska Nataliia Volodymyrivna	PhD in Technical Sciences, Associate Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine;
Vasyliv Volodymyr Pavlovych	PhD in Technical Sciences, Associate Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine;
Danylevych Myroslava Vasylivna	Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Lviv state university of physical culture named after Ivan Bobersky, Ukraine;
Drevitska Oksana Ostapivna	Doctor of Medical Science, Professor, Educational and Scientific Center "Institute of Biology and Medicine", Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine;
Korniienko Valentyna Ivanivna	Doctor of Biological Sciences, Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine;
Kostenko Mykola Petrovych	PhD in Pedagogy, Associate Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine;
Liakhova Inna Mykolivna, Martynchuk Oleksandr Arkadiiovych	Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Borys Grinchenko Kyiv University, Ukraine; PhD in Medical Sciences, Associate Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine;
Nikolaienko Mykola Stanislavovych	PhD, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine;
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.

1. Кулакова Л., Слива Ю.

Аналіз можливостей застосування морських водоростей та продукції з них під час виробництва харчових продуктів 7

2. Попова І., Василів В., Паламарчук І., Муштрук Н., Кукла О.

Оцінка екологічної безпеки та технологічних характеристик цикорію за результатами мікробіологічних та дериватографічних досліджень.....20

3. Баль-Прилипко Л., Ніколаєнко М., Устименко І., Журенко Д., Леонова Б.

Обґрунтування використання нетрадиційної рослинної сировини в технології варених ковбасних виробів геродієтичного призначення.....39

4. Лялик А. Т., Бейко Л. А., Рибчинський Р. С., Кравченко Х. Ю., Рябовол М. В.

Дослідження використання кокосового борошна в технології пшеничного хліба.....56

5. Чечітко В. І., Адамчук Л. О.

Оцінювання сировини для розроблення рецептур десерту медового оздоровчого призначення.....64

6. Антонів А. Д.

Застосування технології sous vide у виробництві м'ясних снєків.....77

CONTENTS

1. Liudmyla Kulakova, Yulia Slyva

Analysis of application possibilities seaweed and their products during the production of food products..... 7

2. Inna Popova, Volodymyr Vasylyv, Igor Palamarchuk, Natalia Mushtruk, Oleksii Kukla

Assessment of environmental safety and technological characteristics of chicory based on the results of microbiological and dermatographia studies.....20

3. Larysa Bal-Prylypko, Mykola Nikolayenko, Ihor Ustymenko, Dmytro Zhurenko, Bogdana Leonova

Justification of the use of non-traditional vegetable raw materials in the technology of boiled sausage products for herodietical purposes.....39

4. Anastasiia Lialyk, Ludmila Bejko, Rodion Rybchynskyi, Kravcheniuk Khrystyna, Maxim Ryabovol

Investigation of the use of coconut flour in the technology of wheat bread.....54

5. Vladyslav Chechitko, Leonora Adamchuk

Evaluation of raw materials for the development of honey healthy dessert recipes64

6. Artem Antoniv

Application of sous vide technology in the production of meat snacks.....77

УДК 664:582.261.2

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2024.7>

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ МОРСЬКИХ ВОДОРОСТЕЙ ТА ПРОДУКЦІЇ З НИХ ПІД ЧАС ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Кулакова Людмила Володимирівна,*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.***Слива Юлія Володимирівна,***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. Пошук нових інгредієнтів для функціональних харчових продуктів є стратегією подолання очікуваної нестачі продовольства на наступні десятиліття. На сьогодні морські водорості є привабливими як для споживачів, які переходять на функціональні харчові продукти з низьким вмістом жиру та цукру, а також продукти, які вважаються натуральними або з інгредієнтами, отриманими з природних джерел, на відміну від синтетичних інгредієнтів, так і харчової промисловості. Це пов'язано з тим, що вони містять у своєму складі високий вміст поживних речовин, таких як високоцінні білки, довголанцюгові поліненасичені жирні кислоти, каротиноїди, фенольні речовини, вуглеводи, вітаміни, мінеральні речовини та харчові волокна, а також низьку енергетичну цінність. Виробництво харчових продуктів, що збагачені морськими водоростями все більше привертають увагу, оскільки споживачі стають більш обізнаними щодо впливу харчування на загальний стан здоров'я. В цій статті проведений огляд актуальних досліджень з використання морських водоростей при виробництві харчових продуктів. Під час дослідження цієї тематики використані методи аналізу, синтезу та порівняння наукових праць закордонних вчених, розміщених в наукометричних базах даних, Web of Science та Scopus, а також інтернет-ресурсів. Під час опрацювання літератури, було розглянуто здатність морських водоростей покращувати водо- і жиророзв'язуючі властивості, структуру, утворювати гелі, можливість використання як замітника солі, підвищувати антиоксидантну здатність та діяти як емульгатор. В ході досліджень було визначено, що найчастіше використовують такі види водоростей: *Himanthalia elongata*, *Undaria pinnatifida*, *Porphyra umbilicalis*, *Laminaria japonica*, *Carpathococcus alvarezii*, *Spirulina*, *Chlorella*. Основним завданням їхнього включення є можливість зниження вмісту жиру та солі в готовому продукті, збагачення макроелементами, мікроелементами, вітамінами, харчовими волокнами, підвищення вмісту білка. Отримані дані можуть містити практичну цінність для удосконалення технологій харчових продуктів шляхом використання морських водоростей.

Ключові слова: харчові продукти збагачені водоростями, екстракти з морських водоростей, м'ясні продукти, рибні продукти, молочні продукти, зернові продукти.

UDC 664:582.261.2

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2024.7>**ANALYSIS OF APPLICATION POSSIBILITIES SEAWEED AND THEIR PRODUCTS DURING THE PRODUCTION OF FOOD PRODUCTS****Liudmyla Kulakova,**

applicant 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. The search for new ingredients for functional food products is a strategy to overcome the expected food shortages in the coming decades. Today, seaweed is attractive both to consumers who are switching to functional foods that are low in fat and sugar, as well as products that are considered natural or with ingredients derived from natural sources as opposed to synthetic ingredients, and the food industry. This is due to the fact that they contain a high content of nutrients, such as high-value proteins, long-chain polyunsaturated fatty acids, carotenoids, phenolic substances, carbohydrates, vitamins, minerals and dietary fibers, as well as a low energy value. The production of seaweed-enriched foods is attracting increasing attention as consumers become more aware of the impact of nutrition on overall health. In this article conducted review current research on the use of seaweed in the production of food products. During the study of this topic, methods of analysis, synthesis and comparison of scientific works of foreign scientists, placed in scientometric databases, Web of Science and Scopus, as well as Internet resources, were used. During the processing of the literature, it was considered the ability of seaweed to improve water- and fat-binding properties structure, form gels, the possibility of use as a salt substitute, increase antioxidant capacity and act as an emulsifier. In the course of research, it was determined that the following types of algae are most often used: *Himanthalia elongata*, *Undaria pinnatifida*, *Porphyra umbilicalis*, *Laminaria japonica*, *Kappaphycus alvarezii*, *Spirulina*, *Chlorella*. The main task of their inclusion is the possibility of reduction content fat and salt in the finished product, enrichment macronutrients, micronutrients, vitamins, dietary fibers, increasing protein content. The obtained data may contain practical value for improving the technology of food products through the use of seaweed.

Keywords: food products enriched with algae, extracts from seaweed, meat products, fish products, dairy products, grain products.

ВСТУП. Зростання споживчого попиту на більш здорові продукти, стимулює харчову промисловість до розробки нових харчових продуктів зі зниженим вмістом жиру, холестерину, солі, покращеним жирнокислотним складом та включенням функціональних інгредієнтів (Lopez-Lopez et al., 2010). Розробка функціональних харчових продуктів з покращеними фізико-хімічними та оздоровчими властивостями може бути досягнута шляхом додавання морських водоростей або їх екстрактів, що містять біоактивні компоненти (Khan et al., 2011).

Морські водорості вважаються перспективними функціональними харчовими інгредієнтами, завдяки їхньому збалансованому складу, що містять багато поживних і корисних для здоров'я людини компонентів, природних антиоксидантів і протимікробних речовин. Проте їхня

функціональність у харчових продуктах не обмежується аспектами здоров'я, оскільки вони також можуть відігравати роль структуроутворювачів (Gómez-Ordóñez et al., 2010). Таким чином, це одна з областей, яку необхідно дослідити, щоб повністю використати потенціал морських водоростей.

У зв'язку з цим все більше розглядається варіантів як збагатити м'ясні продукти, хлібобулочні та макаронні вироби. Додавання морських водоростей як джерела мінеральних речовин може допомогти покращити загальний профіль м'ясних продуктів і водночас задовольнити вимоги споживачів (Jiménez-Colmenero, 2007).

Розробка функціональних харчових продуктів на основі м'яса передбачає використання морських водоростей в сухому вигляді, оскільки цей матеріал (зневоднений і порошкоподібний) має ряд переваг перед включенням ізольованих сполук у виробництво м'яса. При використанні цілих водоростей, забезпечується одночасна присутність різних компонентів (харчових волокон, білка, мінералів, вітамінів, каротиноїдів, поліфенолів тощо), які мають як корисний вплив на здоров'я, так і технологічні переваги, деякі з них широко використовуються в харчовій промисловості. Крім того, їх використання позбавляє від потреби у трудомістких та вартісних процесах вилучення і очищення, які необхідні, коли ці компоненти використовуються окремо (Cofrades et al., 2011).

Таким чином, є можливість для розробки продуктів харчування з низьким вмістом натрію та високим вмістом інших мінеральних речовин. Проте незважаючи на всі зусилля, що докладаються для використання цілих морських водоростей або їх екстрактів у харчових продуктах, все ще існують деякі перешкоди та виклики. Основними з яких є сенсорні зміни у харчових продуктах та низька обізнаність споживачів про користь морських водоростей (Cofrades et al., 2008, López-López et al., 2009).

Метою дослідження було проаналізувати актуальні наукові дослідження щодо використання морських водоростей при виробництві харчових продуктів.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ. Під час пошуку та аналізу використовувались статті розміщені в наукометричних базах даних: Scopus та Web of Science, а також за допомогою платформи Google Scholar опублікованих англійською, українською та китайською мовами.

Під час проведення аналізу та огляду останніх наукових досягнень було опрацьовано понад 300 наукових джерел різного типу: наукові статті; монографії; навчальні посібники; дисертації; матеріали наукових конференцій; тематичні інтернет джерела; технології виробництва харчових продуктів українських та зарубіжних авторів.

Пошук здійснювався за наступними пошуковими словами та словосполученнями: харчові продукти; тенденція розвитку харчової промисловості; морські водорості; види морських водоростей; використання морських водоростей в харчовій промисловості; м'ясопереробна галузь; тенденція розвитку м'ясопереробної галузі; використання природних антиоксидантів; м'ясні продукти; екстракти з морських водоростей; використання свіжих морських водоростей при виробництві м'ясних продуктів; використання сухих морських водоростей при виробництві м'ясних продуктів; використання екстрактів з морських водоростей при виробництві харчових продуктів; використання *Chlorella* порошку при виробництві харчових продуктів; використання *Wakame* при виробництві харчових продуктів; використання *Laminaria* при виробництві харчових продуктів; використання *Monostroma nitidum* при виробництві харчових продуктів; використання *Ulva lactuca* при виробництві харчових продуктів; використання *Spirulina* при виробництві харчових продуктів; використання *Sea mustard* при виробництві харчових продуктів; використання *Sea spaghetti* при виробництві харчових продуктів; використання *Noti* при виробництві харчових продуктів; використання *Sea tangle* при виробництві харчових продуктів; використання *Eucheuma* при виробництві харчових продуктів; хімічний склад морських водоростей; харчова цінність морських водоростей; вітаміни; мікроелементи, що містяться в морських водоростях; макроелементи, що містяться в морських водоростях; біологічно активні речовини в харчових

продуктах; каротиноїди; особливості технології підготовки морських водоростей; технологія виготовлення варених ковбасних виробів, та їх англійським або китайським перекладом.

При подальшому дослідженні статей використовувалися методи: аналіз – аналізування актуальних напрацювань щодо використання морських водоростей у складі харчових продуктів; порівняння – порівняння впливів застосування морських водоростей з впливом стандартних харчових добавок, що використовуються при виробництві харчових продуктів; синтез – з'ясувати актуальність та ймовірність застосування морських водоростей, у вітчизняних дослідженнях.

Проаналізувавши останні дослідження українських та закордонних фахівців, слід виділити декілька основних напрямів досліджень із використання морських водоростей для часткової чи повної заміни деяких складових при виробництві м'ясних продуктів, як природньої добавки, що має антисептичні та антиоксидантні властивості, для підвищення харчової цінності готового продукту.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Історія застосування водоростей для виробництва харчових продуктів. Морське середовище є надзвичайно різноманітним, пропонуючи широкий спектр застосувань із численними потенційними сферами експлуатації. Водорості є одним із найбагатших і найперспективніших джерел відновлюваних природних ресурсів, які ще не використовуються у великих масштабах людиною, які можуть бути застосовані до багатьох аспектів виробництва їжі та напоїв. У харчовому контексті водорості в основному використовуються в традиційних цілях, як харчові інгредієнти, джерела біологічно активних речовин і фармацевтичних препаратів (Cofrades et al., 2013).

Водорості люди використовували в їжу з давніх часів. На Далекому Сході та в Азіатсько-Тихоокеанському регіоні існує давня традиція споживання водоростей як частини добового раціону харчування, але в західних країнах лише за останні кілька десятиліть інтерес до продуктів з водоростей зріс настільки, що різні їстівні види водоростей тепер зазвичай продаються для споживання в Європі та Америці. Останніми роками їх популярність ще більше зросла, особливо серед вегетаріанців, завдяки їх використанню в кулінарії як гарніри та приправи, в меню закладах ресторанного господарства. Водорості пропонують цікаві можливості в якості нових джерел їжі або розробки нових харчових продуктів, для задоволення мінливих смаків споживачів, і ці можливості є важливими для харчової промисловості, враховуючи її потребу в постійних інноваціях (Yuan, 2008; Vocanegra et al., 2009).

Використання морських водоростей або їх екстрактів як харчових добавок стає все популярнішим завдяки широкому спектру функціональних властивостей, які вони надають харчовим продуктам. Морські водорості містять велику кількість полісахаридів, білків, мінералів і вітамінів, мають низький вміст жирів (Gómez-Ordóñez et al., 2010). Полісахариди морських водоростей є потенційним джерелом розчинних і нерозчинних харчових волокон. Розчинні полісахариди морських водоростей демонструють вищу здатність утримувати воду, ніж целюлозні (нерозчинні) волокна. Розчинні харчові волокна демонструють здатність збільшувати в'язкість, утворювати гелі та діяти як емульгатори, а також характеризуються здатністю знижувати як глікемічний індекс так і рівень холестерину в плазмі крові людини (Elleuch et al., 2011; Venugopal, 2008).

Залежно від різних факторів морські водорості у своєму складі містять значну кількість білків (до 24 %, виражені в грамах білка на 100 г водоростей) і низький вміст жирів (близько 1 % у всіх випадках) (Sánchez-Machado et al., 2004). Вони також є джерелом вітамінів, в основному групи В. Наприклад, вони містять вітамін В₁₂, який особливо рекомендується для лікування наслідків старіння, синдрому хронічної втоми та анемії. Вітамін В₁₂ міститься в червоних макроводоростях (*Porphyra tenera*) і в деяких зелених морських водоростях (Burtin, 2003; Nisizawa, 2006). Водорості, як правило, містять значну кількість мінеральних речовин (8-40 %) (Vocanegra et al., 2009), ніж їстівні наземні рослини та продукти тваринного походження. *U. pinnatifida* можна

використовувати як харчову добавку для забезпечення рекомендованого добового споживання деяких мінералів, макроелементів (Na, K, Ca, Mg, від 8,1 до 17,9 мг/100 г) і мікроелементів (Fe, Zn, Mn, Cu в межах від 5,1 до 15,2 мг/100 г) (Ruperez, 2002). Крім того, морські водорості є одним із найважливіших рослинних джерел кальцію. Вміст кальцію може досягати 7 % від сухої маси макроводоростей і до 25-34 % в крейдаєних морських водоростях літотамніон (Burtin, 2003). Таким чином, споживання морських водоростей також може бути корисним тим, хто має ризик дефіциту кальцію, а саме вагітним жінкам, підліткам і людям похилого віку. Однак, хоча деякі мінерали необхідні для здоров'я, інші небезпечні (наприклад, важкі метали, такі як As, Cd, Cu, Hg і Pb), тому їх вміст у водоростях може обмежити їх використання (Ruperez, 2002).

Аналіз асортименту харчових продуктів. Морські водорості широко споживаються в багатьох країнах і все частіше споживаються різними верствами населення, яким їхній смак знайомий. Інтерес до розробки м'ясних продуктів із корисними для здоров'я властивостями є особливо актуальним у випадку таких продуктів, як котлети, оскільки вони є традиційними м'ясними продуктами, широко прийнятими в певних групах населення, і їх можна легко збагатити. Наприклад, котлети з яловичини були виготовлені із використанням водоростей wakame у кількості 3 %, меншої кількості солі (0,5 %) та жиру (10 %), частковою або повною заміною свинячого сала на емульсію оливкової олії у воді (Lopez-Lopez et al., 2010). Wakame загалом покращила водозв'язувальні властивості та зробила більш м'якими текстури як сирих, так і варених котлет, ефекти, які можуть бути пов'язані з основними компонентами морських водоростей, тобто харчовими волокнами (41 %) та мінералами (36 %) (Cofrades et al., 2008). При цьому додавання wakame не вплинуло негативно на сенсорні властивості котлет. Результати показали, що wakame можна використовувати як потенційний функціональний інгредієнт у складі котлет з низьким вмістом солі, щоб подолати технологічні та сенсорні проблеми, пов'язані з продуктами з низьким вмістом солі (Cofrades et al., 2017).

Нещодавні наукові дослідження також досліджували функціональність макроводоростей подрібнених/сушених (*Himanthalia elongata*, *Undaria pinnatifida*, *Porphyra umbilicalis*, *Laminaria japonica*) у оброблених м'ясних напівфабриках, таких як котлети з яловичини або свинини, реструктуровані стейки з птиці, та готових ковбасних виробів (сосиски) (Choi et al., 2012; Cofrades et al., 2011; López-López et al., 2009; López-López et al., 2010). Пігменти, присутні в морських водоростях, можуть впливати на колір м'ясного продукту залежно від типу водоростей/екстракту та їх масової частки в готовому продукті (Choi et al., 2012; Jiménez-Colmenero et al., 2010; López-López et al., 2009). Кислі компоненти морських водоростей, такі як фукоїдан і альгінова кислота, знижують рН м'ясних продуктів, що містять порошкоподібні морські водорості (Choi et al., 2012; Cofrades et al., 2008). Антиоксидантна здатність емульсійних систем свинячого м'яса зросла завдяки високому фенольному вмісту порошкоподібних морських водоростей (López-López et al., 2009). Ліпіди з водоростей використовували для покращення ліпідного профілю сосисок (López-López et al., 2009). Розчинні та нерозчинні харчові волокна з макроводоростей при варінні покращили текстуру та вихід готового продукту, за рахунок зв'язування жиру та води і стабільності емульсії, а також знизили собівартість готового продукту (Fernández-Martín et al., 2009; Jiménez-Colmenero et al., 2010). Морські водорості містять високу концентрацію мінеральних речовин та можуть потенційно використовуватись як заміники солі в оброблених м'ясних продуктах (Cofrades et al., 2011).

Молочні продукти, особливо сир (твердий та сичужний), були змінені, додавши різні види водоростей, щоб покращити їх поживну якість. Поєднання обох видів їжі допомагає отримувати здорові продукти, збагачені різними основними поживними речовинами. Молоко і молочні продукти є основними джерелами кальцію в харчуванні, однак кальцій у сирі заблокований у казеїні. Люди, у яких відсутні ферменти, що розщеплюють казеїн, не можуть реабсорбувати кальцій з молочних продуктів і тому можуть розвинути певний тип гіпокальціємії (Anderson et al., 2001). Таким чином, додавання водоростей, багатих кальцієм, може збільшити його вміст в молочних продуктах. Koval et al. (2005) розробили збагачений йодом пробіотичний йогуртовий

продукт, який містить 0,2 або 0,5 % водоростей *Laminaria*. Цей новий продукт містив у середньому 570 мкг йоду/100 г і мав значно вищий вміст Ca, K, Na, Mg і Fe та харкову цінність, ніж контрольний зразок без водоростей. Сири (власного та промислового виробництва) виготовляли з 3 %, 9 % та 15 % *U. pinnatifida* і *L. japonica* (Lalic et al., 2005). Ефект додавання одноклітинної водорості *Chlorella* (0,5-1 %) на фізичні та сенсорні властивості плавленого сиру досліджував Jeon (2006). Також, Neo et al. (2006) досліджували ефект додавання *Chlorella* порошку (0,1-2,0 %) на ріст молочнокислих бактерій, швидкість дозрівання та сенсорні властивості сиру Appenzeller. Кількість молочнокислих бактерій була вищою в сирі з додаванням водоростей, ніж у контрольному зразку. Оптимальний рівень додавання *Chlorella* порошку, що дозволило б отримати сир Appenzeller належної якості, становив 0,5 %.

Серед круп'яних продуктів макаронні вироби вважаються дуже універсальними як в харчовому, так і в гастрономічному плані. У цьому контексті їстівні водорості використовувалися як додаткові інгредієнти в макаронних виробах, щоб ще більше покращити їх поживні властивості та допомогти зробити їх популярними серед людей, які не їдять водорості. Паста з додаванням водоростей призвела до покращення профілю амінокислот і жирних кислот, вищого загального фенольного вмісту та антиоксидантної активності, а також вищого вмісту фукоксантину та фукостеролу (Prabhasankar et al., 2009). Локшина є основним продуктом харчування багатьох країн світу. У результаті було проведено різні дослідження щодо покращення якості локшини на основі включення водоростей. Важливим у цьому відношенні є дослідження, проведене Науково-дослідним інститутом харчових продуктів і харчування Департаменту науки і технологій (FNRI-DOST, Філіппіни), що розробляє різні види локшини з водоростями як засіб для покращення смаку і кольору, функціональності та підвищення харчової цінності через вищий вміст йоду (170 мкг йоду/100 г) (Cofrades et al., 2013). Chang and Wu (2008) оцінили потенційне використання порошкоподібних зелених водоростей (*Monostroma nitidum*) у різних концентраціях (4–8%) при приготуванні свіжої китайської локшини з яйцями та без них.

Хліб є ще одним чудовим продуктом на основі злаків, який може служити транспортним засобом для різних біологічно активних інгредієнтів, таких як водорості, враховуючи його поживну важливість і часте споживання широкою групою населення. Gregorio et al. (2001) повідомили, що додавання різних концентрацій (0,5-1,5 %) зелених водоростей *Ulva lactuca* до пшеничного борошна, яке використовується для приготування хліба, підвищило фарінографічну стабільність, але зменшило фарінографічну м'якість борошна та покращило як вихід, так і питомий об'єм хліба. Інші автори (Kwon et al., 2003) оцінили якісні характеристики хліба з вмістом порошку *Laminaria*, яку додають до борошна в різних концентраціях (2,5-7,5 %) для приготування хліба. Lianjun et al. (2005) вказали, що притаманний запах водоростей можна усунути шляхом замочування *Laminaria*, що використовується для приготування хліба в 2 % розчині лимонної кислоти при 50 °C протягом 2 годин перед висушуванням і подрібненням.

Також слід зауважити, що деякі традиційні продукти, такі як паста (Fradique et al., 2010), печиво (Gouveia et al., 2007; Gouveia et al., 2008), пудинги/желеподібні десерти (Batista et al., 2008) і майонези/заправки для салатів (Raymundo et al., 2005; Gouveia et al., 2006) були розроблені з включенням водоростей у їх склад.

Перелік водоростей, які на даний момент використовуються для виробництва харчових продуктів, представлені в таблиці.

Таблиця. Водорості в харчових продуктах (Cofrades et al., 2013)

Вид водорості	Застосування в харчових продуктах
Wakame	М'ясні напівфабрикати, реструктуроване м'ясо, сир, макаронні вироби
Sea mustard	М'ясні напівфабрикати
Sea spaghetti	Варені м'ясні вироби, сосиски збагачені омега-3 поліненасиченими жирними кислотами
Nori	М'ясні напівфабрикати, реструктуроване м'ясо
Sea tangle	М'ясні напівфабрикати, варені сосиски
Eucheuma	Рибні напівфабрикати
Laminaria	Сир копчений, заправки і соуси, йогурт, хлібобулочні вироби, снеки
Chlorella	Плавлений сир, сир твердий, снеки, хлібобулочні вироби, печиво, круасани, паста, йогурт, сосиски, паштети, майонез
Spirulina	Хлібобулочні вироби, снеки, печиво, круасани, пончики, локшина, макарони, сир фета, йогурт, паштети

Додавання морських водоростей представлених в даній таблиці до харчових продуктів і напоїв, які користуються високим споживчим попитом, дає хорошу можливість популяризувати користь морських водоростей для здоров'я серед споживачів, навіть тих, хто не звик до цієї їжі.

Види водоростей які використовуються в харчовій промисловості. Sea spaghetti (*Himanthalia elongata*) – це їстівна бура водорість, яка характеризується високим загальним вмістом клітковини та золи, а також є гарним джерелом калію, магнію та кальцію (Cofrades et al., 2011; Cofrades et al., 2008). Використовувалися як функціональний інгредієнт у різних м'ясних продуктах, таких як гель/емульсія м'ясних систем (Cofrades et al., 2008; López-López et al., 2009), сосиски (López-López et al., 2009; Jiménez Colmenero et al., 2010), реструктуровані стейки (Cofrades et al., 2011). *H. elongata* (5 %) було використано для сосисок із низьким вмістом жиру/солі (López-López et al., 2009) для сприяння утворенню більш твердих і легших структур із кращими властивостями зв'язування води та жиру, можна використовувати в продуктах зі зниженим вмістом солі для запобігання дефектам якості через низький вміст солі. Реструктуровані стейки зі свіжої птиці з низьким вмістом жиру та солі були розроблені з додаванням *H. elongata* (Cofrades et al., 2011). У цьому продукті ефекти від *H. elongata* за водозв'язуючими властивостями і консистенцією змінювалися в залежності від їх стану. У сирому стані послаблювались водозв'язувальні властивості, покращуючи консистенцію зразка та обробку, тоді як у варених продуктах покращувались водозв'язувальні властивості та текстура (зі зниженим вмістом солі), яка була подібною до контрольного зразка з нормальним вмістом солі. Оскільки sea spaghetti є хорошим джерелом фенольних сполук, їх додавання забезпечувало м'ясну систему значною кількістю загальних фенолів (2570 мг еквівалентів галової кислоти на 100 г), що призводило до високої антиоксидантної активності (López-López et al., 2009). Крім того, можливий антиоксидантний ефект включення *H. elongata* (5,5 %) було зареєстровано в нежирних сосисках, збагачених омега-3 поліненасиченими жирними кислотами, у яких тваринний жир був частково замінений оливковою олією. Вміст мінеральних речовин (K, Ca, Mg і Mn) у м'ясних продуктах можна збільшити, додавши sea spaghetti (López-López et al., 2009).

Wakame/sea mustard (*Undaria pinnatifida*) - широко використовувана бура водорість, яка містить високі концентрації харчових волокон та мінералів (Ca, Zn, Fe та Cu), а також багата білком (Kunio et al., 2000; Cofrades et al., 2008). Фармакологічні властивості wakame - запобігання гіперглікемії, пригнічення хімічно індукованих пухлин молочної залози, протизапальна, антигіпертензивна та проти ожиріння - в основному забезпечуються білками, полісахаридами, фукоксантином, макро- та мікроелементами, а також жирними кислотами (Zhang et al., 2014). Wakame використовується в технології м'ясних продуктів, гель-емульсійних м'ясних систем з

низьким вмістом солі та жиру (López-López et al., 2010, López-López et al., 2011; Jeon et al., 2012). Wakame, доданий до гелевої/емульсійної матриці (2,5-5 %), сприяє утворенню більш твердих і приємних структур з кращими властивостями зв'язування води та жиру, допомагаючи подолати технологічні проблеми, пов'язані з продуктами з низьким вмістом солі. У свинячі котлети додавання 1-3 % wakame призвело до зменшення втрат при варінні та збільшення соковитості (Jeon et al., 2012). Додавання 5-6 % wakame до м'ясної системи підвищило вміст K, Ca, Mg і Mn, що вказує на те, що цей продукт може забезпечувати понад 15 % і 20-30 % рекомендованих добових норм споживання магнію та калію відповідно (López-López et al., 2009).

Nori (*Porphyra umbilicalis*) - це червона водорість з високим вмістом білка, багата аланіном, аспарагіноювою кислотою, глутаміноювою кислотою та таурином. Вважається, що остання амінокислота має гіпохолестеринемічні властивості (Yokogoshi et al., 1999) і містить високі концентрації лінолевої, ліноленової та ейкопентасенової кислот. Вона також багата вітаміном B₁₂ (Watanabe et al., 1999), Fe, Zn і Se. Її основним полісахаридом є порфіран, який має різні фізіологічні властивості: він пригнічує ріст пухлин у щурів (Ichihara et al., 1999) та має противірусні (Quanbin et al., 2004) властивості. Використовується як потенційний інгредієнт для м'ясних продуктів (система емульсійної моделі) для покращення функціональних властивостей та поживної цінності (Cofrades et al., 2008; López-López et al., 2009). Вплив додавання nori на кулінарні властивості змінювалися залежно від масової частки водорості. У той час як вміст 2,5 % знижував стабільність емульсії зразків м'яса, додавання 5 % покращувало їх властивості зв'язування води та жиру (Cofrades et al., 2008). Додавання nori до м'ясної системи підвищує вміст білка, а також вміст деяких амінокислот, таких як гліцин, аланін, валін, тирозин, фенілаланін і аргінін. Як і sea spaghetti, nori також є хорошим джерелом фенольних сполук (2170 мг /100 г), що призводить до високої антиоксидантної активності в м'ясних системах (López-López et al., 2009). Додавання nori призвело до значного збільшення вмісту заліза в м'ясній системі (López-López et al., 2009).

Sea tangle (*Laminaria japonica*) зазвичай використовується як морепродукт у Кореї та багатьох інших країнах Азії (Kim et al., 2008; Kim et al., 2010). Sea tangle є чудовим джерелом харчових волокон (понад 50 %, головним чином альгінової кислоти, фукоїдану та ламінарану), вітамінів, мінералів і білків, і використовується як інгредієнт у виробництві м'ясних продуктів, таких як котлети (Oh et al., 2011; Choi et al., 2012) і сосиски для сніданку (Kim et al., 2010). Sea tangle успішно використовується для поліпшення водо- і жирозв'язуючих властивостей м'ясних продуктів. Наявність порошкоподібного sea tangle (4 %) у сосисках для сніданку зменшує втрати при варінні та покращує стабільність емульсії, сприяючи твердшій текстурі. Найкращі результати за фізико-хімічними та сенсорними властивостями отримані для сніданкових сосисок, що містять 1 % порошку sea tangle (Kim et al., 2010). *Laminaria japonica* (1-5 %) використовувалась як заміник жиру в котлетах зі свинини, зі зниженим вмістом жиру. Включення *L. japonica* збільшує вміст харчових волокон, зменшує втрати при варінні та покращує текстуру, а також сенсорні властивості м'ясних котлет. Свинячі котлети зі зниженим вмістом жиру з 20 % до 10 % з додаванням 1 % або 3 % *L. japonica* мали покращені якісні характеристики, подібні до контрольних зразків із вмістом 20 % жиру (Choi et al., 2012).

Eucheuma (*Carpathicus alvarezii*) червона водорість, яка є важливим джерелом різноманітних карагенанів, використовується як інгредієнт у різних концентраціях (5-15 %) для приготування рибних котлет. Сенсорні оцінки показали, що використання eucheuma впливало на текстуру рибних котлет, і можна було додавати до 10 % водоростей без негативного впливу на їх зовнішній вигляд та текстуру (Senthil et al., 2005).

Spirulina містить в собі високий вміст білка (51 %-71 %). Крім того, вона є хорошим джерелом як замінильних, так і незамінних амінокислот і має високий коефіцієнт ефективності білка, є хорошим джерелом вітаміну B₁ (Desai et al., 2004). Як один із найкращих суперпродуктів на землі, NASA вважає її чудовою компактною їжею для космічних подорожей, оскільки невелика кількість може забезпечити широкий спектр поживних речовин (Khan et al., 2005). Входить до

складу локшини, печива, поживних батончиків та до інших функціональних харчових продуктів (Pulz et al., 2004). Склад білка в *Spirulina* змінюється залежно від умов вирощування (Salati et al., 2017).

Chlorella є часто використовуваним промисловим видом через високий вміст білка (51 %-58 % сухої речовини) і сприятливий склад незамінних амінокислот. *Chlorella* також містить багато інших корисних поживних речовин, включаючи β -1,3-глюкан, вітаміни (комплекс B і аскорбінову кислоту), мінерали (калій, натрій, магній, залізо та кальцій), β -каротин, хлорофіл (Rodriguez-Garcia et al., 2008).

Spirulina, *Chlorella*, *Haematococcus pluvialis*, *Diatronema vlkianum*, *Isochrysis galbana* є одними з найцікавіших водоростей з потенційними біологічно-активними властивостями, маючи добре збалансований хімічний склад, а також являються джерелами поліненасичених жирних кислот, пігментів (каротиноїди, хлорофіли), стеаринів, вітамінів, гідроколідів тощо (Batista et al., 2013). Всі вони мають характерні функціональні, технологічні властивості, а останні дослідження виявили антимікробний потенціал (Pina-Pérez, et al., 2017). *Spirulina* та *Chlorella* мають особливе значення для використання в якості харчових інгредієнтів, оскільки вони дозволені Європейським органом з безпечності харчових продуктів (EFSA).

Особливості підготовки водоростей. Свіжі морські водорості, які збирають з узбережжя по всьому світу, як правило, миють і сушать, щоб зменшити показник активності води (a_w) і звести до мінімуму погіршення внаслідок хімічних реакцій і мікробної активності перед тим, як їх використовувати як джерело їжі. Будучи морськими за своєю природою, водорості містять велику кількість води: до 85 % у свіжому вигляді (Gupta et al., 2011). Через високий вміст ненасичених жирних кислот морські водорості, як правило, псуються протягом кількох днів після збору, якщо їх не зберігати належним чином.

Традиційний процес збереження морських водоростей полягає в їх висушуванні на сонці (Lim et al., 2007). Зазвичай це відбувається шляхом розкладання зібраних мокрих водоростей на сітку або брезент на землі. У промислових масштабах в основному використовують механічне сушіння, але в цей сектор було зроблено небагато інвестицій, також необхідне навчання або придбання високотехнологічного обладнання (Walsh et al., 2011).

Перевагами сушіння є зниження витрат на обробку та транспортування, а також можливість використання продукту поза сезоном. Окрім збереження та подовження терміну придатності, сушіння також вважається важливим кроком у наданні багатьом видам морських водоростей приємного смаку.

Хоча сушіння є найпоширенішим методом обробки морських водоростей, у літературі дуже мало інформації про вплив сушіння на їх хімічний склад. Wong et al., (2001) вивчали вплив сушіння в сушильній шафі та сублімаційного сушіння на здатність до екстрагування білка трьох субтропічних бурих морських водоростей і повідомили, що сушіння в сушильній шафі значно покращує здатність до екстракції та якість білка. Однак тривалий час сушіння при відносно високих температурах протягом періодів зниження швидкості часто призводить до небажаної термічної деградації овочевих продуктів, і подібні ефекти можна було б очікувати при сушінні морських водоростей (Mousa et al., 2002).

ВИСНОВКИ. Водорості, будучи харчовими продуктами містять широкий спектр сполук із корисними, поживними та технологічними властивостями, а також біологічно активних речовин із потенційними багатofункціональними властивостями, якщо їх включити до складу харчових продуктів та напоїв. В порівнянні з включенням сполук, виділених із водоростей, використання цілих (мінімально оброблених) водоростей у виробництві харчових продуктів і напоїв, є шляхом одночасного включення різних компонентів (харчових волокон, білків, мінералів, вітамінів, каротиноїдів, поліфенолів тощо) у спосіб, який не передбачає трудомістких та високоартісних процесів вилучення та очищення, які необхідні, коли ці компоненти використовуються окремо.

Багато видів водоростей використовується в технологіях різних видів харчових продуктів: м'ясних та рибних напівфабрикатах, молочних продуктах, хлібобулочних виробках, макаронних виробках та інших продуктах). При додаванні водоростей до цих продуктів, спостерігалися цікаві технологічні та харчові переваги, а також переваги для здоров'я. Також слід зауважити, спостерігалися деякі сенсорні недоліки, пов'язані з характеристиками продукту (колір, структура, присутність інших інгредієнтів тощо) і використовуваними водоростями (вид та їх масова частка в готовому продукті).

Незважаючи на зростаючу перспективу водоростей, як джерела харчових інгредієнтів (включаючи біологічно активні сполуки), їхній потенціал ще належить повністю дослідити.

Таким чином, подальші дослідження використання водоростей, як інгредієнтів в харчових продуктах, відкриють нові горизонти для харчової промисловості, пропонуючи харчові, функціональні та технологічні переваги, засновані на використанні природних ресурсів, які зараз мало використовуються в суспільстві.

References

Anderson, J. J., & Sjöberg, H. E. (2001). Dietary calcium and bone health in the elderly: uncertainties about recommendations. *Nutrition Research*, 21(1-2), 263–268.

Batista, A. P., Gouveia, L., Bandarra, N. M., Franco, J. M., & Raymundo, A. (2013). Comparison of microalgal biomass profiles as novel functional ingredient for food products. *Algal Research*, 2(2), 164–173.

Batista, A. P., Gouveia, L., Nunes, M. C., Franco, J. M., & Raymundo, A. (2008). Microalgae biomass as a novel functional ingredient in mixed gel systems. *Gums and Stabilizers for the Food Industry*, 14, 487–494.

Bocanegra, A., Bastida, S., Benedi, J., Rodenas, S., & Sanchez-Muniz, F. J. (2009). Characteristics and nutritional and cardiovascular-health properties of seaweeds. *Journal of medicinal food*, 12(2), 236–258.

Burtin, P. (2003). Nutritional value of seaweeds. *Electronic journal of Environmental, Agricultural and Food chemistry*, 2(4), 498–503.

Chang, H. C., & Wu, L. C. (2008). Texture and quality properties of Chinese fresh egg noodles formulated with green seaweed (*Monostroma nitidum*) powder. *Journal of food science*, 73(8), S398–S404.

Choi, Y. S., Choi, J. H., Han, D. J., Kim, H. Y., Kim, H. W., Lee, M. A., ... & Kim, C. J. (2012). Effects of *Laminaria japonica* on the physico-chemical and sensory characteristics of reduced-fat pork patties. *Meat science*, 91(1), 1–7.

Cofrades, S., Benedi, J., Garcimartín, A., Sánchez-Muniz, F. J., & Jimenez-Colmenero, F. (2017). A comprehensive approach to formulation of seaweed-enriched meat products: From technological development to assessment of healthy properties. *Food research international*, 99, 1084–1094.

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.

Cofrades, S., López-López, I., Ruiz-Capillas, C., Triki, M., & Jiménez-Colmenero, F. (2011). Quality characteristics of low-salt restructured poultry with microbial transglutaminase and seaweed. *Meat Science*, 87(4), 373–380.

Cofrades, S., López-López, I., Solas, M. T., Bravo, L., & Jiménez-Colmenero, F. (2008). Influence of different types and proportions of added edible seaweeds on characteristics of low-salt gel/emulsion meat systems. *Meat science*, 79(4), 767–776.

Cofrades, S., Serdaroğlu, M., & Jiménez-Colmenero, F. (2013). Design of healthier foods and beverages containing whole algae. In *Functional ingredients from algae for foods and nutraceuticals* (pp. 609–633). Woodhead Publishing.

Desai, K., & Sivakami, S. (2004). Spirulina: The wonder food of the 21st Century. *Asia-Pacific Biotech News*, 8(23), 1298–1302.

Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C., & Attia, H. (2011). Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food chemistry*, 124(2), 411–421.

Fernández-Martín, F., López-López, I., Cofrades, S., & Colmenero, F. J. (2009). Influence of adding Sea Spaghetti seaweed and replacing the animal fat with olive oil or a konjac gel on pork meat batter gelation. Potential protein/alginate association. *Meat science*, 83(2), 209–217.

Fradique, M., Batista, A. P., Nunes, M. C., Gouveia, L., Bandarra, N. M., & Raymundo, A. (2010). Incorporation of *Chlorella vulgaris* and *Spirulina maxima* biomass in pasta products. Part 1: Preparation and evaluation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(10), 1656–1664.

Gómez-Ordóñez, E., Jiménez-Escrig, A., & Rupérez, P. (2010). Dietary fibre and physicochemical properties of several edible seaweeds from the northwestern Spanish coast. *Food Research International*, 43(9), 2289–2294.

Gouveia, L., Batista, A. P., Miranda, A., Empis, J., & Raymundo, A. (2007). *Chlorella vulgaris* biomass used as colouring source in traditional butter cookies. *Innovative food science & emerging technologies*, 8(3), 433–436.

Gouveia, L., Raymundo, A., Batista, A. P., Sousa, I., & Empis, J. (2006). *Chlorella vulgaris* and *Haematococcus pluvialis* biomass as colouring and antioxidant in food emulsions. *European Food Research and Technology*, 222, 362–367.

Gouveia, L., Coutinho, C., Mendonça, E., Batista, A. P., Sousa, I., Bandarra, N. M., & Raymundo, A. (2008). Sweet biscuits with *Isochrysis galbana* microalga biomass as a functional ingredient. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88, 891–896.

Gregorio, R., Ledesma, L., Alvarez, M., Fuertes, S., Gómez, J., González, J. & Valdés, O. (2001). Effect of addition of *Ulva* sp. and other additives on rheological properties of flour and quality of bread. *Alimentaria*, 321, 83–88.

Gupta, S., & Abu-Ghannam, N. (2011). Recent developments in the application of seaweeds or seaweed extracts as a means for enhancing the safety and quality attributes of foods. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 12(4), 600–609.

Heo, J. Y., Shin, H. J., Oh, D. H., Cho, S. K., Yang, C. J., Kong, I. K., ... & Bae, I. H. (2006). Quality properties of Appenzeller cheese added with *Chlorella*. *Food Science of Animal Resources*, 26(4), 525–531.

Ichihara, T., Wanibuchi, H., Taniyama, T., Okai, Y., Yano, Y., Otani, S., ... & Fukushima, S. (1999). Inhibition of liver glutathione S-transferase placental form-positive foci development in the rat hepatocarcinogenesis by *Porphyra tenera* (Asakusa-nori). *Cancer letters*, 141(1-2), 211–218.

Jeon, J. K. (2006). Effect of *Chlorella* addition on the quality of processed cheese. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 35(3), 373–377.

Jeon, M. R., & Choi, S. H. (2012). Quality characteristics of pork patties added with seaweed powder. *Food Science of Animal Resources*, 32(1), 77–83.

Jiménez-Colmenero, F. (2007). Healthier lipid formulation approaches in meat-based functional foods. Technological options for replacement of meat fats by non-meat fats. *Trends in Food Science & Technology*, 18(11), 567–578.

Jiménez-Colmenero, F., Cofrades, S., López-López, I., Ruiz-Capillas, C., Pintado, T., & Solas, M. T. (2010). Technological and sensory characteristics of reduced/low-fat, low-salt frankfurters as affected by the addition of konjac and seaweed. *Meat Science*, 84(3), 356–363.

Jiménez-Colmenero, F., Sánchez-Muniz, F. J., & Olmedilla-Alonso, B. (2010). Design and development of meat-based functional foods with walnut: Technological, nutritional and health impact. *Food chemistry*, 123(4), 959–967.

Khan, M. I., Arshad, M. S., Anjum, F. M., Sameen, A., & Gill, W. T. (2011). Meat as a functional food with special reference to probiotic sausages. *Food Research International*, 44(10), 3125–3133.

- Kim, H. W., Choi, J. H., Choi, Y. S., Han, D. J., Kim, H. Y., Lee, M. A., ... & Kim, C. J. (2010). Effects of sea tangle (*Lamina japonica*) powder on quality characteristics of breakfast sausages. *Food Science of Animal Resources*, 30(1), 55–61.
- Kim, J. H., Kim, J. H., & Yoo, S. S. (2008). Impacts of the proportion of sea-tangle on quality characteristics of muffin. *Korean journal of food and cookery science*, 24(5), 565–572.
- Koval, P. V., Shulgin, Yu. P., Lazhentseva, L. Yu. & Zagorodnaya, G. I. (2005). Probiotic drinks containing iodine. *Molochnaya Promyshlennost*, 6, 38–39.
- Suetsuna, K., & Nakano, T. (2000). Identification of an antihypertensive peptide from peptic digest of wakame (*Undaria pinnatifida*). *The Journal of nutritional biochemistry*, 11(9), 450–454.
- Kwon, E. A., Chang, M. J., & Kim, S. H. (2003). Quality characteristics of bread containing *Laminaria* powder. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 32(3), 406–412.
- Lalic, L. M., & Berkovic, K. (2005). The influence of algae addition on physicochemical properties of cottage cheese. *Milchwissenschaft*, 60, 151–154.
- Lianjun, S., Chuanyun, L., & Yanxia, L. (2005). Processing of kelp powder and its application in bread. *Cereal & Feed Industry*, 8, 18–19.
- Lim, Y. Y., & Murtijaya, J. (2007). Antioxidant properties of *Phyllanthus amarus* extracts as affected by different drying methods. *LWT-Food Science and Technology*, 40(9), 1664–1669.
- López-López, I., Cofrades, S., & Jiménez-Colmenero, F. (2009). Low-fat frankfurters enriched with n-3 PUFA and edible seaweed: Effects of olive oil and chilled storage on physicochemical, sensory and microbial characteristics. *Meat Science*, 83(1), 148–154.
- López-López, I., Bastida, S., Ruiz-Capillas, C., Bravo, L., Larrea, M. T., Sánchez-Muniz, F., ... & Jiménez-Colmenero, F. (2009). Composition and antioxidant capacity of low-salt meat emulsion model systems containing edible seaweeds. *Meat Science*, 83(3), 492–498.
- López-López, I., Cofrades, S., Cañeque, V., Díaz, M. T., López, O., & Jiménez-Colmenero, F. (2011). Effect of cooking on the chemical composition of low-salt, low-fat Wakame/olive oil added beef patties with special reference to fatty acid content. *Meat Science*, 89(1), 27–34.
- López-López, I., Cofrades, S., Ruiz-Capillas, C., & Jiménez-Colmenero, F. (2009). Design and nutritional properties of potential functional frankfurters based on lipid formulation, added seaweed and low salt content. *Meat Science*, 83(2), 255–262.
- López-López, I., Cofrades, S., Yakan, A., Solas, M. T., & Jiménez-Colmenero, F. (2010). Frozen storage characteristics of low-salt and low-fat beef patties as affected by Wakame addition and replacing pork backfat with olive oil-in-water emulsion. *Food Research International*, 43(5), 1244–1254.
- Mousa, N., & Farid, M. (2002). Microwave vacuum drying of banana slices. *Drying technology*, 20(10), 2055–2066.
- Nisizawa, K. (2006). *Seaweeds Kaiso: bountiful harvest from the seas*. World seaweed resources-An authoritative reference system.
- Oh, H. K., & Lim, H. S. (2011). Quality characteristics of the hamburger patties with sea tangle (*Laminaria japonica*) powder and/or cooked rice. *Food Science of Animal Resources*, 31(4), 570–579.
- Pina-Pérez, M. C., Rivas, A., Martínez, A., & Rodrigo, D. (2017). Antimicrobial potential of macro and microalgae against pathogenic and spoilage microorganisms in food. *Food chemistry*, 235, 34–44.
- Prabhasankar, P., Ganesan, P., Bhaskar, N., Hirose, A., Stephen, N., Gowda, L. R., ... & Miyashita, K. J. F. C. (2009). Edible Japanese seaweed, wakame (*Undaria pinnatifida*) as an ingredient in pasta: Chemical, functional and structural evaluation. *Food Chemistry*, 115(2), 501–508.
- Pulz, O., & Gross, W. (2004). Valuable products from biotechnology of microalgae. *Applied microbiology and biotechnology*, 65, 635–648.
- Zhang, Q., Li, N., Liu, X., Zhao, Z., Li, Z., & Xu, Z. (2004). The structure of a sulfated galactan from *Porphyra haitanensis* and its in vivo antioxidant activity. *Carbohydrate research*, 339(1), 105–111.
- Raymundo, A., Gouveia, L., Batista, A. P., Empis, J., & Sousa, I. (2005). Fat mimetic capacity of *Chlorella vulgaris* biomass in oil-in-water food emulsions stabilized by pea protein. *Food Research International*, 38(8-9), 961–965.

Rodriguez-Garcia, I., & Guil-Guerrero, J. L. (2008). Evaluation of the antioxidant activity of three microalgal species for use as dietary supplements and in the preservation of foods. *Food chemistry*, 108(3), 1023–1026.

Roohinejad, S., Koubaa, M., Barba, F. J., Saljoughian, S., Amid, M., & Greiner, R. (2017). Application of seaweeds to develop new food products with enhanced shelf-life, quality and health-related beneficial properties. *Food Research International*, 99, 1066–1083.

Rupérez, P. (2002). Mineral content of edible marine seaweeds. *Food chemistry*, 79(1), 23–26.

Salati, S., D'Imporzano, G., Menin, B., Veronesi, D., Scaglia, B., Abbruscato, P., ... & Adani, F. (2017). Mixotrophic cultivation of *Chlorella* for local protein production using agro-food by-products. *Bioresource technology*, 230, 82–89.

Sánchez-Machado, D. I., López-Cervantes, J., Lopez-Hernandez, J., & Paseiro-Losada, P. (2004). Fatty acids, total lipid, protein and ash contents of processed edible seaweeds. *Food chemistry*, 85(3), 439–444.

Senthil, M. A., Mamatha, B. S., & Mahadevaswamy, M. (2005). Effect of using seaweed (*eucheuma*) powder on the quality of fish cutlet. *International journal of food sciences and nutrition*, 56(5), 327–335.

Venugopal, V. (2008). Marine products for healthcare: Functional and bioactive nutraceutical compounds from the ocean. CRC group, Taylor & Francis, 261–338.

Walsh, M., & Watson, L. (2011). A Market Analysis Towards the Further Development of Seaweed Aquaculture in Ireland; Part 1. Irish Sea Fisheries Board.

Watanabe, F., Takenaka, S., Katsura, H., Masumder, S. Z. H., Abe, K., Tamura, Y., & Nakano, Y. (1999). Dried green and purple lavers (*Nori*) contain substantial amounts of biologically active vitamin B12 but less of dietary iodine relative to other edible seaweeds. *Journal of agricultural and food chemistry*, 47(6), 2341–2343.

Wong, K., & Chikeung Cheung, P. (2001). Influence of drying treatment on three *Sargassum* species 2. Protein extractability, in vitro protein digestibility and amino acid profile of protein concentrates. *Journal of applied phycology*, 13, 51–58.

Yokogoshi, H., Mochizuki, H., Nanami, K., Hida, Y., Miyachi, F., & Oda, H. (1999). Dietary taurine enhances cholesterol degradation and reduces serum and liver cholesterol concentrations in rats fed a high-cholesterol diet. *The Journal of nutrition*, 129(9), 1705–1712.

Yuan, Y. V. (2008). Marine Algal Constituents. *Marine Nutraceuticals and Functional Foods*, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, London, New York, 259–296.

Zhang, H., Pang, Z., & Han, C. (2014). *Undaria pinnatifida* (Wakame): a seaweed with pharmacological properties. *Sci. Int*, 2, 32–36.

Отримано в редакцію 10.02.2024 р., прийнято до публікації 12.04.2024 р.

УДК 532.082.2:544.034.54:664.29

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2024.20>

ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦИКОРІЮ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ТА ДЕРИВАТОГРАФІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Попова Інна Володимирівна,*Доктор філософських наук, професор,*<https://orcid.org/0000-0003-0332-2681>,*Національний університет харчових технологій,**01601, вул. Володимирська, 68, м. Київ, Україна.***Василів Володимир Павлович,***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.***Паламарчук Ігор Павлович,***Доктор технічних наук професор,*<https://orcid.org/0000-0002-0441-6586>,*Національний університет біоресурсів і природокористування України,**03041, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, Україна.***Муштрук Наталія Михайлівна,***Здобувач ступеня доктора філософії,*<https://orcid.org/0000-0002-3292-9063>,*Національний університет біоресурсів і природокористування України,**03041, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, Україна.***Кукла Олексій Васильович,***Здобувач ступеня доктора філософії,*<https://orcid.org/0009-0005-0465-0136>,*Національний університет біоресурсів і природокористування України,**03041, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, Україна.*

Анотація. Наявність великої кількості важких металів у рослинах і ґрунтах, які використовуються для вирощування сільськогосподарських культур, постійно впливає на екологічну безпеку відповідного середовища. Збільшення концентрації мікроелементів та сполук важких металів в рослинних тканинах призводить до порушень обміну речовин рослинних і тваринних організмів. Таким чином, тривалий вплив високих концентрацій важких металів та їх сполук у ґрунті і рослинах може спричиняти патологічні зміни або порушення біологічних процесів. Аналіз взаємодії мікро- і макронутрієнтів з вуглеводними складовими рослинної сировини цикорію ставить на меті можливе нивелювання негативного впливу утворених комплексів на загальний екологічний стан навколишнього середовища. Для проведення дослідження використано неагресивний метод рентгенофлуоресцентного аналізу біологічно-активних сполук, що є найбільш точним та ефективним з точки зору часу проведення експерименту. Дериватографічні методи дослідження, або комбіновані методи термічного аналізу, дозволяють одночасно отримувати в автоматичному режимі дані про зміну маси речовини і швидкості цієї зміни, а також отримувати фізико-хімічні характеристики таких процесів. Вибір традиційних методів аналізу, зокрема тонкошарової хроматографії, спектрофотометрії, вимірювання кута поляризації, електрофорезу, зумовлено відносною простотою і точністю одержаних даних. Результати досліджень, проведених щодо вмісту мікроелементів та їх взаємодії з вуглеводами

рослинної інуліновмісної сировини, показали, що вміст 20 макро- та мікроелементів у коренях цикорію визначали методом рентгенофлуоресцентного аналізу. Дослідження підтвердило закономірність зміни вмісту мікроелементів в залежності від термічної обробки, зокрема в жорстких умовах. За результатами проведених досліджень, встановлено, що термічна обробка коренів цикорію, зокрема їх смаження, суттєво поліпшує мінеральний склад цієї рослинної сировини. Розроблений метод неdestructивного аналізу вмісту мінеральних компонентів у рослинній сировині, що використовує вуглеводи як матрицю для вимірювань, дозволяє отримувати достовірні результати. Доведено, що тип вуглеводу майже не впливає на результати аналізу. На базі отриманих даних розроблено серію стандартних зразків для визначення вмісту елементів, таких як Cd, Zn, Pb та Hg, і побудовані відповідні калібрувальні криві. Дослідженням дериватографії підтверджено утворення комплексів кальцію та магнію з інуліном, а також стабілізацію сахаридів при комплексоутворенні з названими елементами та визначає подальшу стратегію зменшення негативного впливу зазначених сполук на живі організми.

Ключові слова: вплив на навколишнє середовище, інулін, вуглеводи, цикорій, мікроелементи, рентгенофлуоресцентний аналіз, дериватографічні термoeфекти.

UDC 532.082.2:544.034.54:664.29

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2024.12>

ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL SAFETY AND TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF CHICORY BASED ON THE RESULTS OF MICROBIOLOGICAL AND DERMATOGRAPHIA STUDIES

Inna Popova,

Doctor in Philosophical Sciences,

<https://orcid.org/0000-0003-0332-2681>,

National University of Food Technology,

01601, 68 Volodymyrska Str.t, Kyiv Ukraine.

Volodymyr Vasylyv,

PhD in Technical Sciences,

<https://orcid.org/0000-0002-2109-0522>,

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,

03040, 15 Heroiv Oborony Str., Kyiv, Ukraine.

Igor Palamarchuk,

Doctor in Technical Sciences,

<https://orcid.org/0000-0002-0441-6586>,

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,

03040, 15 Heroiv Oborony Str., Kyiv, Ukraine.

Natalia Mushtruk,

Postgraduate Student,

<https://orcid.org/0000-0002-3292-9063>,

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,

03040, 15 Heroiv Oborony Str., Kyiv, Ukraine.

Oleksii Kukla,

Postgraduate Student,

<https://orcid.org/0009-0005-0465-0136>,

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,

03040, 15 Heroiv Oborony Str., Kyiv, Ukraine.

Abstract. The presence of a large amount of heavy metals in plants and soils used for growing agricultural crops constantly affects the environmental safety of the respective environment. An increase in the concentration of trace elements and compounds of heavy metals in plant tissues leads to disturbances in the metabolism of plant and animal organisms. Thus, long-term exposure to high concentrations of heavy metals and their compounds in soil and plants can cause pathological changes or disruption of biological processes. The analysis of the interaction of micro- and macronutrients with the carbohydrate components of chicory plant raw materials aims at the possible leveling of the negative impact of the formed complexes on the general ecological state of the environment. The non-destructive method of X-ray fluorescence analysis of biologically active compounds was used to conduct the research, which is the most accurate and effective from the point of view of the time of conducting the experiment. Derivatographic methods of research, or combined methods of thermal analysis, allow simultaneously to obtain data on the change in the mass of a substance and the speed of this change in an automatic mode, as well as to obtain the physical and chemical characteristics of such processes. The choice of traditional methods of analysis, in particular thin-layer chromatography, spectrophotometry, measurement of the polarization angle, electrophoresis, is determined by the relative simplicity and accuracy of the obtained data. The results of research conducted on the content of microelements and their interaction with carbohydrates of vegetable inulin-containing raw materials showed that the content of 20 macro- and microelements in chicory roots was determined by X-ray fluorescence analysis. The study confirmed the regularity of changes in the content of trace elements depending on heat treatment, in particular in harsh conditions. Based on the results of the research, it was established that the heat treatment of chicory roots, in particular their frying, significantly improves the mineral composition of this plant material. The developed method of non-destructive analysis of the content of mineral components in vegetable raw materials, which uses carbohydrates as a matrix for measurements, allows obtaining reliable results. It has been proven that the type of carbohydrate has almost no effect on the results of the analysis. Based on the obtained data, a series of standard samples was developed to determine the content of elements such as Cd, Zn, Pb and Hg, and the corresponding calibration curves were constructed. The derivatography study confirmed the formation of calcium and magnesium complexes with inulin, as well as the stabilization of saccharides when complexed with the mentioned elements and determines the further strategy for reducing the negative impact of these compounds on living organisms.

Keywords: environmental impact, inulin, carbohydrates, chicory, trace elements, X-ray fluorescence analysis, derivatography thermal effects.

ВСТУП. Коренева частина цикорію є джерелом унікальних складових, таких як інулін, бета-каротин, тіамін, піродоксин, рибофлавін, фолієва кислота та різноманітні вітаміни. Інулін, як потужний пребіотик, сприяє підвищенню захисних функцій організму. Бета-каротин, як природний антиоксидант, нейтралізує вільні радикали, запобігаючи розвитку онкологічних захворювань (Kos et al., 2021). Фолієва кислота та вітамін Е підвищують функціональність серцево-судинної та імунної системи. Тіамін та піродоксин сприяють поліпшенню обміну речовин, витривалості і роботі нервової системи. Холін сприяє очищенню печінки від зайвого жиру, а рибофлавін регулює життєдіяльність клітин і впливає на репродуктивні функції. Проте багато структурних елементів цикорію представляють певну екологічну небезпеку, концентрація яких залежить переважно від особливостей місцевості, де вирощується ця рослина.

Утилізація відходів виробництв агропромислового комплексу призводять до антропогенного забруднення повітря, води та, відповідно, ґрунту. Серед екологічно небезпечних сполук відзначаються катіони металів, різноманітні шкідливі мікроелементи, важкі та токсичні метали, які здатні накопичуватися в структурі рослин та організмів людей та тварин. Взаємодія системи ґрунт-рослина призводить до інфільтрації вказаних елементів у кореневу систему рослин (Marangu, 2020; Zavadzka et al., 2023).

Згідно з даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, серед найнебезпечніших важких металів є свинець, ртуть і кадмій. Свинець може значно пригнічувати ріст та порушувати надходження заліза до клітин, що призводить до розвитку хлорозу (Palamarchuk *et al.*, 2023). Допустима концентрація свинцю у сільськогосподарських культурах для харчових продуктів становить 1-5 мг/кг сухої речовини, для овочевих і зернових культур – 0,3 мг/кг, для кормів – до 10 мг/кг. Кадмій, який має схожі хімічні властивості до цинку, може заміщувати його у багатьох біохімічних процесах, що призводить до порушення роботи ферментів і розвитку хлорозу листків, стебел та черешків. Це може призвести до нестачі цинку, пригнічення росту рослин та їх загибелі. Допустима концентрація кадмію у харчових продуктах складає 70 м/кг на добу для дорослих, а для дітей взагалі є недопустимою (Steiner *et al.*, 2018; Komar *et al.*, 2021).

За останні 5 років, дослідниками було виявлено високу токсичність таких біологічно активних елементів, як берилій, миш'як, селен, сурма, талій, нікель, олово, ванадій. Загалом, державні стандарти класифікують токсичні хімічні елементи за рівнями гігієнічної небезпеки (табл. 1).

Таблиця 1. Розподіл токсичних хімічних елементів за класами гігієнічної небезпеки (Kos *et al.*, 2021)

Токсичні елементи		
1-й клас	1-й клас	3-й клас
миш'як, берилій, ртуть, селен, кадмій, свинець, цинк, фтор	миш'як, берилій, ртуть, селен, кадмій, свинець, цинк, фтор	барій, ванадій, вольфрам, марганець, стронцій

Перевищення припустимої межі концентрації цинку на рівні вище 200-400 мг/кг сухої маси рослин може спричинити його фітотоксичність, що проявляється у втраті кольору та відмиранні листової тканини. Марганець має властивість призводити до радикальних змін, спричиняючи хлороз між жилками молодих листків, що призводить до їхнього забарвлення в жовті або блідо-білі відтінки з темно-коричневими або навіть практично білими плямами. Такі ж симптоми можуть бути також викликані дією магнію, калію та кальцію. При надмірній кількості кобальту, фосфору та кальцію у деяких рослин може спостерігатися некроз між жилками. Всі ці елементи містяться в цикорі (табл. 1) та можуть вважатися потенційно небезпечними для екосистеми.

Серед негативного вмісту шкідливих речовин у корисних рослин, спостерігається тенденція у харчовій промисловості до створення продуктів, які мають розширений спектр функціоналу. Ці продукти збагачуються корисними мінеральними компонентами та біологічно активними речовинами, що позитивно впливають на здоров'я. Використання рослин з різноманітним вуглеводним складом, зокрема цикорію, є важливим аспектом цієї тенденції (Felix, 2020). Цикорій виділяється серед інших рослин завдяки його високому вмісту інуліну та інших корисних сполук. Більше того, цикорій дозволяє впроваджувати різноманітні харчові технології завдяки його технологічній обробці, що робить його привабливим в різних харчових продуктах.

Інформація про хімічний склад цикорію, яка подана у науковій літературі, потребує додаткових наукових досліджень для розробки ефективних технологій. Зокрема, необхідно провести дослідження взаємодії інуліну та його структурних компонентів з мінеральними та органічними елементами рослинної сировини. Це дослідження впливає на процес виділення інуліну з цикорію та подальший процес гідролізу. Пошук оптимальних умов для перетворення інуліну цикорію на фруктозо-олігосахаридні продукти потребує детального дослідження як фізико-хімічних властивостей складу коренеплодів цикорію, так і взаємодії між їх компонентами. Це вивчення впливає на стабільність вихідних, проміжних та кінцевих продуктів гідролізу інуліну, а також на процес виділення інуліну з рослинної сировини та його подальшу фрагментацію (Xu *et al.*, 2016; Derevianko *et al.*, 2022).

Дослідження зміни вмісту мінеральних речовин та інших компонентів у коренях цикорію, які містять важкі або токсичні метали, потребують глибокого та комплексного аналізу. Ці елементи цикорію відіграють значну роль у поживних процесах та взаємодіють з органічними компонентами через різноманітні хімічні процеси, що відбуваються на різних етапах життєвого циклу рослини.

Мета даної роботи полягає в обґрунтуванні екологічної безпеки та в оцінці технологічних можливостей використання цикорію. Крім того, вона передбачає вивчення умов для стабілізації процесу утворення сахаридного комплексу в цикорію.

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ. Провівши аналіз результатів наукової роботи (Tereshchenko *et al.*, 2022) встановлено, що вміст рухомих форм металів визначає рівень їх токсичності. Тому для оцінки потенційної небезпеки ґрунтів доцільно використовувати валовий вміст важких металів у рослинах.

За результатами дослідження, проведеного авторами наукової статті (Carter *et al.*, 2019), було доведено, що такі рухливі сполуки шкодять біоценозу ґрунту. Згідно з експериментальними дослідженнями авторів (Pyas *et al.*, 2019; Bulygin *et al.*, 2020), встановлено, що гранично допустимий вміст міді, цинку та нікелю в рослинах коливається в межах 100, 50 та 300 мг на 1 кг сухої речовини; в той час як автори статті (Zheplinska *et al.*, 2021a) стверджують, що максимально допустимий вміст міді, цинку та нікелю в рослинах коливається між 50, 4 та 23 мг на 1 кг сухої речовини. Значно нижчі концентрації регулюються для таких елементів, як берилій: 0,1 мг/кг; кадмій: 0,015 - 0,5; хром: 0,2 - 1,0; ртутний: 0,05 - 0,1; фтор: 0,3 - 0,4; свинець: 0,06; селен: 0,2 - 2,0; олово: 0,8 - 6,0 (Tkach *et al.*, 2022).

Протягом останнього десятиліття на фоні постійного зростання популярності альтернативних цукро замінників спостерігається активний розвиток виробництва вуглеводних замінників, серед яких особливе місце займають глюкозно-фруктозні сиропи та сиропи з високим вмістом фруктози (Zheplinska *et al.*, 2021b). У контексті загального світового виробництва цукру на рівні близько 130 мільйонів тон, обсяг виробництва цукрових замінників становить приблизно 15-20 мільйонів тон цукрового еквівалента (Shevchuk *et al.*, 2022). Рослини, багаті на інулін – природний полімер фруктози, які включають топінамбур і цикорій, стають об'єктом підвищеного інтересу серед вчених, які працюють над розробкою методів для отримання високофруктозних сиропів (Langenaeken *et al.*, 2019; Blahopoluchna *et al.*, 2023).

Розробка технологій для виготовлення високофруктозних сиропів – складний і міждисциплінарний процес, який може об'єднувати дослідження вчених за різними галузями, таких як агрономія, переробка, біологія та ензимологія (Palamarchuk *et al.*, 2022). Особливо це стосується виробництва високофруктозних сиропів, які отримують методом промислової хроматографії, що вимагає використання складного та вартісного обладнання (Hamouda *et al.*, 2018). Щоб забезпечити безперебійну роботу цього обладнання, необхідно провести ретельне очищення вуглеводних сиропів за допомогою полімерних іонообмінних смол. Це означає, що процес виробництва високо-фруктозних сиропів включає послідовне застосування двох хроматографічних методів, які потребують уважного нагляду та контролю з багатьох параметрів для забезпечення оптимальних результатів (Maslova *et al.*, 2019).

Відповідно до рукопису (Duke *et al.*, 2018; Mineralova, Parfeniuk and Mineralov, 2021), було встановлено кількість (у мг) мінеральних складових, таких як натрій (4,4 мг), калій (1,92 мг), марганець (12 мг), кальцій (26 мг), залізо (0,7 мг) та фосфор (25 мг). Таким чином, автори прагнули експериментально з'ясувати компонентний склад кореня цикорію та його вплив на хімічні перетворення в технологічному процесі.

Оцінка екологічної безпеки та технологічних характеристик цикорію на основі мікробіологічних та дериватографічних досліджень, наочно свідчить про важливість цих досліджень у сучасній науці. Результати мікробіологічного аналізу дозволять оцінити рівень безпеки використання цикорію як продукту, а дериватографічні дослідження розкривають його

хімічний склад та властивості. Це забезпечує наукову базу для подальших досліджень щодо оптимізації технологічних процесів виробництва та регулювання впливу цикорію на довкілля та здоров'я людини. Такий комплексний підхід дозволяє забезпечити якість продукції та зберегти екологічну стійкість у вирощуванні та використанні цикорію.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ. Проводили розширене дослідження вмісту хімічних елементів у свіжих коренях цикорію за допомогою рентгено-флуоресцентного спектрометра-аналізатора від Elvateх (із використанням програмного забезпечення Elva X) в автоматичному режимі для виявлення 60 елементів, які вважалися найбільш важливими.

Перед аналізом зразки матеріалу були попередньо висушені та подрібнені. Детектування характеризується двома режимами роботи рентгенівської трубки: зі струмом 15 мкА і 35 мкА. Також було проведено порівняння елементного складу надземної (листя, стебла) та підземної (коренів) частин цикорію з метою вивчення розподілу мікро- та макроелементів у функціональних частинах рослини.

Додатково, для оцінки впливу термічної обробки на вміст мінеральних компонентів, елементний склад висушених зразків порівнювали зі складом аналогічних зразків зольної фази.

Аналіз елементного складу вуглеводневмісної сировини методом рентгенофлуоресценції. Виявлення вмісту металів є ключовим аспектом оцінки якості рослинної сировини, існування чого визначається як проблема. Традиційні методи аналізу зазвичай потребують значних зусиль і часу. У зв'язку з цим, пошук та застосування недеструктивних методів, таких як рентгенофлуоресцентний аналіз, стають логічним кроком. Останнім часом цей метод набуває все більшої популярності. Це досягається шляхом детального аналізу мікроелементного складу рослинної сировини з використанням розробленого методу неруйнівного аналізу. Цей метод відрізняється від інших тим, що використовує вуглеводи як матрицю для вимірювань, що забезпечує більш точні результати та високу надійність даних. Такий підхід дозволяє виявити складні взаємозв'язки між хімічними компонентами цикорію та забезпечити більш глибоке розуміння його фізіологічних та технологічних властивостей.

У рентгенофлуоресцентному аналізі проба піддається первинному рентгенівському випромінюванню від трубки. Це призводить до виникнення вторинного рентгенівського випромінювання від проби, характер якого залежить від кількісного та якісного складу зразка. Механізм збудження рентгенівської флуоресценції пояснюється наступним чином: рентгенівські фотони первинного випромінювання трубки вибивають електрони з атомів, що знаходяться на К-оболонці, найближчій до атомного ядра. Електрони з більш віддалених від ядра оболонок (L, M та інші) заповнюють вакантні місця, що виникають в результаті цього процесу, що призводить до виникнення вторинного рентгенівського випромінювання.

Існує зв'язок між довжиною хвилі спостереженого випромінювання, квантовими числами та атомним номером елементу (1):

$$\lambda^{-1} = R \cdot (Z - k)^2 [n_1^{-1} - n_2^{-1}] \quad (1)$$

де, λ – довжина хвилі спостережуваного рентгенівського випромінювання;

Z – атомний номер елемента;

n_1 і n_2 – основні квантові числа ($n_2 < n_1$), що визначають енергетичні рівні, на які і з яких переноситься електрон відповідно;

$k = 1-1,5$, що означає, що для обраної К-серії візьмемо $k = 1$;

$R = 1,09 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$ – постійна Рідберга.

З представленої рівняння закону Мослі, де величина, обернена довжині хвилі спостережуваної рентгенівської лінії ($v/s = \lambda$), пропорційна квадрату атомного номера елемента, можна зробити висновок, що визначивши довжину хвилі рентгенівського випромінювання, відповідну конкретному електронному переходу, наприклад, $L \rightarrow K$, $M \rightarrow K$ і т. д., можна легко визначити атомні номери елементів у зразку. Це дозволяє проводити якісний аналіз зразка, визначати характерні рентгенівські лінії та їх довжини. Для якісного рентгенофлуоресцентного аналізу енергія поліхроматичного випромінювання рентгенівської трубки повинна бути рівною або більшою за енергію, необхідну для вибивання К-електронів елементів, що входять у склад зразка. При цьому спектр вторинного рентгенівського випромінювання міститиме характерні рентгенівські лінії, довжина яких відповідає даним в довідкових таблицях.

Для кількісного аналізу методом рентгенофлуоресценції важливо виміряти інтенсивність характерних ліній випромінювання. Інтенсивність цього виду випромінювання від зразка, що аналізується, має прямий вплив на оцінку кількісного складу матеріалу і залежить від декількох чинників: потужності випромінювання рентгенівської трубки та її спектрального складу; концентрації відповідного елемента у зразку, яка визначається загальною кількістю його атомів; товщини зразка (при невеликій товщині півки зразка інтенсивність зростає, оскільки більше атомів зразка стають в стан збудження, а в оптимальних межах інтенсивність пропорційна товщині); природи матеріалу зразка, яка включає характер і вміст домішок – так званий матричний ефект, що обумовлений поглинанням частини первинного випромінювання домішками.

Рівняння Вольфа-Брегга використовується для обчислення довжин хвиль аналізованих елементів (2):

$$\lambda = 2d \sin \theta \quad (2)$$

де, λ – довжина хвилі випромінювання аналізованого елемента;

d – міжплоскощинна відстань плоскої системи, яку можна визначити як товщину напівпрозорого матеріалу;

θ – кут відбиття первинного рентгенівського випромінювання від кристала.

Метод тонкошарової хроматографії в фіксованому шарі. Необхідність контролювати склад продуктів гідролізу інуліну створює потребу у методиках контролю, які є легкими у використанні, дозволяють отримувати стабільні результати та мають низький час виконання одного експерименту.

Хроматографічні методи якісного та кількісного аналізу вуглеводів, такі як паперова, газова, рідинна, газорідинна, колонкова та тонкошарова хроматографія, найбільше відповідають цим вимогам. Вони є простими в обладнанні, зручними та точними.

Після проведення порівняльного аналізу різних видів хроматографії ми вирішили використовувати тонкошарову хроматографію. Це обрано через те, що хроматографічний процес у тонкому шарі сорбента дозволяє ефективно розділяти аналізовані суміші на їх компоненти, що базується на різниці у швидкості руху компонентів у шарі адсорбента.

У порівнянні з колоночною хроматографією, у тонкошаровій хроматографії (ТШХ) речовини, які розділяються, можуть дифундувати не лише вздовж колонки, але й в поперечному напрямку. Основними силами, які впливають на рух у ТШХ, є капілярні сили та сили дифузії. Порівняно з паперовою хроматографією, дифузія в тонкому шарі менше впливає на розширення плям, що покращує розділення компонентів суміші.

Методика визначення вмісту вуглеводів у розчинах за допомогою ТШХ широко відома і описана в багатьох літературних джерелах (Hamouda et al., 2018).

Спектрофотометричні методи дослідження складу складних сполук неорганічних іонів з органічними лігандами. Серед різноманітних методів спектрофотометричного аналізу

комплексних сполук, описаних у науковій літературі, було обрано метод Асмуса, відомий як прямолінійний метод. Цей метод використовується для визначення складу низькостабільних комплексів. Очікується, що при взаємодії інуліну та його структурних компонентів з іонами кальцію та магнію утворяться відповідні комплекси. Важливою умовою застосування цього методу є відсутність поглинання в цій спектральній області вихідними компонентами.

Метод Асмуса видається передусім перспективним у порівнянні з іншими методами, оскільки він дозволяє правильно визначити склад комплексу навіть у випадках, коли концентрація вихідних розчинів реагуючих компонентів не встановлена або абсолютно невідома. Іншою перевагою є здатність працювати з забрудненими препаратами, за умови, що самі домішки не утворюють комплексів з компонентами основної реакції. Крім того, метод відрізняється простотою виконання вимірювань і наступних розрахунків.

Оскільки утворені комплекси не мали забарвлення, ми вирішили використати методику Асмуса не для вимірювання зміни оптичної щільності, а для аналізу зміни поляризації розчинів.

Дериватографічні методи дослідження, або комбіновані методи термічного аналізу, дозволяють одночасно отримувати в автоматичному режимі дані про зміну маси речовини і швидкості цієї зміни, а також отримувати фізико-хімічні характеристики таких процесів, що в свою чергу використовується для вивчення термічної стабільності хімічних сполук, їх реакцій в твердій фазі, процеси зневоднення, термічного руйнування полімерів та ін.

Комбінований метод DTA-TG-TNP включає диференціальний термічний аналіз (DTA), динамічну термогравіметрію (TG) та похідну термогравіметрію (DNP). Принцип методу ДТА полягає в зіставленні термічних властивостей зразків досліджуваної речовини і термічно інертного речовини, яке вважається еталоном. Зафіксований параметр - це різниця їх температур, яка виникає в процесі нагрівання зразка з постійною швидкістю.

При наявності фазових переходів у системі, які супроводжуються поглинанням або виділенням тепла під час нагрівання досліджуваної речовини, на кривій зміни температури можуть спостерігатися відхилення від плавного ходу в залежності від характеру цих перетворень.

Це можуть бути як горизонтальні ділянки, так і різкі вигини температурної кривої. При цьому відхилення вниз від плавного ходу температурної кривої свідчать про наявність ендотермічних ефектів, а відхилення в бік збільшення - про екзотермічні ефекти. Зазвичай процеси адсорбції, кристалізації і структурно зв'язаної води характеризуються ендотермічними ефектами, а вторинні взаємодії продуктів руйнування - екзотермічними.

У динамічній термогравіметрії (ТГ) зміна маси зразка реєструється в залежності від температури, коли температура змінюється з постійною швидкістю (3):

$$m = f(T) \quad (3)$$

У методі похідної термогравіметрії записується похідна зміни маси з часом як функція температури (4) :

$$dm/d\tau = f(T) \quad (4)$$

Результуюча крива є першою похідною кривої зміни маси, де площа під піками на кривій пропорційна абсолютній зміні маси вибірки. Порівняння положень і площ піків на дериватограмах дозволяє порівняти термічну стабільність з'єднань, зокрема, зробити висновок про наявність комплексів і стабілізуючий ефект комплексоутворення.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ. Для досягнення оптимальних умов перетворення інуліну цикорію на продукти фруктозо-олігосахаридної природи необхідно провести комплексне дослідження як хімічного складу коренеплодів цикорію, так і взаємодії між їх складовими. Цей

аналіз впливає як на стійкість вихідних, проміжних та кінцевих продуктів гідролізу інуліну, так і на ефективність процесу виділення інуліну з рослинної сировини та його подальшу перетворення.

Огляд літератури за останні 3 роки виявив певні не відповідності у вивченні хімічного складу коренеплодів цикорію, зокрема стосовно мінеральних компонентів, тож потрібні додаткові дослідження та уточнення. Макро- та мікроелементи, присутні у його складі, не лише є важливими поживними речовинами, проте вони також можуть бути активно включені до перетворень органічних компонентів.

Також слід звернути увагу на можливу взаємодію органічних сполук у складі цикорію, зокрема біополімерів, які становлять значну частину маси коренів – вуглеводів і білкових сполук. Ця взаємодія практично не досліджувалася за звичайних умов, але може впливати на хід технологічних процесів переробки цикорної сировини.

Тому ми приділяємо особливу увагу дослідженню вмісту окремих хімічних елементів та сполук у коренеплодах цикорію, а також їх взаємодії.

На першому етапі досліджень ми здійснили якісне визначення вмісту хімічних елементів у свіжих коренях цикорію. Дослідження проводилися за допомогою рентгенівської спектральної флуоресцентної аналізу (РСФА) з використанням програмного забезпечення Elva X фірми "Elvatech" у автоматичному режимі для виявлення 60 елементів, які вважалися найбільш ймовірними.

Зразки матеріалу перед аналізом були попередньо висушені та подрібнені. Якісне виявлення проводили в двох режимах роботи рентгенівської трубки – зі струмом на рентгенівській трубці 15 μA і 35 μA .

Проведені дослідження показали, що у вивчених зразках було виявлено присутність від 13 до 15 елементів при струмі на рентгенівській трубці 15 μA та до 20 елементів з 60 заданих при струмі на рентгенівській трубці 35 μA . Даний факт свідчить про абсолютну відсутність нереєстрованих складових або їх присутність у незначних слідових кількостях.

За результатами проведених експериментів видно, що найбільш поширеними за кількістю є типові живильні елементи, такі як кальцій (Ca) та калій (K). У помітних кількостях також містяться залізо (Fe), марганець (Mn), мідь (Cu) та олово (Sn). Відносний вміст елементів, таких як свинець (Pb), кадмій (Cd) та телур (Te), становить менше 0,5% у рослинній сировині.

Для вивчення розподілу мікро- та макроелементів по функціональним частинам рослини цикорію ми порівнювали елементний склад надземної (листя, стебла) та підземної частини (коренів). Висушені зразки порівнювали з аналогічними озоленими зразками, щоб оцінити вплив термічної обробки на вміст мінеральних компонентів (рис. 1-4).

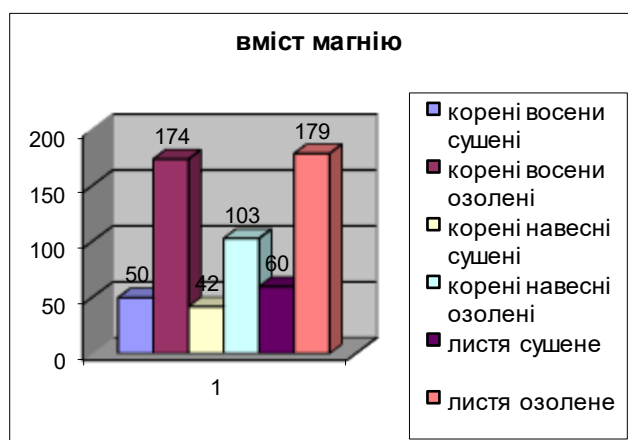


Рисунок 1. Вміст Mg в цикорії (*Cichorium*)

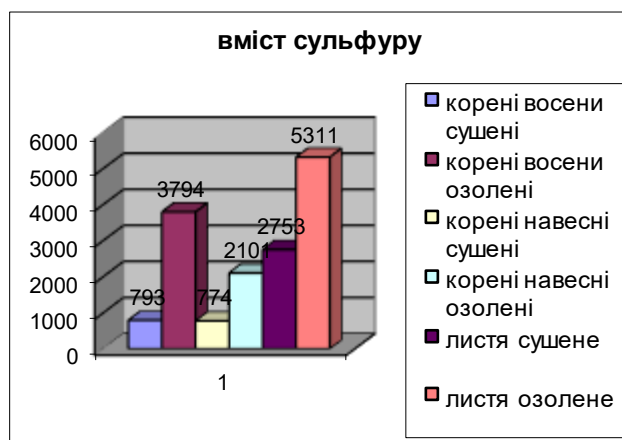


Рисунок 2. Вміст S в цикорії (*Cichorium*)

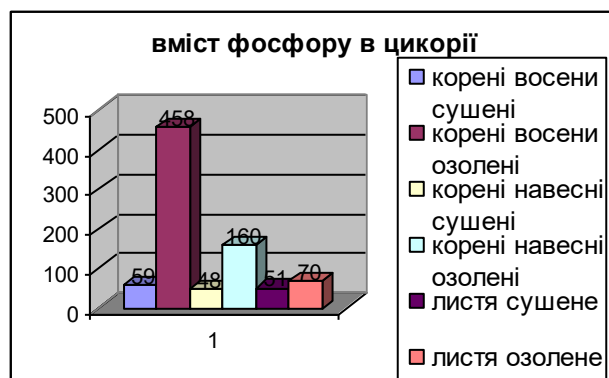


Рисунок 3. Вміст P в цикорії (Cichorium)

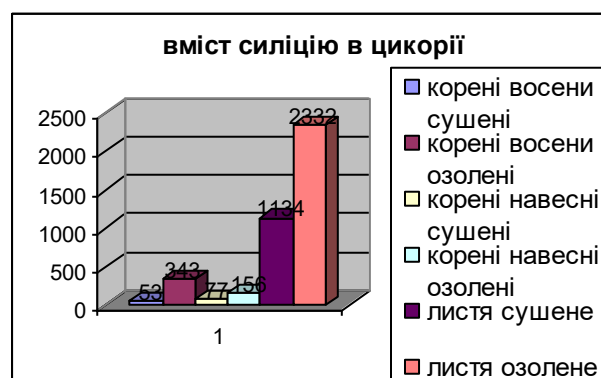


Рисунок 4. Вміст Si в цикорії (Cichorium)

В результаті проведених лабораторних експериментів виявлено цікаву тенденцію відносно змін у концентрації мікроелементів при різних температурних обробках, особливо в умовах високої температури. На графіках, представлених на рисунках 1-4, можна побачити варіації у вмісті живильних (тобто необхідних для здоров'я людини) елементів у різних частинах рослини цикорію. В усіх випадках спостерігалася збільшення кількості цих елементів під час термічної обробки. У той же час, для іншої групи елементів відбувалося зниження їх кількості в аналогічних умовах.

Отже, обробка коренів цикорію, зокрема їх обжарювання, має позитивний вплив на мінеральний склад цієї рослинної сировини.

Амінокислотний аналіз цикорію здійснювали за допомогою автоматичного аналізатора ТТТ 339. У таблиці 2 наведені одержані дані про амінокислотний склад свіжого цикорію та сушеного меленого порошку цикорію.

Таблиця 2 Амінокислотний склад свіжого цикорію та сушеного меленого порошку цикорію

Розрахунок на 100 см ³ зразка (10 см ³ у 20 см ³)						
Назва амінокислоти	Вміст амінокислоти, мг %					
	Свіжий цикорій			Порошок цикорію		
	Кількість, мг	% до мг	СКОР, %	Кількість, мг	% до мг	СКОР, %
Лізин	0,176	0,22	4	0,100	0,25	4
Гістидин	0,295	0,37		0,118	0,29	
Аргінін	1,208	1,53		0,806	1,99	
Аспарагінова кислота	1,538	1,95		1,131	2,79	
Треонін	1,322	1,67	42	0,416	1,02	26
Серін	0,772	0,98		0,309	0,76	
Глутамінова кислота	42,875	54,29		30,625	75,52	
Пролін	2,236	2,83		1,597	3,94	
Гліцин	0,668	0,85		0,436	1,08	
Аланін	3,847	4,87		0,804	1,98	
Цистин	0,133	0,17	11	0,080	0,20	13
Валін	6,201	7,85	157	1,447	3,57	71
Метіонін	0,173	0,22		0,104	0,26	
Ізолейцин	10,323	13,07	327	1,153	2,84	71
Лейцин	4,039	5,11	73	0,801	1,97	28

Тирозин	0,527	0,67	67	0,188	0,46	26
Фенілаланін	2,633	3,33		0,439	1,08	
Сума	78,967			40,553		

У живих організмах, так і в технологічних процесах, більшість перетворень хімічних, харчових та біоорганічних сполук відбувається за участю проміжних комплексних сполук різного ступеня стійкості. Зазвичай такі проміжні комплекси, які визначають механізм реакції у кожному конкретному випадку, є досить нестійкими. Однак за допомогою спеціальних методів контролю, що враховують особливості перебігу реакції у кожному випадку, можна виявити утворення таких проміжних сполук.

Для підтвердження взаємодії кальцію та магнію з інуліном, його полімергомологами та структурними компонентами, ми також провели дослідження методом дериватографії.

Подібні дослідження проводили науковці Українського державного університету харчових технологій стосовно крохмалю та модифікованих крохмалів (Hamouda *et al.*, 2018).

Загальновідомий факт, що кальцій має важливу роль у метаболічних процесах в людському організмі, наша увага спрямована переважно на взаємодію інуліну та його гідролізованих продуктів з цим елементом (Hamouda *et al.*, 2018; Kutovenko *et al.*, 2020).

Термограми досліджуваних зразків були записані за допомогою дериватографічної системи Paulic, Paulic, Erdey в температурному діапазоні від 20 до 500 °С. Отримані результати представлені в таблиці 2, а приклади дериватограм показані на рисунку 5. профіль кривої деформації та зменшення масових витрат порівняно з чистим інуліном.

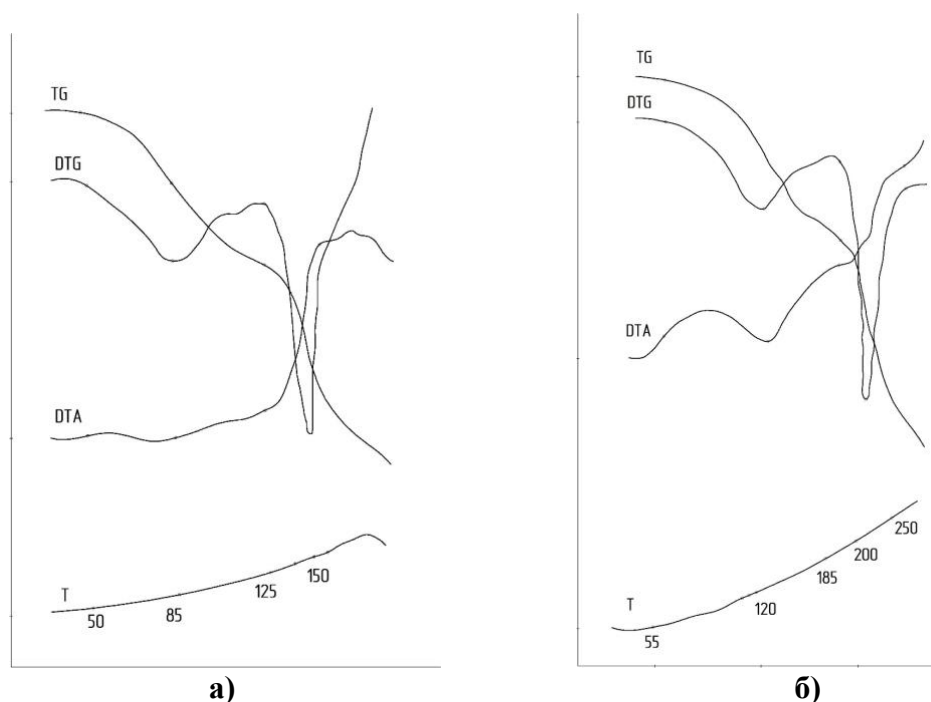


Рисунок 5. Графіки дериватограм для чистого інуліну (а) та інуліну з додаванням 4% іонів кальцію (б).

Порівняння дериватограм чистого інуліну, фруктози, глюкози, сахарози та тих же вуглеводів з додаванням солей кальцію підтвердило, що утворюються стабільні комплекси цих сахаридів з вказаними елементами. Наприклад, на отриманій кривій термоаналізу (ДТА) інуліну спостерігається слабо виражений ендотермічний пік близько 100 °С, пов'язаний з втратою

адсорбційної води і супроводжується незначною втратою маси. Помітна втрата маси починається приблизно з 185 °С. Додавання 4% і більше солі кальцію призводить до зміни

Таким чином, утворення комплексів з кальцієм сприяє зупинці деструкції полісахариду на ранній стадії, а зі зростанням кількості доданої солі кальцію спостерігається значна зміна положення і співвідношення цих екзотермічних максимумів через вторинну взаємодію продуктів термолізу інуліну з кальцієм.

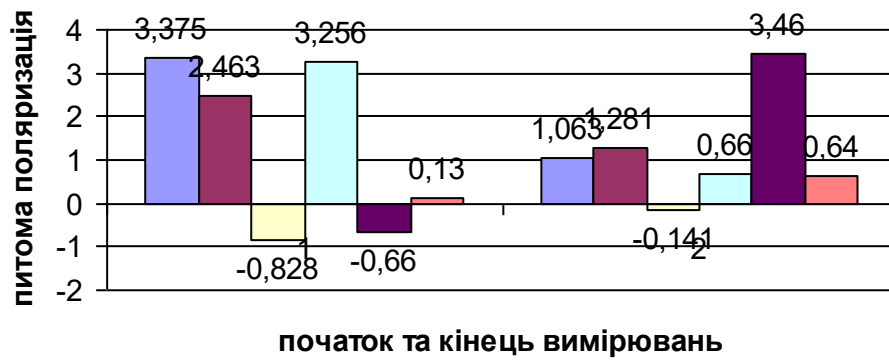
Для вивчення взаємодії вуглеводів з білковими речовинами, які зустрічаються в значних кількостях у майже всіх типах харчової сировини, ми створили модельні суміші «вуглевод-амінокислота» та «вуглевод-білок». Для цього ми випробували інулін та продукти його гідролізу, такі як моносахариди фруктоза і глюкоза, а також дисахарид сахароза. Для отримання більш повної інформації про вплив будови молекули вуглеводу, включаючи довжину ланцюга глікозних залишків, відновлювальну здатність тощо, на взаємодію з амінокислотами і білками та встановлення загальних закономірностей, ми додали до ряду продуктів безпосереднього гідролізу інуліну цикорію (фруктоза, глюкоза, сахароза) відновлювальний дисахарид лактозу, а також трисахарид рафінозу.

Для моніторингу змін у поведінці вуглеводів у присутності амінокислот та білків ми використовували вимірювання кута обертання площини поляризації у серіях досліджуваних сумішей. Ми припускали, що будь-які взаємодії оптично активної речовини з іншими речовинами призведуть до зміни значення поляризації вихідної сполуки. Тобто, зміни у поляризації розчину вуглеводу (при додаванні білкових речовин), які відрізняються від поляризації при звичайному розведенні, свідчать про наявність взаємодії між вуглеводом та доданою речовиною.

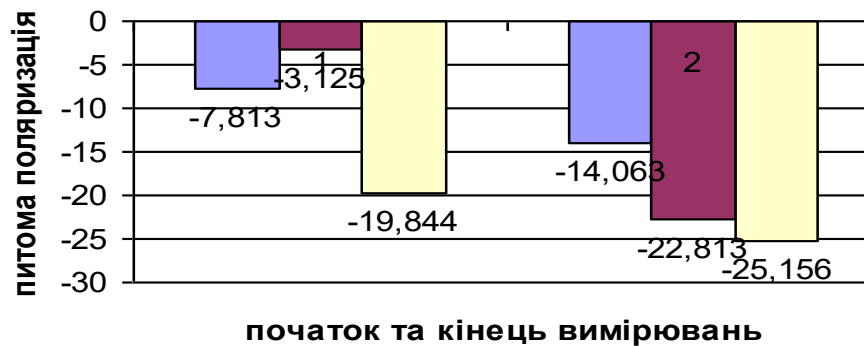
З метою уникнення помилок, що можуть виникнути внаслідок впливу інших оптично активних речовин при оцінці поляризації таких сумішей, на початкових етапах наших досліджень ми аналізували взаємозв'язок між вуглеводами та оптично неактивною амінокислотою – гліцином. Крім того, для того, щоб уникнути можливих змін у поляризації розчину внаслідок звичайної мутаротації, що характерна для моносахаридів та відновлювальних дисахаридів, ми досліджували взаємодію гліцину з сахарозою.

Взаємодію «вуглевод-амінокислота» в цілому вивчали у сумішах з молярними співвідношеннями 1:1, 1:2 та 2:1. У випадках, коли компонентами були біополімери, такі як інулін та альбумін, ми використовували відповідні масові співвідношення, враховуючи різницю у молекулярних масах полімеру та мономера. З іншого боку, у цих серіях дослідів, наприклад, глюкоза з альбуміном або гліцин з інуліном, мономер повинен взаємодіяти одночасно з кількома молекулами мономера по окремих ланках полімерного ланцюга.

Вимір поляризації проводили окремо у кожному розчині: спочатку відразу після їх змішування, а потім після кількох годин стояння при кімнатній температурі. Для прискорення взаємодії у деяких випадках реакційну суміш нагрівали. На рисунку 6 представлені діаграми залежності питомої поляризації систем "вуглевод-амінокислота" для інуліну та його основної структурної одиниці – фруктози під час взаємодії з оптично неактивною амінокислотою гліцином.



а)

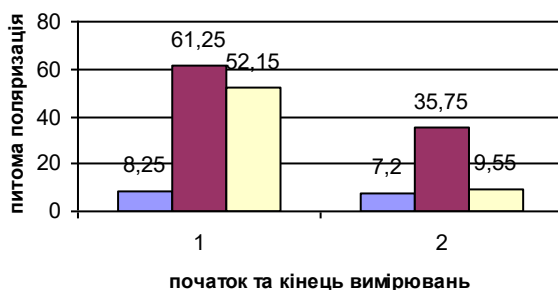


б)

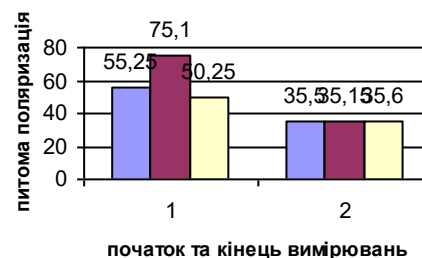
Рисунок 6. Графік змін питомої поляризації від складу системи: (а) інουλін – гліцин та (б) фруктоза – гліцин

Джерело: авторська розробка

Приклад діаграми залежності питомої поляризації системи «вуглевод-білок» наведений на рис. 7.



(а)



(б)

Рисунок 7. Взаємодія інуліну та окремої ланки макромолекули з білком: (а) – фруктоза-альбумін та (б) – інουλін-альбумін

З порівняння результатів вимірювання поляризації зазначених розчинів очевидно, що в усіх досліджених сумішах помітно збільшується різниця між значеннями поляризації розчинів після певного часу реакції у порівнянні з початковими даними. Особливо вагомим є цей ефект у випадку сумішей амінокислоти з фруктозою, яка є ключовою структурною складовою молекули інуліну.

Оскільки вимірювання поляризації сумішей, в яких вуглевод та білкова сполука мають різні співвідношення, показує істотні відмінності, можна припустити, що утворюються комплекси вуглеводів з білками різного складу. Ці комплекси мають різні фізико-хімічні характеристики, включаючи оптичну активність

Цікавим є той факт, що перед досягненням певного сталого значення поляризації суміші вуглеводів з білками пройшли циклічні зміни. Іншими словами, криві змін значень поляризації в часі мають характер циклічних (рис. 8).

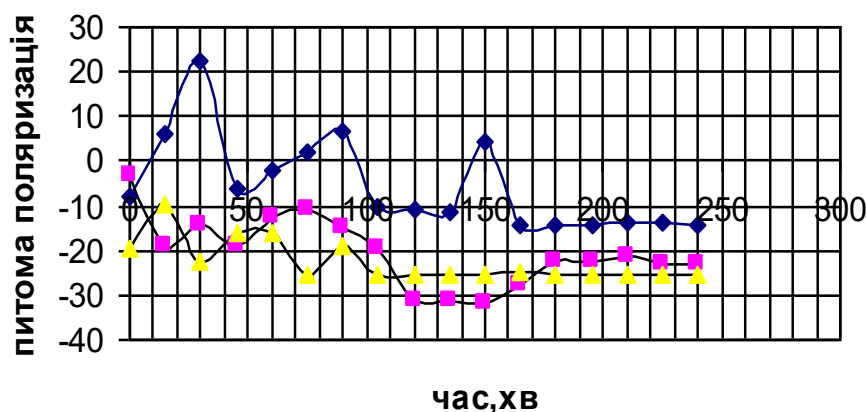


Рисунок. 8. Зміна поляризації суміші «фруктоза – гліцин» у часі.

Отже, на підставі результатів дослідження поляризації розчинів сумішей вуглеводів з амінокислотами та білками можна зробити висновок про взаємодію між цими біоорганічними сполуками. Ця взаємодія проявляється утворенням комплексів з різними співвідношеннями складових, що підтверджується різними значеннями питомого обертання таких сумішей.

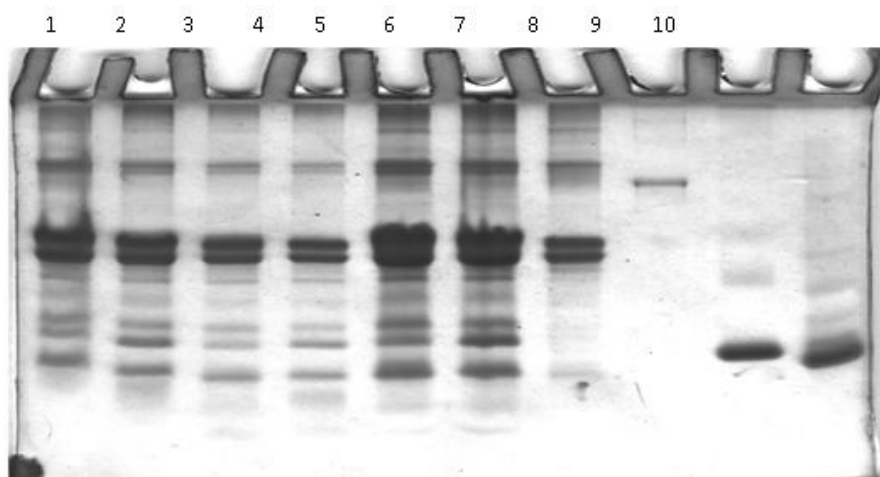


Рисунок 9. Електрофореграма результатів аналізу зразків з екстрактом цикорію (2, 4, 6 треки) і без нього (1, 3, 5 треки);

7 трек – препарат казеїну; 8 трек – альбумін (67 кДа); 9 трек – лізоцим (14,3 кДа); 10 трек – α-лактоглобулін (14,2 кДа).

Джерело: авторська розробка

Додатковим підтвердженням взаємодії вуглеводів, зокрема вуглеводів цикорію, з амінокислотами та білковими сполуками є результати електрофоретичних досліджень амінокислотного та білкового складу молока під час пастеризації в присутності екстракту цикорію.

Порівняння електрофоретичних характеристик молока з екстрактом цикорію і без нього показує, що за винятком білкових смуг з молекулярними масами в діапазоні 19-18, 104-102, 112-107, 120-118 кДа, у зразку молока з екстрактом цикорію відповідні білки мають меншу концентрацію порівняно зі зразком молока без екстракту. Відповідні дані наведені на рисунку 9.

Можна припустити, що внесення цикорію спричиняє дестабілізацію структури білків, що під час теплової обробки призводить до більшої денатурації та осадження їх порівняно зі звичайним молоком.

Збільшення концентрації окремих білкових смуг у зразку з екстрактом може свідчити про стабілізуючу дію цикорію саме на ці білкові зони під час теплової обробки, що призводить збільшення терміну зберігання.

Для підтвердження основних висновків досліджень було використано квантово-хімічне моделювання та оптимізацію геометрії молекули інуліну та інулоолігосахаридів за допомогою програмного забезпечення «HyperChem» версії 7.7. Встановлено, що інулоолігосахариди з 6–8 фруктозними ланками в основному мають спіралеподібну структуру, яка стабілізується за рахунок водневих зв'язків. Подальше збільшення розміру полімерного ланцюга призводить до формування глобулярної структури. Перехід молекул інуліну та інулоолігосахаридів у водний розчин спричиняє перетворення глобулярної структури у спіралевидну форму.

Просторова організація молекул інуліну та його полімергомологів має безпосередній вплив на ці перетворення, зокрема на процес гідролізу (рис. 10).

Була оптимізована геометрія структурних елементів молекули інуліну та розраховано розподіл ефективних зарядів на атомах кисню та водню, що дозволяє оцінити їх реакційну здатність, зокрема при гідролізі (рис.11).

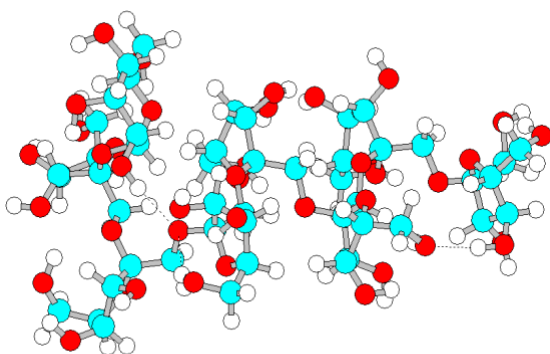


Рисунок 10. Геометрія молекули олігосахариду з 6 нарощеними залишками фруктози була оптимізована. На графічному зображенні пунктирними лініями показані водневі зв'язки

Джерело: авторська розробка

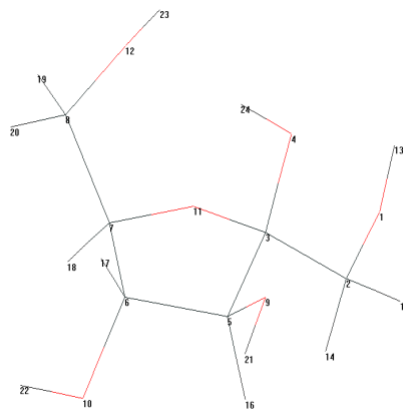


Рисунок 11. Результати квантово-хімічної оптимізації геометрії молекули β -D-фруктофуранози методом PM3.

Джерело: авторська розробка

Науковцями Національного університету харчових технологій (м. Київ) вивчали деякі фізико-хімічні властивості інуліну, зокрема дисперсні та фізико-механічні характеристики. Структуру інуліну, екстрагованого з топінамбура, вивчали спектроскопічними методами з використанням ізотопного H/D-обміну (Luo et al., 2019).

Автори з Нідерландів (Lv *et al.*, 2019, Rahim *et al.*, 2021) висловили думку, що деградація полімерів відбувається при більшості перетворень інуліну. А для з'ясування механізмів такої деградації потрібна інформація про молекулярну структуру як самого інуліну, так і його полімерних гомологів та його вплив на фізико-хімічні властивості та перетворення біополімеру.

Одним з аспектів таких досліджень є структурний аналіз інуліну та його структурних складових одиниць (фруктози, кетози, ністози, сахарози) методом ЯМР на ядрах дейтерію. Авторами проведено як експериментальні дослідження згаданих сполук, так і комп'ютерне моделювання спектральних характеристик ЯМР, що продемонструвало хорошу узгодженість з отриманими результатами.

Досліджено вплив цикорію на біотехнологічні властивості стислих дріжджів авторами (Sinkovič *et al.*, 2020; Zheplinska *et al.*, 2020c). Використання рослинних харчових добавок помітно підвищує ферментативну активність хлібопекарських дріжджів: зимазна активність зростає на 24–43 %, а мальтазна – на 24–42 %. Додавання таких речовин збагачує хлібобулочні вироби вітамінами, макро- і мікроелементами, а також поліпшує якість хліба

Результати досліджень (Ipirangama *et al.*, 2022) підтверджують ефективність використання інуліну для поліпшення якості готових виробів при додаванні у дозі 5 % до маси борошна. Для ще більшого збагачення хлібобулочних виробів харчовими волокнами рекомендується застосовувати дозування інуліну 10 % до маси борошна, проте потрібно вживати технологічні заходи для забезпечення якості продуктів. Було встановлено, що зменшення об'єму виробів та збільшення пружних характеристик м'якушки обмежують можливості застосування інуліну у рецептурі виробів у кількості понад 10 % до маси борошна. Дослідники виявили, що додавання інуліну з цикорію підвищує пружність тіста, особливо при застосуванні дозування інуліну понад 10 %. Проте збільшення дози інуліну з цикорію до 15 % і більше разом з підвищенням пружних характеристик призводить до зниження еластичності тіста, що значно погіршує об'єм виробів.

Згідно з результатами дослідження (Moscatello *et al.*, 2023), можна зробити висновок, що для забезпечення переробних заводів достатньою кількістю коренів цикорію важливо використовувати науково обґрунтовану технологію вирощування та комплексний підхід до її впровадження. Зокрема, необхідно вдосконалити найбільш трудомісткий процес збирання, що призведе до зменшення пошкодження коренеплодів цикорію та втрат урожаю під час збирання.

У дослідженні, проведеному авторами (Ivanišová *et al.*, 2020), підтверджено перспективність використання порошку цикорію для створення нових сортів борошняних кондитерських виробів з підвищеною харчовою цінністю. Ці вироби рекомендовані як для широкого споживання, так і як продукти функціонального харчування. Дослідники встановили оптимальний відсоток додавання цикорієвого порошку, при якому зразок з вмістом 3% такої добавки відзначається кращими органолептичними та фізико-хімічними показниками. Додавання порошку кореня цикорію у кількості 3% призводить до підвищення міцності клейковини. Крім того, розроблено технологічну схему виробництва печива з використанням цикорієвого порошку. Отримані результати можуть бути використані для розробки та впровадження нового продукту функціонального призначення в масове виробництво.

Наші дослідження дозволили уточнити методи з'єднання моносхаридних ланок і їх взаємне розташування в молекулі полісахариду і його нижчих полімерних гомологах. Це безперечно впливає на перетворення цих біополімерів.

Дослідження з оцінки екологічної безпеки та технологічних характеристик цикорію за результатами мікробіологічних та дериватографічних досліджень відкривають широкий спектр перспектив для подальших досліджень. Ось кілька напрямків, які можна виокремити:

Дослідження впливу умов вирощування на якість цикорію: аналіз впливу різних агроекологічних умов, таких як ґрунтові властивості, кліматичні умови, використання добрив та обробіток, на екологічну безпеку та технологічні характеристики цикорію. Це допоможе оптимізувати методи вирощування для забезпечення високої якості продукції.

Створення нових сортів: використання результатів досліджень для розробки нових сортів цикорію з покращеними технологічними характеристиками та стійкістю до шкідливих мікроорганізмів. Це може включати селекцію на основі мікробіологічних досліджень для підвищення стійкості до хвороб або розробку гібридних сортів з покращеними властивостями.

Вивчення впливу обробки та зберігання на якість продукції: дослідження впливу різних методів обробки та зберігання на якість та екологічну безпеку цикорію. Це може включати дослідження різних методів сушіння, зберігання та пакування з метою збереження корисних властивостей рослини та запобігання забруднення.

Дослідження біологічної активності та медичного застосування: вивчення біологічно активних сполук, які містяться в цикорії, та їх впливу на здоров'я людини. Це може включати аналіз потенційного застосування цикорію у медицині та фармації для лікування різних захворювань або як дієтичний додаток.

Вплив на навколишнє середовище та сталість вирощування: вивчення екологічного впливу систем вирощування цикорію на навколишнє середовище, включаючи водні ресурси, ґрунти та біорізноманіття. Розробка більш стійких та сталіших систем вирощування може допомогти зменшити негативний вплив сільськогосподарської діяльності на довкілля.

Вказані напрямки досліджень можуть відігравати ключову роль у подальшому розвитку сільсько-господарської промисловості. По-перше, використання порошку цикорію для створення нових продуктів з підвищеною харчовою цінністю дозволяє розширити асортимент сільськогосподарської продукції і задовольнити попит споживачів на більш функціональні та здорові продукти. Подальші дослідження в цьому напрямку можуть призвести до створення ще більш ефективних формул та технологій, що позитивно впливає на якість продукції.

Зменшення негативного впливу на навколишнє середовище також є важливою складовою цих досліджень. Використання цикорієвого порошку як добавки може сприяти зменшенню використання штучних добавок та хімічних речовин у продукції. Крім того, оптимізація технологічних процесів та виробничих схем дозволяє зменшити витрати ресурсів та енергії, що сприяє зменшенню екологічного відбитку агропро-мислового сектору.

Отже, вказані напрямки досліджень не лише сприятимуть покращенню якості продукції, але й сприятимуть створенню більш стійких, екологічно чистих і ефективних практик у сільському господарстві.

ВИСНОВКИ. Істотною проблемою є забруднення рослинної сировини для харчової промисловості іонами важких і токсичних металів, серед яких можна відзначити кадмій, олово і свинець, концентрації яких в цикорії становлять 0,483 відповідно; 0.379; 2.319%. Вміст 20 макро- і мікроелементів в коренях цикорію визначали методом рентгено-флуоресцентного аналізу.

Було розроблено метод неруйнівного аналізу для вимірювання вмісту мінеральних компонентів у рослинній сировині, використовуючи вуглеводи як матрицю для проведення вимірювань. Застосування хіміко-аналітичних та дериватографічних методів дозволило детально вивчити комплексне утворення компонентів рослинної сировини цикорію. Зокрема, були проаналізовані полісахарид інулін та його структурні складові одиниці з іонами кальцію.

Наявні в літературі дані з фундаментальних досліджень будови інуліну і його полімерних гомологів розрізнені і недостатні для того, щоб стати основою для розробки науково обґрунтованих технологій гідролізу інуліну.

Останнім часом тенденція в харчовій промисловості до випуску функціональних продуктів, збагачених цінними мінеральними компонентами і біологічно активними сполуками, привертає увагу до використання для цієї мети носіїв інуліну. Зокрема, необхідно вивчити взаємодію інуліну і його структурних складових одиниць з мінеральними і органічними компонентами рослинної сировини, що впливає на вивільнення інуліну з цикорію і подальший процес гідролізу.

References

- Kos, T., Kuznietsova, I., Sheiko, T., et al. 2021. An improved method for determining the mass fraction of calcium carbonate in the carbonate bedrock. In *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 15, 877–890.
- Marangu, J. M. 2020. Effects of sulfuric acid attack Marangu on hydrated calcined clay-limestone cement mortars. *Journal of Sustainable Cement-Based Materials* 1, 1-15.
- Palamarchuk, I., Tsurkan, O., Sevin, S., Palamarchuk, V., Vasylyv, V. 2023. Analysis of energy characteristics of vibration mixing of multicomponent mixtures of agricultural raw materials. *Animal Science and Food Technology*, 14(1), 65-79. doi: 10.31548/animal.1.2023.65
- Steiner, F., Zuffa, A., Machado, R. 2018. Could the supply of boron and zinc improve the resistance of potatoes to early blight? *Potato Research*, 61(2), 169-182 doi: 10.1007/s11540-018-9365-4
- Xu, J., Wang, X., Liu, X., Xia, J., Zhang, T., Xiong, P. 2016. Enzymatic in situ saccharification of lignocellulosic biomass in ionic liquids using an ionic liquid-tolerant cellulase. *Biomass and Bioenergy*, 93, 180-186. doi: 10.1016/j.biombioe.2016.07.019
- Tereshchenko, N., Kovshun, L., Bobunov, O. 2022. A hybrid technique for measuring the content of xenobiotics in wild and cultivated blueberries. *Plant and Soil Science*, 13(1), 51-59. doi: 10.31548/agr.13(1).2022.51-59
- Zavadska, O., Gunko, S., Bober, A., Yashchuk, N., Bondareva, L. 2023. Pumpkin fruit selection of different types and varieties for the production of functional food products. *Plant and Soil Science*, 14(3), 60-74. doi: 10.31548/plant3.2023.60
- Carter, C., Saitone, T. L., Schaefer, K. 2019. Managed trade: The US–Mexico sugar suspension agreements. *Canadian Journal of Economics/Revue canadienne d'économique*, 52(3), 1195-1222. doi: 10.1111/caje.12393
- Ilyas, R., Sapuan, S., Ibrahim, R., et al. 2019. Effect of sugar palm nano fibrillated cellulose concentrations on morphological, mechanical, and physical properties of biodegradable films based on agro-waste sugar palm (*Arenga pinnata* (Wurmb.) Merr) starch. *Journal of Materials Research and Technology*, 8(5), 4819-4830. doi: 10.1016/j.jmrt.2019.08.028
- Zheplinska, M., Mushtruk, M., & Salavor, O. 2021a. Cavitation Impact on Electrical Conductivity in the Beet Processing Industry. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 755–762. doi: 10.1007/978-3-030-68014-5_73
- Tkach, O., Ovcharuk, V., Ovcharuk, O., Mazurenko, B., Niemiec, M. 2022. The chemical composition of chicory root ash (*Cichorium intybus* L.) depends on the yield level. *Plant and Soil Science*, 13(2), 35-44.
- Zheplinska, M., Mushtruk, M., Vasylyv, V., Slobodyanyuk, N., & Boyko, Y. 2021b. The Main Parameters of the Physalis Convection Drying Process. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 306–315. Springer International Publishing. doi: 10.1007/978-3-030-77823-1_31
- Shevchuk, L., Vintskovska, Y., Babenko, S., Mazur, B., Havryliuk, O. 2022. Nutritional components of fresh and frozen fruits of highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). *Plant and Soil Science*, 13(4), 57-67. doi: 10.31548/agr.13(4).2022.57-67
- Langenaeken, N., De Schepper, C., De Schutter, D., Courtin, C. 2019. Different gelatinization characteristics of small and large barley starch granules impact their enzymatic hydrolysis and sugar production during mashing. *Food Chemistry*, 295, 138-146. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.05.045
- Palamarchuk, I., Kiurchev, S., Verkholtantseva, V., Borodych, B., Lebska, T. 2022. Justification of power parameters of the process of semi-fluidisation freezing of fruit and berry products. *Animal Science and Food Technology*, 13(1), 39-46. doi: 10.31548/animal.13(1).2022.39-46
- Hamouda, R. A., Sherif, S. A., Ghareeb, M. M. 2018. Bioethanol production by various hydrolysis and fermentation processes with micro and macro green algae. *Waste and Biomass Valorization*, 9(9), 1495-1501. doi: 10.1007/s12649-017-9936-7

- Kutovenko, V., Kostenko, N., Yermilov A., Kutovenko V. 2020. Morphological-biometric assessment of asparagus hybrids (*asparagus officinalis* L.) in the steppe of Ukraine. Plant and Soil Science, 11(2), 67-73. doi: 10.31548/agr2020.02.067
- Maslova, O., Stepanov, N., Senko, O., Efremenko, E. 2019. Production of various organic acids from different renewable sources by immobilized cells in the regimes of separate hydrolysis and fermentation (SHF) and simultaneous saccharification and fermentation (SFF). Bioresource Technology, 272, 1-9 (2019). doi: 10.1016/j.biortech.2018.09.143
- Duke, S., Henson, C., Bockelman, H. 2018. Comparisons of Modern US and Canadian Malting Barley Cultivars with Those from Pre-Prohibition: III. Wort Sugar Production during Mashing. Journal of the American Society of Brewing Chemists, 76(2), 96-111. doi: 10.1080/03610470.2017.1402582
- Blahopoluchna, A., et al. 2023. The influence of chitosan on the raspberry quality during the storage process. Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences, 17, 529-549). doi: 10.5219/1875
- Mineralova, V., Parfeniuk, A., Mineralov, O. 2021. Phytopathogenic mycobioma in organic production of raspberry (*Rubus idaeus* L.) cultivars J Jay and Himbo-Top. Plant and Soil Science, 12(1), 94-101. doi:10.31548/agr2021.01.0094
- Bulygin, S., Vitvitskyy, S., Kucher, L., Bohdanovych, R., Zhuk, O. 2020. Influence of non-root fertilizer by microelements on ginseng yield. Plant and Soil Science, 11(1), 42–51. doi: 10.31548/agr202.01.042
- Felix, O. E. 2020. Production of Malt-based Sugar Syrup from Enzymatic Hydrolysis of Malted Sorghum and Millet Grains. Asian Food Science Journal, 1-17. doi: 10.9734/afsj/2020/v14i430134
- Zheplinska, M., Mushtruk, M., Vasylyv, V., et al. 2021c. The micronutrient profile of medicinal plant extracts. Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences, 15, 528–535. doi: 10.5219/1553
- Luo, Q., Zhang, Y., Qi, L., & Scott, S. L. 2019. Glucose Isomerization and Epimerization over Metal-Organic Frameworks with Single-Site Active Centers. ChemCatChem, 11(7), 1903–1909. doi:10.1002/cctc.201801889
- Komar, O., Fedosiy, I., Siedova, O. 2021. The influence of abiotic factors on the growth and development of parsnip plants. Plant and Soil Science, 12(3), 100-110. doi: 10.31548/10.31548/agr2021.03.01
- Lv, S., Wang, R., Xiao, Y., et al. 2019. Growth, yield formation, and inulin performance of a non-food energy crop, Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.), in a semi-arid area of China. Industrial Crops and Products, 134, 71–79. doi: 10.1016/j.indcrop.2019.03.064
- Rahim, M. A., Saeed, F., Khalid, W., et al.: 2021. Functional and nutraceutical properties of fructooligosaccharides derivatives: a review. International Journal of Food Properties, 24(1), 1588–1602. doi:10.1080/10942912.2021.1986520
- Derevianko, O., Maherramzade, N., Derevianko, S. 2022. Evaluation of the biological effect of Zn nanocarboxylates and MoS₂ nanoparticles on corn sprouts (*Zea mays* L.). Plant and Soil Science, 13(2), 7-13. doi: 10.31548/agr.13(2).2022.7-13
- Sinkovič, L., Jamnik, P., Korošec, M., Vidrih, R., & Meglič, V. 2020. In-vitro and in-vivo antioxidant assays of chicory plants (*Cichorium intybus* L.) as influenced by organic and conventional fertilisers. BMC plant biology, 20, 1-10.
- Ilippangama, A. U., Jayasena, D. D., Jo, C., & Mudannayake, D. C. 2022. Inulin as a functional ingredient and their applications in meat products. Carbohydrate Polymers, 275, 118706.
- Moscattello, S., Battistelli, A., Mattioni, M., & Proietti, S. 2023). Yield, Fructans Accumulation, and Nutritional Quality of Young Chicory Plants as Related to Genotype and Nitrogen Fertilization. Agronomy, 13(7), 1752.
- Ivanišová, E., Drevková, B., Tokár, M., Terentjeva, M., Krajčovič, T., & Kačániová, M. 2020. Physicochemical and sensory evaluation of biscuits enriched with chicory fiber. Food science and technology international, 26(1), 38-43.

Отримано в редакцію 05.04.2024 р., прийнято до публікації 08.05.2024 р.

УДК 637.5

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2024.39>

ОБґРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ НЕТРАДИЦІЙНОЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ В ТЕХНОЛОГІЇ ВАРЕНИХ КОВБАСНИХ ВИРОБІВ ГЕРОДІЄТИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Баль-Прилипко Лариса Вацлавівна,

доктор технічних наук, професор,

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

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

Ніколаєнко Микола Станіславович,

доктор філософії зі спеціальності «Харчові технології»,

<https://orcid.org/0000-0003-2213-4985>,

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

Устименко Ігор Миколайович,

кандидат технічних наук, доцент,

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

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

Журенко Дмитро Віталійович,

<https://orcid.org/0009-0004-8020-144X>,

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

Леонова Богдана Ігорівна,

кандидат технічних наук,

<https://orcid.org/0000-0002-3004-8318>,

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

Анотація. У статті проведено аналіз перспективної нетрадиційної сировини рослинного походження для використання в технології варених ковбасних виробів геродієтичного призначення. Визначено, що однією з проблем, які постали перед людством, є старіння населення і пов'язані з цим проблеми максимального подовження термінів його економічної активності, матеріального забезпечення та підтримання здоров'я на нормальному стані. Старіння людини характеризується зменшенням швидкості реагування її на стреси та підвищенням частоти захворювань, зокрема, серцево-судинних, ракових, діабет, інсульт, хвороба Альцгеймера. Основним напрямом розвитку ринку харчових продуктів функціонального призначення є включення до класичних харчових продуктів есенціальних речовин. Удосконалення технології варених ковбасних виробів шляхом використання функціональної сировини дає змогу розширити асортимент не тільки м'ясних продуктів, а й харчових продуктів геродієтичного призначення. Встановлено, що функціональною сировиною, зокрема, нетрадиційною, у складі варених ковбасних виробів повинна бути та, що запобігає закрепам, є джерелом поліненасичених жирних кислот, мікроелементів, стимулює рухому активність шлунково-кишкового тракту і протидіє накопиченню холестерину. За результатами аналізу встановлено, що перспективною сировиною для використання в технології варених ковбасних виробів геродієтичного призначення є насіння льону як джерело поліненасичених жирних кислот та слизу, борошно з насіння конопель у якості джерела

харчових волокон та білків, псиліум у якості збагачувача харчовими волокнами, ламінарія як джерело йоду та харчових волокон, олія оливкова, яка є джерелом поліненасичених жирних кислот. Використання комплексно насіння льону, борошна з насіння конопель, псиліуму, ламінарії та олії оливкової у складі варених ковбасних виробів дозволить отримати готовий продукт геродієтичного призначення для якісного та безпечного життя населення.

Ключові слова: варені ковбасні вироби, геродієтичне харчування, поліненасичені жирні кислоти, псиліум, насіння льону, ламінарія, насіння конопель.

UDC 637.5

JUSTIFICATION OF THE USE OF NON-TRADITIONAL VEGETABLE RAW MATERIALS IN THE TECHNOLOGY OF BOILED SAUSAGE PRODUCTS FOR HERODIETICAL PURPOSES

Larysa Bal-Prylypko,

Doctor of Sciences, Professor,

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

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
03041, Heroes of Defense Str., 15, Kyiv, Ukraine.

Mykola Nikolayenko,

Ph.D. (Engineering),

<https://orcid.org/0000-0003-2213-4985>,

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
03041, Heroes of Defense Str., 15, Kyiv, Ukraine.

Ihor Ustymenko,

Ph.D. (Engineering),

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

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
03041, Heroes of Defense Str., 15, Kyiv, Ukraine.

Zhurenko Dmytro,

<https://orcid.org/0009-0004-8020-144X>,

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
03041, Heroes of Defense Str., 15, Kyiv, Ukraine.

Bogdana Leonova,

Ph.D. (Engineering),

<https://orcid.org/0000-0002-3004-8318>,

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
03041, Heroes of Defense Str., 15, Kyiv, Ukraine.

Abstract. The article provides an analysis of promising non-traditional raw materials of plant origin for use in the technology of boiled sausage products for herodietic purpose. It was determined that one of the problems faced by humanity is the aging of the population and the related problems of maximally extending the terms of its economic activity, material support and maintaining health in a normal state. Aging of a person is characterized by a decrease in the speed of his response to stress and an increase in the frequency of diseases, in particular, cardiovascular, cancer, diabetes, stroke, and Alzheimer's disease. The main direction of the development of the market of functional food products is the inclusion of essential substances in the composition of classic food products. Improving the technology of boiled sausage products through the use of functional raw materials makes it possible to expand the range of not only meat products, but also food products of herodietetic

purpose. It was established that the functional raw material, in particular, non-traditional, in the composition of boiled sausage products should be the one that prevents constipation, is a source of polyunsaturated fatty acids, trace elements, stimulates the motility of the gastrointestinal tract and counteracts the accumulation of cholesterol. Based on the results of the analysis, it was established that promising raw materials for use in the technology of boiled sausage products for herodietic purpose are flax seeds as a source of polyunsaturated fatty acids and mucilage, hemp seed flour as a source of dietary fibers and proteins, psyllium as a dietary fiber enricher, kelp as a source iodine and dietary fiber, olive oil, which is a source of polyunsaturated fatty acids. The complex use of flax seeds, flour from hemp seeds, psyllium, kelp and olive oil in the composition of boiled sausage products will make it possible to obtain a food product of herodietic purpose for a high-quality and safe life of the population.

Keywords: *boiled sausages, herodiet food, polyunsaturated fatty acids, psyllium, flax seeds, kelp, hemp seeds.*

ВСТУП. У сьогоднішній серед проблем, які постали перед людством, однією з найбільш значущих є старіння населення і пов'язаних з цим проблем максимального подовження строків його економічної активності, матеріального забезпечення та підтримання здоров'я в належному стані. Наразі люди віком понад 60 років складають більш, ніж 11 % загальної чисельності населення планети, а за прогнозами до 2050 року ця кількість перевищить 22 % (WHO, 2023).

В Україні за показниками тривалості життя частка населення віком понад 60 років становить 21,5 % з тенденцією зростання завдяки прогнозованому покращенню рівня життя до 2050 року до майже 38 % (Matyukha, 2019).

Старіння характеризується зменшенням швидкості реагування на стреси та підвищенням частоти захворювань, у тому числі серцево-судинних та ракових. В широкому розумінні цього терміну, процес старіння включає і фізичні, і психологічні, і соціальні зміни. Так, з віком зменшується швидкість реакції, а пам'ять до певного віку покращується. Негативними проявами старіння є збільшення ризику розвитку таких хвороб, як діабет, серцево-судинні захворювання, інсульт, хвороба Альцгеймера та багато інших (Zaprovalna et al., 2021).

Встановлені відповідні сучасним поглядам норми фізіологічних потреб в харчових речовинах та енергії людей похилого віку, які наведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Норми фізіологічних потреб в харчових речовинах та енергії осіб похилого віку (Order of the..., 2017)

Назва складової раціону	Одиниця вимірювання	Вік особи, років	
		60-74	75 старші
Білки	г	58-65	52-53
Вуглеводи	г	270-300	240-270
Жири	г	54-60	38-44
Мінеральні речовини			
Йод	мкг	0,15	0,15
Залізо	мг	15,0	15,0
Кальцій	мг	1300	1300
Магній	мг	400	400
Селен	мкг	0,70	0,70
Фосфор	мг	1200	1200
Цинк	мг	15,0	15,0

Вітаміни			
Вітамін А	мкг	600	600
Вітамін С	мг	100	90
Вітамін D	мкг	10	10
Вітамін Е	мг	20-25	20
Вітамін К	мкг	55-65	55-65
Вітамін В ₁	мг	1,5-1,7	1,5
Вітамін В ₂	мг	1,5-1,7	1,5
Вітамін В ₆	мг	3,0-3,3	3,0
Вітамін В ₁₂	мкг	55-65	55-65
Енергія	ккал	1800-2000	1600-1800

Крім збалансованості по наведеним в таблиці 1 складовим, до складу харчових продуктів, які входять в раціон людей похилого віку, пред'являються специфічні вимоги стосовно співвідношення основних поживних речовин. Так, співвідношення «білки:жири:вуглеводи» повинне знаходитися в межах 1:0,8:3,5, кальцію та фосфору – 1:1,5, кальцію та магнію – 1:0,6. Рекомендована органами Міністерства охорони здоров'я України калорійність спожитої їжі повинна при тому знижуватися паралельно із збільшенням віку споживача (Order of the..., 2017).

Тому, основним напрямком розвитку ринку сучасних продуктів має стати виключення з харчових продуктів потенційно небезпечних для здоров'я людини речовин, збільшення кількості мікронутрієнтів, тобто створення продуктів функціонального призначення. За досвідом Японії, в країні щорічно кількість функціональних харчових продуктів зростає на 15-20 % та вже у 10 разів перевищує ринок лікарських препаратів та біологічно активних добавок (Chuuko & Chuuko, 2021).

До основних компонентів (Peighamardoust et al., 2021; Butnariu & Sarac, 2019), введення яких в раціон сприяє посиленню захисної дії відносять:

- протектори – речовини, які сприяють зв'язуванню та виведенню з організму токсичних речовин (амінокислоти із вмістом сірки, харчові волокна, альгінати, пектини, мінеральні речовини, які зменшують рівень абсорбції радіонуклідів – барій, йод, калій, кальцій, магній, фосфор);

- антиоксиданти – речовини, які нейтралізують дію вільних радикалів та пероксидів (амінокислоти глютамінова кислота, метіонін, цистеїн; вітаміни А, С, Е, РР; мікроелементи: марганець, мідь, селен, цинк);

- стимулятори кровотворення – вітаміни В₁, В₆, В₁₂, С, мікроелементи залізо, кобальт, мідь, цинк);

- активатори імунної системи організму – вітаміни групи В, С, Е, мікроелементи залізо, селен, хром, цинк);

- ліпотропні речовини – амінокислоти із вмістом сірки, поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК), вітаміни В₃, В₆, С, Е, РР, холін, мікроелементи йод, калій.

Новітні харчові композиції спрямовані на внесення коректив в традиційні раціони з включенням, наприклад, продуктів переробки рослин, водоростей, збільшення частки рослинних олій. Вимогою часу стає розробка продуктів профілактичної та лікувальної дії характерних тонізуючими, стимулюючими радіопротекторними та антистресовими властивостями. В категорію подібних продуктів варто включати (Korzun & Tikhonenko, 2010):

- харчові продукти, які за природним складом містять необхідні кількості функціональних інгредієнтів;

- натуральні продукти, що додатково збагачені певним функціональним інгредієнтом або їх групою;

- натуральні продукти, з яких видалений компонент, який протидіє фізіологічній активності присутніх в них функціональних інгредієнтів;
- натуральні продукти, в яких початкові функціональні інгредієнти модифіковані таким чином, що починають проявляти фізіологічну активність або ця активність посилюється;
- натуральні або штучні продукти, які в результаті застосування комбінації наведених технологічних прийомів набувають здатності зберігати та покращувати фізичне та психічне здоров'я людини та/або зменшувати ризик виникнення захворювань.

Типово, модифіковані подібним чином продукти містять добавки вітамінів (А, С, D, Е, вітаміни групи В), мінеральні речовини (залізо, йод, калій, кальцій, кобальт, магній, марганець, мідь, цинк та ін.), харчові волокна. Головною умовою допуску інноваційного продукту на ринок є максимальний рівень безпечності готового виробу та підтвердження дійсності позитивного впливу продукту на стан здоров'я споживача в процесі тривалого споживання продукту.

Згідно з переліку класифікованих Інститутом Макса Планка факторів впливу на механізми старіння, одним з найбільш чутливим до зовнішнього впливу є покладений в основу сучасних концепцій науки геродієтики стиль харчування. Як переїдання, так і вживання «нездорових» харчових продуктів здатні суттєво вплинути на стан організму. І тут особлива роль в корекції стану здоров'я і організму взагалі належить так званим функціональним харчовим продуктам. Під такими розуміють продукти, які мають направлену на покращення здоров'я та профілактику захворювань додаткову функцію, яка реалізована за рахунок додавання нових інгредієнтів (Lang, 2007). До цієї групи відносять продукти, які не є лікарськими засобами, але при тривалому споживанні сприяють певним фізіологічним змінам в організмі.

Незважаючи на численні дослідження впливу факторів харчування на уповільнення процесів старіння, раціональність використання спеціалізованих дієт досі не знайшла експериментального підтвердження. Із зрозумілих причин, можливість екстраполяції результатів дослідження на людей залишається сумнівною. Умови необмеженого доступу до харчових ресурсів при одночасно зменшеній фізичній активності ведуть до розвитку ряду розладів здоров'я, у тому числі загального ожиріння, зростанню інсулінової залежності, порушенню метаболізму жирів, підвищенню артеріального тиску. Цього, як показано на прикладі дріжджів, черв'яків, риби, пацюків та мишей, можна уникнути і суттєво продовжити при тому тривалість їх життя за рахунок тривалого обмеження калорійності спожитої їжі. Єдині підтверджені дані отримані лише на тваринах і лише в умовах обмеження на 40-50 % калорійності спожитої ними їжі протягом значної частини життя (Redman & Ravussiri, 2011).

Відповідно до даних Американського центру з контролю та попередження захворювань, п'ять з основних причин смертності людей віком понад 60 років пов'язані із змінами в їх харчуванні (Health & Nutrition Letter, 2020).

Проте самого лише обмеження калорійності раціону недостатньо через специфічні потреби в нутрієнтах людей старших вікових груп. Відповідні правила Всесвітнім конгресом геронтологів та геріатрів погоджені для людей трьох вікових груп – осіб похилого віку (від 61 до 74 років), людей старечого віку від 75 років і більше, та довгожителів – від 90 років та більше.

Надлишок розчиненого у плазмі натрію порівняно з фізіологічними нормами веде до суттєвого підвищення рівнів захворюваності та смертності (Bal-Prylypko et al., 2023). Встановлено, що оптимальним напрямком дії із зменшення кількості спожитого натрію є скорочення споживання саме кухонної солі, так як більшість людей споживає надмірну кількість натрію на фоні недостатнього споживання калію (Bal-Prylypko et al., 2022).

Дослідженнями показано, що збільшення частки ненасичених жирів на заміну насичених (НЖК) асоціюється із зменшенням ризику серцево-судинних захворювань. Щоб збалансувати

співвідношення жирних кислот необхідно споживати менші кількості жирного м'яса, а також молочних продуктів знежирених (Bal-Prylypko et al., 2023).

Вживання м'яса, яке пройшло інтенсивну термічну обробку, веде до збільшення ризику настання серцево-судинних та ракових захворювань. До видів м'яса, вживання яких підвищує такий ризик, відносять копчені, в'ялені або засолені червоне м'ясо, а також продукти з додаванням хімічних консервантів (Afanasyuk, 2018).

Основою, закладеною в механізми старіння, є зменшення швидкості оновлення структур живої матерії. Старіння вносить в життя суттєві зміни залежно від того, де людина живе, як живе та з ким живе. Вікові зміни у стані здоров'я мають вплив на здатність організму засвоювати ті чи інші нутрієнти та реальні потреби в них. І хоч ми не можемо зупинити час, ми здатні контролювати значною мірою ці процеси через дієту і одним із шляхів подовження тривалості безпроблемної старості є обмеження калорійності спожитої їжі. Пояснення дуже просте – з віком потреба в спожитих калоріях зменшується через зменшення фізичної активності і, потенційно, зменшення маси найбільш метаболічно активної в фізіологічному розумінні м'язової тканини (Health & Nutrition Letter, 2020).

Перевагу при виборі джерел отримання тваринного білка слід віддавати м'ясу птиці. Частку ж багатих залізом червоних сортів м'яса бажано обмежити через каталітичну активність сполук заліза в процесах утворення пероксидів (Mikheyenko, 2009).

З віком потреба в жирах зменшується і для осіб віком понад 75 років і не перевищує 65 грамів на добу. При тому кількість насичених, мононенасичених та ПНЖК має бути приблизно однаковою – по 10 % кожного виду від загальної кількості жирової складової. Особливу увагу слід при цьому приділяти включенню в раціон ПНЖК, зокрема омега-3 та омега-6. Активність мускулатури шлунково-кишкового тракту з віком зменшується, що веде до застійних явищ, які супроводжуються розвитком гнилісною та іншого роду небезпечною мікрофлорою. Це вимагає певної модифікації раціону із збільшенням кількості речовин, які сприяють виведенню з організму різного роду шлаків. Цьому може допомогти збільшення в раціоні частки харчових волокон (Kruchanytsia et al., 2019).

Під харчовими волокнами розуміють речовини, які проходять через організм транзитом і при тому не піддаються перетравлюванню та не дають енергії. За традицією харчові волокна відомі також під назвою баластних речовин. Незважаючи на відсутність харчової цінності, харчові волокна є поживною речовиною для корисної мікрофлори кишечника (лактобактерій, біфідобактерій). Згідно He et al. (2022) до корисних ефектів впливу харчових волокон на стан організму відносяться:

- збільшення об'єму спожитої їжі без збільшення калорійності, що сприяє більш ранньому настанню відчуття ситості;
- утворення в кишківнику в'язкого гелю, що скорочує час кишкового транзиту і затримує всмоктування глюкози, що зменшує її концентрацію в крові;
- прискорення проходження їжі через травну систему;
- зменшення загального рівня холестерину, що може вести до зменшення ризику розвитку серцево-судинних захворювань;
- регулювання концентрації в крові глюкози з тенденцією до зменшення її концентрації, що може зменшити ризик розвитку діабету та зменшення в потребі у інсуліні у пацієнтів з діабетом;
- балансування рН кишківника.

Отримання достатньої кількості харчових волокон допомагає зменшити ризик розвитку серцево-судинних захворювань, діабету, раку кишкового тракту у першу чергу через сприяння регулярному випорожненню кишківника. Показано, що кількість випадків розвитку раку товстої кишки у людей, які споживають малу кількість харчових волокон, зростає порівняно з іншими групами населення в середньому в 3 рази. Відсутність достатнього надходження харчових волокон веде до застійних явищ і виникнення хронічної інтоксикації, яка

проявляється у першу чергу через висипання на шкірі, псоріаз, екземи, нейродерміт (Soliman, 2019).

Запобігти розвитку негативних проявів багато у чому допомагають харчові волокна здатні завдяки гігроскопічності розбухати в 3-5 разів і цим допомагати звільнити кишківник. Ще один позитивний момент полягає в тому, що харчові волокна в кишківнику поглинають холестерин та жовчні кислоти і цим сприяють суттєвому зменшенню концентрації в крові холестерину та гальмуванню утворення каміння в жовчному міхурі. Слід зазначити, що харчові волокна як баластна складова раціону, відіграють особливо важливу роль і в подовженні строків життя, про що свідчить те, що в регіонах з високим рівнем довголіття вживають велику кількість характерних високим вмістом харчових волокон продуктів (Jha et al., 2019).

На сьогодні асортимент харчових продуктів геродієтичного призначення обмежений та в основному припадає на продукти, що виготовлені з молочної сировини та борошна пшеничного (Kipioro & Panchenko, 2023; Svidlo, 2019).

Харчові продукти, які виготовлені з м'яса, зокрема, варені ковбасні вироби є важливою складовою раціону харчування населення, та, порівняно з іншими видами, мають невисоку вартість (Bal-Prylupko et al., 2023).

Таким чином, удосконалення технології варених ковбасних виробів геродієтичного призначення є актуальним та дасть змогу розширити асортимент такого роду функціональних харчових продуктів (Cherednichenko et al., 2020), а з вищевикладеного випливає очевидний висновок про те, що функціональною сировиною у складі вказаної продукції повинна бути та, що запобігає закрепам, є джерелом ПНЖК, мікроелементів, стимулює нормальну активність стінок кишківника і протидіє накопиченню шлаків, зокрема холестерину.

Метою статті є аналіз перспективної нетрадиційної сировини рослинного походження для використання в технології варених ковбасних виробів геродієтичного призначення.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ. Стаття є оглядом існуючої літератури про сировину рослинного походження - насіння льону, борошно з насіння конопель, псилліум, морські харчові водорості, олію оливкову з подальшим аналізом інформації.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ. На наш погляд, до нетрадиційної перспективної сировини рослинного походження для використання в технології варених ковбасних виробів геродієтичного призначення можуть бути віднесені - насіння льону, борошно з насіння конопель, псилліум, морські харчові водорості та олія оливкова, які потребують детального аналізу.

Насіння льону. Насіння льону є джерелом цінних біологічно активних речовин. Жирнокислотний склад насіння льону наведено у табл. 2.

Таблиця 2. Жирнокислотний склад насіння льону
(Izhevska, 2019; Slobodyaniuk, Sukhenko, & Veretynska, 2014)

Назва	Вміст, г
Вміст жиру, у тому числі	30-48
ПНЖК	18-36
Омега-3	10,5-21,6
Омега-6	7,5-16,8
НЖК	9-12

З таблиці 2 видно, що жирнокислотний склад насіння льону характеризується підвищеним вмістом ПНЖК, зокрема, корисних для організму людини омега-3.

ПНЖК, такі як ліноленова та ліолева, є джерелом утворення в організмі біологічно активних речовин – простагландинів, які беруть участь в регуляції різних фізіологічних функцій та в підтриманні гомеостазу (Ustyenko et al., 2023).

Склад насіння льону (Kaprelyants et al., 2002) характеризується значним вмістом білків (25 %), вуглеводів (12-26,2 %), органічних кислот та амінокислот, глікозиду лінамарину (1,5 %), вітамінів А, Е, слиз (до 5-12 %).

Слиз у насінні льону здійснює обволікальну дію, покриває плівкою харчові маси та слизову оболонку травного каналу, створюючи додатковий слизовий покрив, таким чином зменшує можливість подразнення слизових оболонок ротової порожнини, стравоходу, шлунка та кишківника.

Алкалоїд лінамарин, що міститься в оболонці насіння льону, підсилює секреторну та моторну функцію шлунково-кишкового тракту.

Жирні кислоти, що містяться в насінні льону мають послаблювальну та жовчогінну дії. Таким чином, споживання насіння льону поєднує безліч корисних факторів – збільшення жовчовиділення, прискорення просування харчової маси та посилене зв'язування холестерину в кишківнику ненасиченими жирними кислотами, що створює оптимальні умови для виведення холестерину з організму (Slobodyaniuk, Sukhenko, & Veretynska, 2014).

Отже, завдяки цінному хімічному складу, зокрема, вмісту ПНЖК, слизу, насіння льону є перспективною сировиною рослинного походження для використання в технології варених ковбасних виробів геродіетичного призначення.

Борошно з насіння конопель. Борошно з насіння конопель – це продукт, який має темно-зелений з коричневим відтінком колір з високою харчовою цінністю (Sova et al., 2018).

При виробництві варених ковбасних виробів за ДСТУ 4529:2006 як борошно, зазвичай використовують пшеничне.

Порівняльна оцінка хімічного складу борошна пшеничного та конопляного борошна наведено в табл. 3.

Таблиця 3. Хімічний склад конопляного борошна порівняно з пшеничним борошном (Falendysh, Zinchenko, & Blazhenko, 2019)

Складові	Борошно	
	пшеничне	конопляне
Білки, %	11,6	37,9
Жири, %	1,35	11,5
Вуглеводи, %:	73,3	29,8
Харчові волокна, %	3,5	18,8

З табл. 3 видно, що конопляне борошно містить 37,9 % білків, які збалансовані за амінокислотним складом (лізин, триптофан, лейцин, фенілаланін тощо). Організм людини здатен засвоїти 90,8-97,5% білка конопляного борошна. В конопляному борошні міститься 37,9 % білків, 11,5 % жирів, 29,8 % вуглеводів, 18,8 % харчових волокон.

Також, конопляне борошно багате на вітаміни групи В (В₁, В₂, В₃, В₆), Е та на мінеральні речовини (Р, Са, Mg) (Sova, Lutsenko et al., 2018).

Зважаючи на хімічний склад борошна з насіння конопель, зокрема, за вмістом харчових волокон та білків, даний вид борошна може бути використаний в технології варених ковбасних виробів геродіетичного призначення.

Псилліум. Псилліум – це загальна назва насіння однорічної рослини роду *Plantago*, який налічує близько 200 різних видів. Науково відомий *Plantago ovata* Forsk, найважливіший із широким спектром його використання. Його також називають Isabgol, що індійською мовою означає «кінне вухо», що описує форму насіння (Franco et al., 2020).

Псилліум використовується в традиційній медицині в районах Індії та Китаю. Доведено, що його споживання забезпечує харчові переваги, такі як здатність знижувати глікемічний індекс, мінімізувати ризик серцево-судинних захворювань, знижувати рівень холестерину та проблеми із закрепами. Таким чином, псилліум є перспективний для поліпшення поживних властивостей харчових продуктів (Belorio & Gómez, 2022).

Розчинні харчові волокна псилліуму можуть уповільнити спорожнення шлунка та зменшити швидкість всмоктування жиру та глюкози, що призводить до тривалого відчуття насичення їжею. Дослідження (Brum et al., 2016) показують, що споживання псилліуму, може зменшити ризики метаболічних захворювань шляхом покращення рівня глюкози та реакції на інсулін, а також ліпідного профілю у людей.

За органолептичними показниками псилліум майже не володіє власним запахом та смаком та практично не містить легкозасвоюваних вуглеводів.

У псилліумі містяться дубильні речовини, флавоноїди, каротиноїди, уронові кислоти, полісахариди, сапоніни, слизи, аскорбінова кислота, вітамін К, органічні кислоти. Дослідження (Elli et al., 2008) показують наявність гіпоглікемічних та гіполіпідемічних властивостей псилліуму, тому його споживання забезпечує профілактику розвитку атеросклерозу та інших захворювань серцево-судинної системи.

Отже, включення псилліуму до складу варених ковбасних виробів дозволить підвищити вміст харчових волокон в готовій продукції та покращити нормальне функціонування шлунково-кишкового тракту.

Морські водорості харчові. Морські водорості харчові є перспективною сировиною для функціонального застосування в харчових продуктах. Їхня фізична здатність емульгувати та утримувати воду сприяє їх технологічній функціональності як харчових включень (Shannon & Abu-Ghannam 2019).

Функціональні речовини в морських водоростях, такі як лектин, акрилова кислота, полісахариди, фукоїдан, альгінова кислота та агар функціонують як агрегати клітин крові та виявляють антибіотичні, протипухлинні, антиартеріосклерозні та протипухлинні властивості (Kirke et al., 2019). Антиоксидантна активність морських водоростей зумовлена каротиноїдами, полісахаридами, вітамінами, їх попередниками та поліфенолами, які сприяють пригніченню процесів окиснення (Kumar et al., 2019).

Найголовнішою особливістю хімічного складу морських водоростей є вміст йоду (Teas et al., 2004) як важливого мікроелемента, необхідного для синтезу гормонів щитоподібної залози, тироксину і трийодтироніну. Гормони щитоподібної залози регулюють широкий спектр клітинних і фізіологічних функцій, таких як нормальний ріст і розвиток, нервова диференціація і регуляція метаболізму (Parthiban et al., 2013).

Відомо, що з морських водоростей харчових саме ламінарія містить найбільшу кількість йоду (до 300 мкг/100 г) (Mæhre et al., 2014; Roleda et al., 2018), яка зумовлена наявністю галопероксидаз у клітинній стінці, що сприяє поглинанню, перетворенню та зберіганню йоду (Aakre et al., 2021).

Також, ламінарія багата на білки (8-15 %), вуглеводи (48 %) та харчові волокна (36-37 %) (Sultana et al., 2023).

Таким чином, з усіх морських водоростей харчових, особливу увагу, за хімічним складом, зокрема, вмістом йоду, заслуговує ламінарія. Використання ламінарії в технології варених ковбасних виробів як джерело йоду, а також харчових волокон дозволить отримати готову продукцію геродієтичного призначення та розширити асортимент харчової продукції

для забезпечення підтримки надходження йоду до організму людини в рекомендованих добових кількостях.

Олія оливкова. Олія оливкова містить велику кількість олеїнової кислоти (омега-9), що становить більше 70 % від усіх жирних кислот, близько 10 % лінолевої кислоти і 15 % насичених жирних кислот (Ustymenko, 2019).

Олія оливкова містить ряд сполук, в основному сквален, стерол, терпенові спирти, токоферолі і поліфеноли (близько 1 %), які є антиоксидантами з високою активністю (Jimenez-Lopez et al., 2020). Олія оливкова містить вітаміни А, D, Е. Кислоти, що містяться в олії оливковій, служать основою для будівельного матеріалу клітинних оболонок (Gorzynik-Debicka et al., 2018).

Використання олії оливкової в технології варених ковбасних виробів геродієтичного призначення є бажаним, через значний вміст омега-9, яка сприяє зниженню холестерину в плазмі та необхідна для балансу поліненасичених жирних кислот. Готова продукція з вмістом олії оливкової буде сприяти поліпшенню травної системи, активізує роботу шлунка, кишечника і печінки, нормалізує артеріальний тиск.

ВИСНОВКИ. Сировиною, що має функціональну дію у складі харчових продуктів геродієтичного призначення повинна бути та, що, зокрема, є джерелом харчових волокон, поліненасичених жирних кислот, стимулює нормальну активність шлунково-кишкового тракту.

Встановлено, що нетрадиційною сировиною рослинного походження, яку доцільно використовувати в технології варених ковбасних виробів геродієтичного призначення є насіння льону як корисні для організму людини поліненасичених жирних кислот, зокрема, омега-3, та слизу, борошно з насіння конопель як джерело харчових волокон та білків, псилліум як збагачувач харчовими волокнами, морські водорості, зокрема, ламінарія як джерело йоду, олія оливкова, яка є джерелом поліненасичених жирних кислот, зокрема, омега-9.

Використання комплексно насіння льону, борошна з насіння конопель, псилліуму, ламінарії та олії оливкової в технології варених ковбасних виробів дасть змогу отримати готовий продукт геродієтичного призначення та розширити асортимент функціональних харчових продуктів для здорового харчування населення.

References

- Aakre, I., Solli, D. D., Markhus, M. W., Mæhre, H. K., Dahl, L., Henjum, S., Alexander, J., Korneliussen, P. A., Madsen, L., & Kjelleve, M. (2021). Commercially available kelp and seaweed products - valuable iodine source or risk of excess intake?. *Food Nutr Res*, 30, 65. <https://doi.org/10.29219%2Ffnr.v65.7584>.
- Afanasyuk, O. I. (2018). Principles of rational nutrition. *News of medicine and pharmacy*, 1, 12–13.
- Bal-Prylypko, L. V., Antonenko, A. V., Nikolayenko, M. S., Tolok, G. A., & Ryabovol, M. V. (2023). Theoretical and practical aspects of production of functional food products: monograph. Kyiv. CPU "Comprint".
- Bal-Prylypko, L. V., Nikolayenko, M. S., Ustymenko, I. M., Tolok, G. A., Slobodyaniuk, N. M., Naumenko, O. V., Androschuk, O. S., & Pylypchuk, O. S. (2023). Scientific rationale for improving the technology of meat, dairy and milk-containing products: monograph. Kyiv, CPU "Comprint".
- Bal-Prylypko, L. V., Ustymenko, I. M., Yemtsev, V. I., Yemtseva, G. F., Golembowska, N. V., Kryzhova, Yu. P., Savchenko, O. A., Israelyan, V. M., Menchynska, A. A., Ivanyuta, A. O., Shtonda, O. A., Tolok, G. A., & Ryabovol, M. V. (2023). Scientific rationale for improving the technology of

meat, fish, dairy and milk-containing products with increased nutritional value: monograph. Kyiv: CPU "Comprint".

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>.

Belorio, M., & Gómez, M. (2022). Psyllium: a useful functional ingredient in food systems. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62, 527–538. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1822276>.

Brum, J., Gibb, R., Peters, J., Mattes, R. (2016). Satiety effects of psyllium in healthy volunteers. *Appetite*, 105, 27–36. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2016.04.041>

Butnariu, M., & Sarac, I. (2019) Functional Food. *International Journal of Nutrition*, 3(3), 7–16. <https://doi.org/10.14302/issn.2379-7835.ijn-19-2615>.

Cherednichenko, O. & Bal-Prylypko, L. (2020). Rationale and economic feasibility of improving the technology of long-term storage of meat products. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 548 022053.

Chuyko, M., & Chuyko, A. (2021). Innovative approaches to the development and marketing of functional flour products. *Economy and society*, 23. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-23-5>.

Elli, M., Cattivelli, D., Soldi, S., Bonatti, M., & Morelli, L. (2008). Evaluation of prebiotic potential of refined psyllium (*Plantago ovata*) fiber in healthy wome. *J. Clin. Gastroenterol*, 2, 174–176.

Falendysh, N. O., Zinchenko, I. M., & Blazhenko, M. S. (2019). Features of production of organic bread using hemp flour. *Food Industry*, 25, 7–13.

Franco, E., Sanches-Silva, A., Ribeiro-Santos, R., & Ramos de Melo, N. (2020). Psyllium (*Plantago ovata* Forsk): From evidence of health benefits to its food application. *Trends in Food Science & Technology*, 96, 166–175. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.12.006>.

Gozyunik-Debicka, M., Przychodzen, P., Cappello, F., Kuban-Jankowska, A., Marino Gammazza, A., Knap, N., Wozniak, M., & Gorska-Ponikowska, M. (2018). Potential Health Benefits of Olive Oil and Plant Polyphenols. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(3), 686. <https://doi.org/10.3390/ijms19030686>.

He, Y., Wang, B., Wen, L., Wang, F., Yu, H., Chen, D., Su, X., & Zhang, C. (2022). Effects of dietary fiber on human health. *Food Science and Human Wellness*, 1, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2021.07.001>.

Health & Nutrition Letter (2020). Nutrition in the Second Half of Life. Available at <https://www.nutritionletter.tufts.edu/healthy-eating/nutrition-in-the-second-half-of-life/>.

Izhevskaya, O. (2019). Investigation of lipids of flax seed meal and the prospect of using it in meat dishes. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 21(91), 9–13. <https://doi.org/10.32718/nvlvet-f9102>.

Jha, R., Foughse, J. M., Tiwari, U.P., Li, L. & Willing, B.P. (2019) Dietary Fiber and Intestinal Health of Monogastric Animals. *Front. Vet. Sci*, 6, 48. doi: 10.3389/fvets.2019.00048.

Jimenez-Lopez, C., Carpena, M., Lourenço-Lopes, C., Gallardo-Gomez, M., Lorenzo, J.M., Barba, F.J., Prieto, M.A., & Simal-Gandara, J. (2020). Bioactive Compounds and Quality of Extra Virgin Olive Oil. *Foods*, 9(8), 1014. <https://doi.org/10.3390/foods9081014>.

Kapelyants, L. V., Shvets, N. A., & Stolyarova, T. V. (2002). Water-soluble polysaccharides of flax seeds. *Scientific works of ONAFT*, 24, 146–150.

Kipioro, I. M., & Panchenko, N. V. (2023). Production of herodietic products as a sign of innovative development in Ukraine. Formation of quality management mechanisms and improvement of competitiveness of enterprises: 14th international scientific and practical internet conference of young scientists and students. Dnipro, Alfred Nobel University.

- Kirke, D. A., Rai, D. K., Smyth, T. J., & Stengel, D. B. (2019). An assessment of temporal variation in the low molecular weight phlorotannin profiles in four intertidal brown macroalgae. *Algal Research*, 41, 101550.
- Korzun, V. N., & Tikhonenko, Yu. S. (2010). Functional products and their role in human nutrition. *Scientific works of the Odessa National Academy of Food Technologies*, 38(2), 173–178.
- Kruchanytsia, M. I., Myronyuk, I. S., Rozumikova, N. V., Kruchanytsia, V. V., Brych, V. V., & Kish, V. P. (2019). *Basics of nutrition: a textbook*. Uzhhorod. Hoverla.
- Kumar, Y., Tarafdar, A., Kumar, D., & Badgujar, P. C. (2019). Effect of Indian brown seaweed *Sargassum wightii* as a functional ingredient on the phytochemical content and antioxidant activity of coffee beverage. *Journal of Food Science and Technology*, 10, 4516–4525.
- Lang, T. (2007) Functional foods, *BMJ*, 334, 1015-1016. doi: 10.1136/bmj.39212.592477.BE.
- Mæhre, H. K., Malde, M. K., Eilertsen, K.-E., & Elvevoll, E. O. (2014). Characterization of protein, lipid and mineral contents in common Norwegian seaweeds and evaluation of their potential as food and feed. *J Sci Food Agric*, 94(15), 3281–90. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6681>.
- Matyukha, E. O. (2019). Cultural and recreational adaptation of the elderly. Student scientific dimension of today's socio-pedagogical problems: a collection of materials of the 3rd International Scientific and Practical Conference. Nizhin, M. Gogol National State University.
- Mikheyenko, O. I. (2009). *Valeology: Basics of individual human health*. Sumy. University book.
- Order of the Ministry of Health of Ukraine dated September 3, 2017 №. 1073 "On approval of the norms of physiological needs of the population of Ukraine in basic nutrients and energy". Available at <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1206-17#Text>.
- Parthiban, C., Saranya, C., Girija, K., Hemalatha, A., Suresh, M. & Anantharaman, P. (2013). Biochemical composition of some selected seaweeds from Tuticorin coast. *Advances in Applied Science Research*, 3, 362–366.
- Peighambardoust, S. H., Karami, Z., Pateiro, M., & Lorenzo, J. M. (2021). A Review on Health-Promoting, Biological, and Functional Aspects of Bioactive Peptides in Food Applications. *Biomolecules*, 11(5), 631. <https://doi.org/10.3390/biom11050631>.
- Redman, L. M., & Ravussiri, E. (2011). Caloric Restriction Humans: Impact of Physiological, Psychological, and Behavioral Outcomes. *Antioxid.Redox Signal*, 14, 275–287. doi.10.1089/ars.2010.3253.
- Roleda, M. Y., Skjermo, J., Marfaing, H., Jónsdóttir, R., Rebours, C., Gietl, A. (2018). Iodine content in bulk biomass of wild-harvested and cultivated edible seaweeds: inherent variations determine species-specific daily allowable consumption. *Food Chem*, 254, 333–9. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.02.024>.
- Shannon, E., & Abu-Ghannam, N. (2019). Seaweeds as nutraceuticals for health and nutrition *Phycologia*, 58 (5), 563-577. <https://doi.org/10.1080/00318884.2019.1640533>.
- Soliman, G. A. (2019). Dietary Fiber, Atherosclerosis, and Cardiovascular Disease. *Nutrients*. 11(5), 1155. doi: 10.3390/nu11051155.
- Sova, N. A., Lutsenko, M. V., Yefimov, V. G., & Kurgalin S. M. (2018). Characteristics of loose hemp products. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New Solutions in Modern Technologies*, 45 (1321), 207–213.
- Slobodyaniuk, N. M., Sukhenko, Y. G., & Veretynska, I. A. (2014). Nutritional and biological value of flax seeds. *Scientific works of the Odessa National Academy of Food Technologies*, 46(1), 91-94.
- Svidlo, K. (2019). Innovative technologies of confectionery products of herodietic purpose using secondary dairy raw materials. *Restaurant and hotel consulting. Innovation*, 2 (1), 27–35. <https://doi.org/10.31866/2616-7468.2.1.2019.170407>.
- Sultana, F., Wahab, M.-A., Nahiduzzaman, M., Mohiuddin, M., Iqbal, M. Z., Shakil, A., Mamun, A.-A., Khan, M.-S. R., Wong, L., & Asaduzzaman, M. (2023). Seaweed farming for food

and nutritional security, climate change mitigation and adaptation, and women empowerment: A review. *Aquaculture and Fisheries*, 8, 463–480. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2022.09.001>.

Teas, J., Pino, S., Critchley, A., & Braverman, L. E. (2004). Variability of iodine content in common commercially available edible seaweeds. *Thyroid*, 14(10), 836–841. <https://doi.org/10.1089/thy.2004.14.836>.

Ustymenko, I. M. (2019). Improvement of technologies of milk-containing products by using food emulsions. (PhD dissertation, National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine).

Ustymenko, I., Savchenko, O., Tolok, G., Kryzhova, Y., Rudyk, Y., Rybchynskyi, R., Tyshchenko, L., Ochkolyas, O., Kostiuk, T., & Marchyshyna, Y. (2023). Study of indicators of quality and safety of sour cream with vegetable oils. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 17, 444–454. <https://doi.org/10.5219/1876>.

World Health Organization. (2023). Mental health of older adults. Available at <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mental-health-of-older-adults>.

Zaprovalna, O. E., Kolesnikova, O. V., Radchenko, A. O., Bondar, T. M., & Potapenko, A. V. (2021). Indicators of premature aging in patients with moderate cardiovascular risk. *International Medical Journal*, 1, 5–9.

Отримано в редакцію 15.02.2024 р., прийнято до публікації 15.04.2024 р.

УДК 664.6

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2024.54>

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ КОКОСОВОГО БОРОШНА В ТЕХНОЛОГІЇ ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА

Лялик Анастасія Тарасівна,

кандидат технічних наук,

<https://orcid.org/0000-0003-3013-1784>,Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,
46001, вул. Руська, 56, Тернопіль, Україна.**Бейко Людмила Анатоліївна,**

кандидат технічних наук, доцент,

<https://orcid.org/0000-0001-6211-8010>,Західноукраїнський національний університет,
46009, вул. Львівська, 11, Тернопіль, Україна.**Рибчинський Родіон Станіславович,**

кандидат технічних наук,

<https://orcid.org/0000-0001-8396-5315>,Національний університет біоресурсів і природокористування України,
03041, вул. Героїв Оборони, 15, Київ, Україна.**Кравченко Христина Юрївна,**

доктор філософії,

<https://orcid.org/0000-0002-7547-6834>,Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,
46001, вул. Руська, 56, Тернопіль, Україна.**Рябовол Максим Віталійович,**

доктор філософії,

<https://orcid.org/0000-0003-0605-8708>,Національний університет біоресурсів і природокористування України,
03041, Україна, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15.

Анотація. В класичних технологіях хлібобулочних виробів традиційною сировиною є пшеничне борошно, яке характеризується високим вмістом вуглеводів з одночасним низьким вмістом корисних для організму людини харчових волокон. Сьогодні актуальним є поєднання пшеничного з нетрадиційними видами борошна для покращення якості та підвищення харчової цінності готового продукту.

Для дослідження обрано технологію пшеничного хліба «Паляниця Тернопільська». Опару, після бродіння розділили на 4 частини. Одна з 4 частин слугувала контролем, в якому використовувалось пшеничне борошно. В три інші частини вносили кокосове борошно в кількості 5 % (зразок № 1), 10 % (зразок № 2) та 15 % (зразок № 3). Органолептичні показники якості досліджували експертною комісією кафедри харчової біотехнології і хімії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Вологість м'якушки визначали методом висушування. Кислотність м'якушки визначали методом титрування. Пористість хліба визначали методом Журавльова. Визначення крихкості досліджували шляхом тертя з подальшим зважуванням та розрахунком. Масову частку білка визначали за

методом К'ельдаля. Масову частку харчових волокон визначали ферментативно-гравіметричним методом.

Згідно з результатами дослідження, зразок № 2 характеризується високими органолептичними показниками якості у порівнянні з контролем та зразками № 1 та № 3. Встановлено, що масова частка харчових волокон у зразках № 1, № 2 та № 3 у порівнянні з контролем є вищою на 0,6, 1,0 та 2,3 % відповідно. Дослідні зразки характеризувались децю підвищеною масовою часткою білків у порівнянні з контролем. Дослідний зразок № 3 характеризувався найменшим значенням показника пористості (61 %) у порівнянні із значенням цього показника для зразка № 2 (68 %). Вологість м'якушки зразка № 3 становить 43 %, що є найбільшим значенням порівняно з даним показником для зразка № 2 (41 %), № 1 (39 %) та контролю (38 %). Кислотність зразка № 3 становить 3,0 °Т, зразка № 2 – 2,8 °Т, зразка № 1 – 2,7 °Т, контролю – 2,7 °Т.

Показник крихкуватості дослідного зразка № 2 на 72 години зберігання (5,38 %) є найменшим у порівнянні з контролем (5,43 %).

Отже, використання кокосового борошна в технології пшеничного хліба у кількості 10 % дозволяє отримати готовий продукт з високими органолептичними показниками якості, підвищеним вмістом харчових волокон та нормованими фізико-хімічними показниками якості.

Ключові слова: кокосове борошно, пшеничний хліб, крихкуватість, хімічний склад, харчова цінність, харчові волокна.

UDC 664.6

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2024.53>

INVESTIGATION OF THE USE OF COCONUT FLOUR IN THE TECHNOLOGY OF WHEAT BREAD

Anastasiia Lialyk

Ph.D.

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

Ternopil Ivan Puluj National Technical University,
46001, Ruska Str., 56, Ternopil, Ukraine.

Ludmila Bejko,

Ph.D, Associate Professor,

<https://orcid.org/0000-0001-6211-8010>,

West Ukrainian National University,
46009, Lvivska Str., 11, Ternopil, Ukraine.

Rodion Rybchynskyi,

Ph.D,

<https://orcid.org/0000-0001-8396-5315>,

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
Heroes of Defense Str., 15, 03041, Kyiv, Ukraine,

Kravcheniuk Khrystyna,

Ph.D.

<https://orcid.org/0000-0002-7547-6834>,

Ternopil Ivan Puluj National Technical University,
46001, Ruska Str., 56, Ternopil, Ukraine.

Maxim Ryabovol,

Ph.D,

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

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,

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

Abstract. In the classical technologies of bakery products, the traditional raw material is wheat flour, which is characterized by a high content of carbohydrates with a simultaneous low content of dietary fibers useful for the human body. Today, it is relevant to combine wheat with non-traditional types of flour to improve the quality and increase the nutritional value of the finished product.

The technology of wheat bread "Palyanytsia Ternopilska" was chosen for the study. After fermentation, the dough was divided into 4 parts. One of the 4 parts served as a control, in which wheat flour was used. In three other parts, coconut flour was added in the amount of 5% (sample № 1), 10% (sample № 2), and 15% (sample № 3).

Organoleptic quality indicators were investigated by the expert commission of the Department of Food Biotechnology and Chemistry of Ternopil Ivan Puluj National Technical University.

The moisture content of crumb of bread was determined by the drying method. The acidity of crumb of bread was determined by the titration method. Porosity of bread was determined by Zhuravlev's method. Determination of brittleness was investigated by friction, followed by weighing and calculation. The mass fraction of protein was determined by the Kjeldahl method. The mass fraction of dietary fibers was determined by the enzymatic-gravimetric method.

According to the research results, sample № 2 is characterized by high organoleptic quality indicators in comparison with the control and samples № 1 and № 3. It was established that the mass fraction of dietary fibers in samples № 1, № 2 and № 3 compared to the control is higher by 0.6 , 1.0 and 2.3%, respectively. The test samples were characterized by a slightly increased mass fraction of proteins compared to the control. Sample № 3 is characterized by the lowest value of the porosity indicator (61%) in comparison with the value of this indicator for sample № 2 (68%). The moisture content of crumb of bread of sample № 3 is 43%, which is the highest value compared to this indicator for sample № 2 (41%), № 1 (39%) and the control (38%). The acidity of sample № 3 is 3.0 °T, sample № 2 – 2.8 °T, sample № 1 – 2.7 °T, control – 2.7 °T. The brittleness index of test sample № 2 at 72 hours of storage (5.38%) is the lowest compared to the control (5.43%).

As results of the research, the use of coconut flour in the technology of wheat bread in the amount of 10% allows to obtain a finished product with high organoleptic quality indicators, an increased content of dietary fibers and normalized physico-chemical quality indicators as compared to classic wheat bread.

Key words: coconut flour, wheat bread, brittleness index, chemical composition, nutritional value, dietary fiber.

ВСТУП. Для виробництва хлібобулочних виробів традиційною сировиною є пшеничне та житнє борошно, які характеризуються високим вмістом вуглеводів з одночасним низьким вмістом корисних для організму людини харчових волокон (Medvid et al., 2017).

Відомо, що надходження до організму людини зависокої кількості вуглеводів пов'язують з підвищеним ризиком виникнення захворювань, зокрема, діабету, ожиріння, подразнення кишечника (Sukhina et al., 2024).

Тому, виникає необхідність в дослідженні нетрадиційної сировини з низьким вмістом вуглеводів та високим вмістом харчових волокон. Таким чином, актуальним є поєднання

пшеничного з нетрадиційними видами борошна, зокрема, кокосовим, для підвищення харчової цінності готового продукту.

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ. Кокосове борошно стає все більш популярною нетрадиційною сировиною в технології різноманітних харчових продуктів. Також, кокосове борошно характеризується рядом характеристик, зокрема, підвищує імунну систему, які роблять його популярним вибором для тих, хто шукає альтернативу традиційним видам борошна, зокрема пшеничному та житньому (Karandeep et al., 2019).

Кокосове борошно отримується шляхом подрібнення знежиреної м'якоті кокоса. Цей вид борошна характеризується привабливими органолептичними показниками якості, а саме консистенцією, приємним кокосовим ароматом та солодкуватим смаком. Зважаючи на солодкуватий присмак кокосового борошна, його можна використовувати у якості замітника класичного цукру. Слід підкреслити, що в технології харчових продуктів не доцільно повністю замінювати традиційні види борошна на кокосове через поглинання ним значною кількості води (Bawalan, 2000; Dat, 2018).

Кокосове борошно за хімічним складом містить ряд основних поживних речовин, включаючи білок, залізо та калій (Adelekan and Alamu, 2021). Крім того, кокосове борошно багате на антиоксиданти, які захищають клітини від пошкоджень, викликаних вільними радикалами (Vuthijumnonk and Rajchasom, 2019).

Однією з важливих характеристик кокосового борошна, зважаючи на хімічний склад, є високий вміст клітковини, що робить цей вид борошна джерелом корисних для організму людини харчових волокон, які важливі для підтримки здорового функціонування шлунково-кишкового тракту, а також для відчуття насичення їжею після її споживання (Trinidad et al., 2006).

Також, кокосове борошно не містить у своєму складі глютену. Для людей з целиацією або чутливістю до глютену кокосове борошно може стати чудовою альтернативою пшеничному або житньому борошну, які містять глютен. Кокосове борошно можна використовувати в технологіях різних видів хлібобулочних виробів, зокрема, хліб, кекси та тістечка (Norpin et al., 2021).

Крім того, кокосове борошно, у порівнянні з пшеничним, містить низький вміст вуглеводів, що дозволяє використовувати його для отримання харчових продуктів з подальшим включенням їх до раціону для низьковуглеводної або кетогенної дієти. На відміну від харчових продуктів вироблених на основі пшеничного борошна, які можуть викликати різке підвищення рівня цукру в крові, кокосове борошно має мінімальний вплив на підвищення рівня цукру в крові, що є корисним для людей, хворих на діабет або резистентністю до інсуліну (Trinidad et al., 2003).

За жирнокислотним складом кокосове борошно характеризується високим вмістом корисних ліпідів, зокрема тригліцеридів із середнім ланцюгом (ТСЛ). ТСЛ легко засвоюються організмом людини і можуть забезпечити ряд переваг для здоров'я, включаючи збільшення енергії та покращення когнітивних функцій. Оскільки кокосове борошно виготовляється з м'якоті кокоса, воно не містить шкідливих для організму людини трансізомерів жирних кислот (Siri-Tarino et al., 2010). Дослідження (Hewlings, 2020) показують, що насичені жирні кислоти середнього ланцюга, які містяться в кокосі є корисними для організму людини, оскільки вони всмоктуються у лімфу по-різному і корелюються з різними перевагами для здоров'я – когнітивне функціонування та більш сприятливий ліпідний профіль.

Основною жирною кислотою кокосової олії є лауринова кислота, яка є середньою ланцюговою жирною кислотою. Кокосова олія швидко метаболізується, оскільки вона легко засвоюється, а лауринова кислота легко транспортується. Дослідження показують, що більша

частина лауринової кислоти транспортується безпосередньо в печінку, де вона перетворюється в енергію та інші метаболіти, а не зберігається у вигляді жиру (Dayrit, 2015).

Для організму дорослої людини лауринова кислота така ж корисна як і для дитячого. Так, дослідження показують, що заміна в раціоні традиційних олій на кокосову сприяє кращому функціонуванню органів і систем. Лауринова кислота має безліч корисних властивостей – активізує захисну систему організму, нейтралізує дію різних патогенних мікроорганізмів, які потрапляють в організм, впливає на мікроорганізми, віруси і грибки, допомагає знизити рівень холестерину, який відкладається на стінках кровоносних судин, покращує роботу серцево-судинної системи, має лікувальну дію при діабеті, є потужним антиоксидантом (Dat and Phuong, 2017; Dhankhar and Tech, 2017; Abimbola, 2017).

Отже, кокосове борошно характеризується високою поживністю та лікувально-профілактичними властивостями у порівнянні з традиційними видами борошна та може бути перспективним компонентом в технології пшеничного хліба, що слід перевірити експериментально.

Метою статті є дослідження впливу кокосового борошна на показники якості пшеничного хліба.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ. Експериментальні дослідження проводили на кафедрі харчової біотехнології і хімії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Для дослідження було обрано технологію пшеничного хліба «Паляниця Тернопільська». Пшеничний хліб готували методом густої опари. Отриману опару залишали на бродіння протягом 270 хв. Далі опару, після бродіння розділили на 4 частини. Одна з 4 частин слугувала контролем, в якому використовувалось пшеничне борошно. В три інші частини вносили кокосове борошно на заміну пшеничного в кількості 5 %, 10 % та 15 % – зразок № 1, № 2, № 3 відповідно.

В подальшому всі дослідні частини (Контроль, № 1, № 2 та № 3) замісили та надали заготовкам круглої форми, залишили на вистоювання протягом 45 хв. та випікали протягом 50 хв при температурі 220 °С. Через чотири години випікання в отриманих контролі, зразках № 1, № 2 та № 3 визначали органолептичні показники якості, через 5 годин після випікання – вологість, пористість та кислотність.

Органолептичні показники якості досліджували експертною комісією кафедри харчової біотехнології і хімії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Вологість м'якушки визначали шляхом висушування подрібненої проби у сушильній електричній шафі за температури 130 °С протягом 45 хв. Після висушування охолоджували в ексикаторі не менше 20 хв. Масову частку вологи в м'якушці (W, %), обчислювали за формулою:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100, \quad (1)$$

де m_1 та m_2 – маса наважки до і після висушування.

Кислотність м'якушки визначали здрібнюванням м'якушки масою 25 г. Здрібнений м'якуш поміщали у колбу місткістю 500 мл і порціями при перемішуванні доливали з мірної колби дистильовану воду об'ємом 250 мл. Колби ретельно закривали пробкою, струшували 2 хв і залишали у спокої на 10 хв. Далі повторно енергійно струшували 2 хв й залишали у спокої на 8 хв. Відстояний шар рідини фільтрували крізь сито в сухий хімічний стакан. В кінчні

колби місткістю 200–250 мл відбирали піпеткою 50 мл фільтрату і титрували розчином $K(Na)OH$, у присутності 2–3 крапель 1 % спиртового розчину фенолфталеїну до одержання слабо рожевого забарвлення, яке не зникає протягом 1 хв.

Кислотність м'якушки (K , °Т) обчислювали за формулою:

$$K = \frac{V \cdot 25 \cdot 50 \cdot 4 \cdot 1}{250 \cdot 10}, \quad (2)$$

де V – об'єм 0,1 Н розчину $NaOH$, витраченого на титрування, $см^3$;

250 – об'єм води, взятої на визначення;

50 – кількість витяжки, взятої на титрування;

25 – наважка м'якуша;

4 – коефіцієнт, що приводить до 100 г наважки;

1/10 – коефіцієнт приведення 0,1 н розчину $NaOH$ до 1Н.

Пористість хліба визначали методом Журавльова. З середини проби вирізали скибу шириною 7–8 см. З шматка м'якуша на відстані, не менше 1 см від кірок, робили виїмки циліндром приладу. Для цього гострий край циліндра попередньо змащували олією і вводили в м'якуш шматка обертальним рухом. Потім хлібний м'якуш виштовхували з циліндра втулкою приблизно на 1 см і зрізали по краях мірного циліндра спеціальним ножом. Для визначення пористості робили 3 циліндричних виїмки об'ємом 27 см^3 кожна. Підготовлені виїмки всі разом зважували з точністю до 0,01 г. Пористість обчислювали з точністю до 1 %.

Пористість хліба (Π , %) розраховували за формулою:

$$\Pi = \frac{V - m/\rho}{V} \cdot 100, \quad (3)$$

де V – загальний обсяг виїмок, $см^3$;

m – маса виїмок м'якушки, г;

ρ – щільність безпористої маси м'якуша.

Визначення крихкуватості досліджували наступним чином. З м'якушки хліба вирізали два шматки, визначеної маси, у формі паралелепіпеда, які поміщали в конічну колбу. Вміст колби протягом 5 хв перемішували за допомогою вібраційного змішувача. Крихти, що відокремилися в результаті тертя двох шматків одна об одну, збирали і зважували.

Крихкуватість (X , %) до маси м'якушки хліба, визначали за формулою:

$$X = \frac{m_1 \cdot 100}{m_2}, \quad (4)$$

де m_1 m_2 – маса крихт і маса наважки хліба, г.

Масову частку білка визначали за методом К'ельдаля. Пробу мінералізували, після чого отриманий розчин титрували. Для мінералізації 1 г сировини гідролізували 15 мл концентрованої сірчаної кислоти протягом 2 год при 420°C в присутності мідного каталізатора. Отриманий розчин охолоджували, додавали дистильовану воду, проводили

нейтралізацію й титрування. Кількість білка розраховували з урахуванням концентрації азоту в сировині. Дані виражали у г білків на 100 г хліба.

Масову частку харчових волокон визначали ферментативно-гравіметричним методом. 50 г досліджуваного зразка подрібнювали у млині, щоб частки проходили крізь отвори сита 0,5 мм. Увесь подрібнений матеріал переносили у ємність, закривали і перемішували. $1,000 \pm 0,005$ г зразка точно зважували у скляну пляшку Duran R, в неї вносили 1,0 мл етанолу і 40 мл суміші панкреатичної α -амілази. Закупорені пляшки поміщали у струшувальну інкубаційну ванну. Реакційні розчини інкубували зі швидкістю 150 об/хв при температурі 37 °C протягом 16 годин. Додавали 3,0 мл 0,75 М розчину основи Trizma, щоб припинити реакцію. Після цього пляшки поміщали на водяну баню при 95–100 °C та інкубували протягом 20 хв. Пляшку охолоджували до 60 °C, додавали 0,1 мл розчину протеази та інкубували при 60 °C протягом 30 хвилин. Після цього додавали 4,0 мл 2 М оцтової кислоти для досягнення рН $4,3 \pm 0,3$. Визначали вміст низькомолекулярних і високомолекулярних розчинних харчових волокон та їхню суму.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ. Профілограма органолептичного оцінювання зразків № 1, № 2 та № 3 у порівнянні з контролем наведено на рисунку.

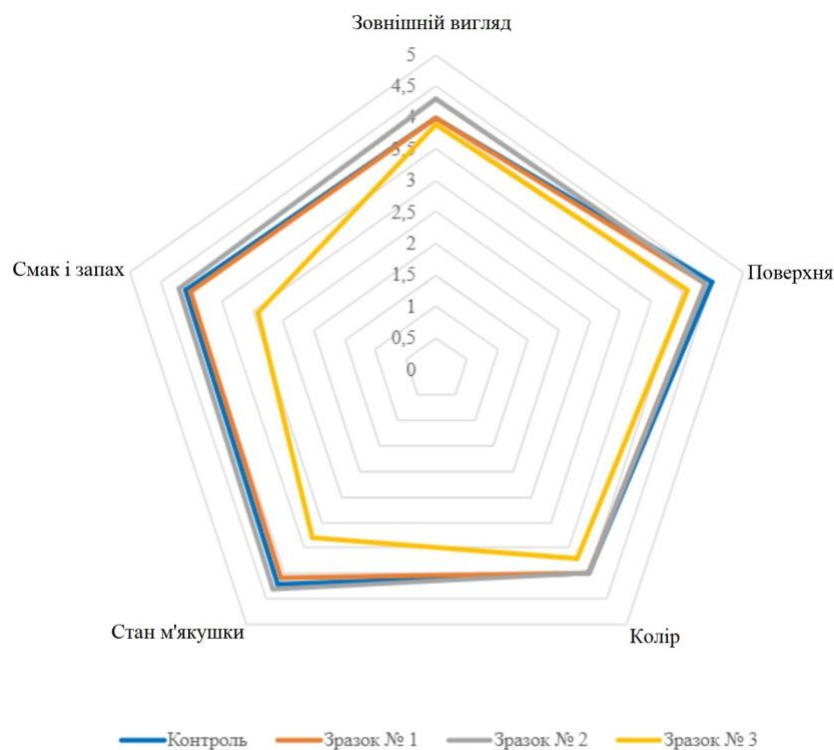


Рисунок. Профілограма органолептичного оцінювання зразків № 1, № 2 та № 3 у порівнянні з контролем

З рисунку видно, що дослідний зразок № 2 за органолептичними показниками якості характеризується найбільшою кількістю балів та наближений до контрольного зразка.

Вміст різної кількості кокосового борошна у дослідних зразках впливало переважно на смак, запах та стан м'якушки у готовому продукті. Так, зразок № 3 в якому вміст кокосового борошна становить 15 % за органолептичними показниками якості характеризується занадто вираженим кокосовим присмаком при одночасному липкому та ущільненому стану м'якушки.

Це пояснюється найвищою масовою часткою жиру та найнижчою – крохмалю в кокосовому борошні у порівнянні з пшеничним (Ditrich and Pristupa, 2018).

Хімічний склад зразків № 1, № 2 та № 3 у порівнянні з контролем наведено у таблиці 1.

Таблиця 1. Хімічний склад дослідних зразків у порівнянні з контролем
($P \geq 0,95$, $n=3$)

Назва показника	Контроль	Зразок № 1	Зразок № 2	Зразок № 3
Масова частка білків, %	0,90±0,041	0,96±0,042	1,00±0,040	1,04±0,05
Масова частка вуглеводів, %, у тому числі	40,70±2,03	36,60±1,46	37,20±1,67	38,40±1,63
Харчові волокна, %	0,30±0,013	0,92±0,043	1,93±0,092	2,64±0,132

Результати дослідження хімічного складу (табл. 1) показують, що додавання кокосового борошна дозволило підвищити масову частку харчових волокон у дослідних зразках. Так, масова частка харчових волокон у зразках № 1, № 2 та № 3 у порівнянні з контролем є вищою на 0,6, 1,0 та 2,3 % відповідно. Дослідні зразки характеризуються дещо підвищеною масовою часткою білків у порівнянні з контролем. Це пояснюється тим, що кокосове борошно характеризується підвищеною масовою часткою білків порівняно з борошном пшеничним (Filinska et al., 2023).

Фізико-хімічні показники якості зразків № 1, № 2 та № 3 у порівнянні з контролем наведено у таблиці 2.

Таблиця 2. Фізико-хімічні показники якості дослідних зразків у порівнянні з контролем

Показники якості	Контроль	Зразок № 1	Зразок № 2	Зразок № 3	Норма
Вологість м'якушки, %	38	39	41	43	Не більше 43
Кислотність, °Т	2,7	2,7	2,8	3,0	Не більше 3,0
Пористість, %	71	69	68	61	Не менше 68

Примітка: показники норми вказані згідно DSTU 7517, 2014.

Згідно результатів, наведених у табл. 2 видно, що показник пористості є найвищим у контролі (71 %), в той же час, зразок № 3 характеризується найменшим значенням даного показника – 61 %, а зразок № 2 – 68 %.

Вологість м'якушки зразка № 3 становить 43 %, що є найбільшим значенням порівняно з даним показником для зразка № 2 (41 %), № 1 (39 %) та контролю (38 %). Це корелює також з показником кислотності, так, кислотність зразка № 3 становить 3,0 °Т, зразка № 2 – 2,8 °Т, зразка № 1 – 2,7 °Т, контролю – 2,7 °Т.

Слід зазначити, що фізико-хімічні показники якості зразків № 1, № 2 та № 3 знаходяться в межах норми. Науковий інтерес представляє дослідження показника крихкуватості дослідних зразків впродовж зберігання. Результати зміни крихкуватості дослідних зразків при зберіганні наведені в табл. 3.

Таблиця 3. Зміна показника крихкуватості дослідних зразків впродовж зберігання у порівнянні з контролем

Назва зразка	Зберігання виробів, год			
	2	24	48	72
	Крихкуватість м'якушки, %			
Контроль	2,45	3,83	4,62	5,43
Зразок № 1	2,40	3,76	4,55	5,31
Зразок № 2	2,42	3,80	4,60	5,38
Зразок № 3	2,46	3,88	4,75	5,59

Згідно табл. 3 видно, що показник крихкуватості зразка № 3 на 72 години зберігання (5,59 %) є найбільшим у порівнянні з контролем та зразками № 1 та 2, тоді як зразок 2 характеризується, навпаки, найменшим показником крихкуватості (5,38 %) у порівнянні, з контролем.

Отже, зважаючи на результати проведених досліджень, використання кокосового борошна в технології пшеничного хліба у кількості 10 % дозволяє отримати готовий продукт з покращеними органолептичними та фізико-хімічними показниками якості.

ВИСНОВКИ. Доведено доцільність використання кокосового борошна в технології пшеничного хліба для отримання готового продукту високої якості. За результатами проведених досліджень, дослідний зразок № 2 із заміною 10 % пшеничного борошна на кокосове, характеризується високими органолептичними показниками якості, відповідає вимогам стандарту до фізико-хімічних показників якості, підвищеним вмістом харчових волокон та найнижчим показником крихкуватості впродовж терміну зберігання порівняно з контролем.

References

- Abimbola, N. (2017). Production, microbial and sensory qualities of biscuits produced from wheat-coconut-almond flour blend. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 2, 2455–4898.
- Adelekan, A. O., & Alamu, T. (2021). Effect of coconut (Cocos nucifera) flakes substitution on some quality parameters of wheat bread. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 7, 18349-18367. <https://doi.org/10.18697/ajfand.102.20170>
- Dat, L. Q. (2018). Functional properties and influences of coconut flour on texture of dough and cookies. *Vietnam Journal of Science and Technology*, 55, 100.
- Dat, L. Q., & Phuong, V. T. H. (2017). Functional properties and influences of coconut flour on texture of dough and cookies. *Vietnam Journal of Science and Technology*, 55(5A), 100–107. <https://doi.org/10.15625/2525-2518%2F55%2F5a%2F12184>
- Dayrit, F. M. (2015). The Properties of Lauric Acid and Their Significance in Coconut Oil. *J Am Oil Chem Soc*, 92, 1–15. <https://doi.org/10.1007/s11746-014-2562-7>
- Dhankhar, P., & Tech, M. A. (2017). Study on the development of coconut based gluten free cookies. *International Journal of Engineering Science Invention*, 2(12), 10–19.

- Ditrich, I. V., & Pristupa, V. A. (2018). Coconut flour as a non-traditional raw material for making a special purpose cake. *Food Industry*, 24, 23–31.
- Bawalan, D. (2000). The economics of production, utilization and marketing of coconut flour from coconut milk residue. *CORD*, 16(01), 34. <https://doi.org/10.37833/cord.v16i01.338>
- DSTU 7517 (2014). Wheat flour bread. General technical conditions.
- Filinska, T., Shevchenko, V., Filinska, A., Pavlyuk, S., & Sukha, I. (2023). Study of the properties of multicomponent mixtures of flour. *Technical Sciences and Technologies*, 1 (31), 117–125. [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2023-1\(31\)-117-125](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2023-1(31)-117-125)
- Hewlings, S. (2020). Coconuts and health: Different chain lengths of saturated fats require different consideration. *J Cardiovasc Dev Dis*, 7(4), 59. doi:10.3390/jcdd7040059
- Hopkin, L., Broadbent, H. S., & Ahlborn, G. J. (2021). Influence of almond and coconut flours on Ketogenic, Gluten-Free cupcakes. *Food Chemistry X*, 13, 100182. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2021.100182>
- Karandeep, K., Navnidhi C., Poorva, S., Garg M. K., & Anil, P. (2019). Coconut meal: nutraceutical importance and food industry application. *Foods and Raw materials*, 7 (2), 419–427. <http://doi.org/10.21603/2308-4057-2019-2-419-427>
- Medvid, I. M., Fedorenko, Yu. O., Shidlovska, O. B., & Dotsenko V. F. (2017). Health food products and dietary supplements: technologies, quality and safety: materials of the International Scientific and Practical Conference (pp. 58-60). Kyiv: National University of Food Technologies.
- Siri-Tarino, P. W., Sun, Q., Hu, F. B., & Krauss, R. M. (2010). Saturated fat, carbohydrate, and cardiovascular disease. *Am J Clin Nutr*, 91(3), 502–509. doi:10.3945/ajcn.2008.26285
- Sukhina, V., & Yena, M. (2024). Impact of nutrition on dental health: risk factors and caries prevention. *Collection of Scientific Papers «SCIENTIA»*, 97–99.
- Trinidad, T. P., Valdez, D. H., Loyola, A. S. (2003). Glycaemic index of different coconut (*Cocos nucifera*)-flour products in normal and diabetic subjects. *British Journal of Nutrition*, 90(3), 551–556. doi:10.1079/BJN2003944
- Trinidad, T., Mallillin, A., Valdez, D., Loyola, A., Askali-Mercado, F., Castillo, J., Encabo, R., Masa, D., Maglaya, A., & Chua, M. (2006). Dietary fiber from coconut flour: A functional food. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 7, 309–317. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2004.04.003>
- Vuthijumnonk, J., & Rajchasom, S. (2019). Total Dietary Fiber in Coconut Powder Cookies and Their Antioxidant Activity: A Healthy Snack Potentiality. *ETP International Journal of Food Engineering*, 1, 88–91.

Отримано в редакцію 01.03.2024 р., прийнято до публікації 12.04.2024 р.

UDC 664:638.167-178

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2024.64>EVALUATION OF RAW MATERIALS FOR THE DEVELOPMENT
OF HONEY HEALTHY DESSERT RECIPES**Vladyslav Chechitko,**

Postgraduate student,

<https://orcid.org/0000-0002-8965-9615>,National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
03041, Heroiv Oborony Str., 15, Kyiv, Ukraine.**Leonora Adamchuk,**

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,

<https://orcid.org/0000-0003-2015-7956>,National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
03041, Heroiv Oborony Str., 15, Kyiv, Ukraine,National Science Center «P. I. Prokopovich Institute of Beekeeping»,
03680, 19 Zabolotnoho Str., Kyiv, Ukraine.

Abstract. In today's food market, the demand for delectable taste, product safety, and health benefits is paramount. Health-focused desserts present an opportunity to tap into new market segments, catering to specific groups such as individuals with health conditions, athletes, and the general consumer populace.

The objective of this study was to evaluate the safety and quality of the raw materials utilized in crafting these desserts.

The initial phase involved scouring international science papers to investigate the components utilized in creating honey-based health desserts. This review delved into various dessert formulations devised by researchers, shedding light on the advantageous properties of such treats.

The findings underscore that honey and other beekeeping byproducts serve as excellent bases for crafting desserts rich in nutrients and beneficial substances. Honey, in particular, assumes a pivotal role in defining the dessert's primary flavor profile and imparting viscosity to its texture.

Further enrichment of these desserts is achieved through ingredients like freeze-dried raspberry berries, sea buckthorn, dried pumpkin, and spirulina, which contribute plant-based carbohydrates and lend distinctive organoleptic characteristics—taste, color, and aroma. These additions also bolster the dessert's vitamin and biologically active substance content. Moreover, the incorporation of pumpkin, fenugreek, and sesame seeds elevates the dessert's protein and fat content, augmenting its nutritional value.

In the subsequent phase, researchers scrutinized the sensory and physicochemical attributes of the raw materials employed in crafting these health-oriented desserts, employing standardized methodologies. Key quality benchmarks encompassed sensory traits, physicochemical attributes, and nutritional profiles. Safety assessments encompassed microbiological parameters, pesticide and antibiotic residues, and radioactive isotopes.

These findings underscore the vast array of possibilities inherent in leveraging beekeeping products, berries, seeds, fruits, vegetables, and other ingredients in health-focused honey desserts. Adherence to rigorous organoleptic, physicochemical, and safety standards is imperative for the successful development of novel dessert technologies that seamlessly blend delightful taste with health-enhancing benefits.

Keywords: beekeeping products, honey, berries, raspberries, sea buckthorn, spirulina, healthy food, pumpkin seeds

УДК 664:638.167-178

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2024.64>

ОЦІНЮВАННЯ СИРОВИНИ ДЛЯ РОЗРОБЛЕННЯ РЕЦЕПТУР ДЕСЕРТУ МЕДОВОГО ОЗДОРОВЧОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Чечітко Владислав Ігорович,

Аспірант,

<https://orcid.org/0000-0002-8965-9615>,Національний університет біоресурсів і природокористування України,
03041, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, Україна.**Адамчук Леонора Олександрівна,**

Кандидат сільськогосподарських наук, доцент,

<https://orcid.org/0000-0003-2015-7956>,Національний університет біоресурсів і природокористування України,
03041, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, Україна,ННЦ «Інститут бджільництва імені П. І. Прокоповича»,
03680, вул. Заболотного, 19, м. Київ, Україна.

Анотація. Сучасний ринок харчування висуває вимоги не тільки до смакових властивостей, а також до безпечності продукту, і його дію на здоров'я людини. Оздоровчі десерти розширюють ринок збуту і стають доступними як для спеціалізованих груп населення, таких як, люди з захворюваннями, спортсмени, так і для звичайного споживача.

Метою роботи була оцінка сировини за показниками безпечності та якості для розроблення десерту.

На першому етапі дослідження проведено огляд міжнародних публікацій вчених стосовно компонентів, які будуть використані при розробці рецептур десерту медового оздоровчого призначення. Сфокусовано увагу на різні рецептури десертів які були розроблені цими вченими і корисні властивості таких десертів.

Результати дослідження свідчать, що мед та інші продукти бджільництва є придатними для розроблення десерту з високим вмістом поживних і корисних речовин. Мед забезпечує створення основної смакової композиції та може надавати в'язкості консистенції десерту.

Сублімовані ягоди малини, обліпихи, сушені гарбуз, спіруліна збагатять десерт рослинними вуглеводами та додадуть продукту унікальні органолептичні властивості: смак, колір, запах. Додавання перелічених інгредієнтів може сприяти збагаченню десерту вітамінами та іншими біологічно-активними речовинами. Насіння гарбуза, пажитника та кунжуту збагатять десерт білками та жирами, що підвищить поживну цінність.

На другому етапі вивчали органолептичні та фізико-хімічні показники сировини для розроблення десертів оздоровчого призначення. Дослідження здійснювали стандартизованими методами. До основних показників якості віднесли: органолептичні, фізико-хімічні показники та харчову цінність. До показників безпеки сировини віднесли: мікробіологічні показники, вміст шкідливих залишків пестицидів, антибіотиків, радіоактивних ізотопів..

Загалом, ці результати демонструють широкий спектр можливостей використання продуктів бджільництва, ягід, насіння, плодово-овочевої продукції та інших інгредієнтів у десертах медових оздоровчого призначення. Дотримання вимог стандартів щодо відповідності органолептичним і фізико-хімічним критеріям є ключовими аспектами успішного розроблення нових технологій десертів, що поєднують приємний смак та оздоровчий ефект.

Ключові слова: продукти бджільництва, мед, ягоди, малина, обліпиха, спіруліна, здорове харчування, насіння гарбуза

INTRODUCTION. In today's world, people are increasingly prioritizing their health, with a balanced diet emerging as a cornerstone of wellness. Shifts in eating patterns and a more sedentary lifestyle have fueled a global rise in obesity rates. According to the World Health Organization, 12% of adults are now classified as obese. Projections from the Food and Agriculture Organization indicate a steady increase in daily calorie intake, expected to reach 3050 kcal per person by 2030, up from 2803 kcal in the late 1990s. To tackle this issue, various methods have been devised to transform traditional recipes into low-fat or low-sugar alternatives for the food industry. These approaches often involve reducing ingredient quantities or substituting with alternatives that mimic their functional properties. However, retaining the authentic taste and texture of beloved desserts while reducing calorie content and enhancing nutritional value remains a significant challenge for food technologists.

Crafting desserts that indulge the sweet tooth while also benefiting the body can play a pivotal role in promoting a wholesome lifestyle and offering alternative products tailored to contemporary consumer demands. This holds promising potential in addressing various modern nutrition challenges, such as combating obesity, heart disease, diabetes, and other chronic conditions linked to dietary habits.

To devise recipes for such desserts, the initial step involves carefully selecting raw ingredients and assessing their quality and nutritional properties.

LITERATURE REVIEW. Sunflower honey reigns as the most prevalent variety in Ukraine, produced in substantial quantities. Research by (Balkanska and Shumkova, 2022) indicates that sunflower honey exhibits heightened antioxidant activity compared to polyfloral honey. Additionally, findings from (Emin Duru et al., 2023) underscore the robust antiuretic and anti-inflammatory properties of sunflower honey. Furthermore, (Şahin, 2021) discovered that honey showcases anticholinesterase and butyrylcholinesterase enzyme activity, offering potential against Alzheimer's disease.

Honey features prominently in dessert formulations. (Petridis et al., 2020) devised a technology for crafting a dairy fermented frozen dessert incorporating yogurt, honey, and pomegranate juice, boasting reduced fat content. Similarly, (Sumardi, 2020) introduced a pudding dessert recipe based on aloe vera, lemon, and honey, abundant in soluble plant fibers. Meanwhile, (Tahmaz et al., 2020) explored honey's application in the production of high-viscosity baby food. Conversely, (Kamboj et al., 2019) observed that elevated temperatures and pH levels contribute to increased hydroxymethylfurfural (HMF) content in honey, coupled with diminished diastase activity, emphasizing the importance of utilizing minimally processed honey.

Royal jelly is renowned as a functional food for its numerous health benefits. According to (Collazo et al. 2021), it boasts anti-lipidemic, antioxidant, antimicrobial, and anti-inflammatory properties. Additionally, (Hassan et al., 2022) discovered that incorporating royal jelly can shorten fermentation time, enhance viscosity and water retention, and boost antioxidant levels in fermented milk. For instance, (Cinar et al., 2021) introduced a method for infusing royal jelly into probiotic dairy desserts.

Propolis, on the other hand, holds promise in creating functional foods and food preservatives. As noted by (Liaudanskas et al., 2021), aqueous propolis extract exhibits potent antioxidant activity, making it suitable for a wider consumer base and potentially easing symptoms of oxidative stress, unlike traditional propolis.

(Kabakci, 2023) demonstrated that crushed beehive debris possesses antioxidant, anti-inflammatory, and antimicrobial properties. Research by (Li et al., 2023) has highlighted the anti-inflammatory and therapeutic effects of bee pollen in combating colitis. Bread formulations enriched with crushed bee pollen to enhance nutritional content are well-documented (Antoniv et al., 2022; da Silva et al., 2024).

Pumpkin, being rich in nutrients, serves as an excellent ingredient for health-oriented desserts. (Kaur et al., 2020) discovered that pumpkin exhibits anti-diabetic, antioxidant, anticarcinogenic, and hyperprotective properties. Moreover, (Vinayashree and Vasu, 2021) confirmed the presence of high-quality, well-balanced proteins in pumpkin seeds.

Research by (Leichtweis et al., 2022) revealed that pumpkin peel and seeds boast the highest antioxidant effect. Meanwhile, (Márquez-Cardozo et al., 2021) noted a significant decrease in carbohydrates and fiber during pumpkin drying, yet antioxidant activity surged with rising drying temperatures. The technique for crafting a pumpkin-based dessert known as halva, highlighted by (Bali et al., 2023), enhances the absorption of bioactive molecules through the lymphatic system, bolstering the immune, cardiovascular, and respiratory systems with phytochemicals.

(Rakhymzhanova, 2020) devised a method for producing sugar-free desserts using pumpkin, beets, and carrots rich in vitamin C and pectin, a natural sorbent and metabolism regulator. (Szydłowska et al., 2022) demonstrated pumpkin's ability to reduce sugar content, boost antioxidant properties, and enhance probiotic survival in non-dairy frozen desserts. Furthermore, (Karli & Banu, 2023) pioneered the creation of alternative milk and dairy products from melon and pumpkin seeds, leading to antioxidant-rich pudding production.

Fenugreek seeds are highly regarded for both their culinary allure and medicinal prowess. Research conducted by (Alu'datt et al., 2024) has unveiled a plethora of benefits, including hypoglycemic, antihyperlipidemic, antioxidant, anti-inflammatory, antihypertensive, anticarcinogenic, and immunomodulatory effects, with potential organ-protective effects spanning the cardiovascular, digestive, hepatic, endocrine, and central nervous systems.

(Ahmad et al., 2022) delved into the nutritional, antioxidant, and sensory aspects of noodles enriched with fenugreek seed powder, revealing enhancements in mineral, protein, and fiber content. Meanwhile, studies by (Medeiros et al., 2020) showcased fenugreek seeds' ability to synergize with starch, milk protein, and sucrose, thereby improving the gel structure of a milk-based dessert.

Sesame seeds play a pivotal role in the food industry, offering protective benefits for bone health and hormone balance in menopausal women, as noted by (Arooj et al., 2023). (Li et al., 2024) further solidified sesame's health potential, highlighting its antioxidant, antimutagenic, estrogenic, anti-inflammatory, antimicrobial, and hypolipidemic properties.

Additionally, (Ali & BATU, 2020) elucidated the utilization of sesame seeds in crafting halva and tahini. Furthermore, (Sheikh et al., 2023) engineered a composite gel derived from gelatinous sesame protein, applicable in desserts and various other products.

Spirulina, an algae renowned for its functional attributes, holds promise in food production. (Lafarga et al., 2020) demonstrated its potential in preventing or treating metabolic syndrome-related disorders. Moreover, (Almeida et al., 2021) showcased the enhancement of antioxidant and nutritional value in a functional sauce with spirulina incorporation. Notably, (Papadimitriou et al., 2021) reassured the safety of spirulina supplements for adult consumption, indicating that low concentrations of cyanobacterial toxins pose no significant risk.

Raspberry cultivation thrives in Ukraine, with (Baenas et al., 2020) showcasing how raspberry dietary fiber serves as a functional and prebiotic ingredient, enhancing the nutritional profile of foods. (Vara et al., 2020) underscored the nutritional value of raspberries, advocating for their inclusion in daily diets to glean essential nutrients and antioxidants. Additionally Cielecka-Piontek et al., (2020) unveiled the technique of incorporating freeze-dried raspberries into chocolate snacks, while (Kurzer et al., 2020) pioneered numerous dessert recipes featuring nuts, fruits, and berries, including raspberries.

Sea buckthorn stands out for its rich nutrient and bioactive compound content. (Wang et al., 2022) demonstrated the cardiovascular benefits, antidiabetic effects, and anti-obesity properties of sea buckthorn consumption. Moreover, (Ciesarová et al., 2020) affirmed its abundance in antioxidants, tannins, and ascorbic acid, while (Dong et al., 2022) highlighted its anti-inflammatory and skin healing attributes, along with its role in reducing cardiovascular disease risk. Furthermore,

(Nistor et al., 2020) devised a technology for crafting vegan ice cream infused with cherries, apples, lemon, and sea buckthorn.

Freeze-dried apples stand out for their high levels of ascorbic acid and polyphenols, boasting impressive antioxidant potential, as highlighted by (Dragomir et al., 2021). These findings prompted the development of a dessert technology incorporating hulled hemp seeds and apple powder, particularly in macarons.

Furthermore, (Altay et al., 2021) demonstrated that integrating fruit powders, such as apple powder, into dough formulations led to decreased moisture content in cakes.

Given the pronounced preventive and therapeutic effects of the aforementioned ingredients, they hold promise as raw materials for crafting health-oriented honey desserts. Consequently, further research aims to delineate the primary physicochemical parameters of these raw materials, paving the way for the formulation of recipes tailored to the creation of health-conscious honey desserts.

MATERIALS AND METHODS. The following materials were used: sunflower honey, pumpkin, dried apples, pumpkin solution, fenugreek solution, sesame solution, spirulina, sublimated raspberry berries, sea buckthorn, aqueous propolis extract, beebread, bee honey, sublimation of milk and royal jelly.

Quality and safety indicators of beekeeping products were determined using standardized methods specified in DSTU 4497:2005; DSTU 7074:2009; DSTU 3127–95; DSTU 4666:2006. Physicochemical parameters of dried pumpkin and pumpkin seeds were determined using standardized methods specified in TU U 10.3–41941689–001:2018, TU U 10.3–41941689–002:2019. The indicators of freeze-dried raspberries were determined using standardized methods specified in TU U 10.3–42888815–002:2019; sea buckthorn - in TU U 15,3–34838293–001:2009; fenugreek and sesame seeds - in TU U 10.8–3474701915–001:2023. Microbiological indicators were determined using standardized methods specified in DSTU 8446:2015; 8447:2015; DSTU EN 12824:2004. Radiological parameters were determined according to the methods specified in GN 6,6,1,1–130–2006. The content of pesticides was established in accordance with DSanPiN 8,8,1,2,3,4–000–2001.

The research was carried out in two repetitions, taking into account the standard errors, in the conditions of the laboratory of the Faculty of Food Technologies of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine and the laboratory of methods for assessing the quality and safety of beekeeping products National Science Center».

Results and discussion. The results of the organoleptic research of beekeeping products as components of health-improving honey desserts are shown in Table 1.

Table 1. Organoleptic assessment of beekeeping products as ingredients for the production of health dessert

Indicator	Characteristic				
	honey ¹	beebread ²	bee pollen ³	water extract of propolis ⁴	adsorbed royal jelly ⁵
Appearance	thick, viscous substance	hexagonal granules	lumps in the shape of a kidney	liquid	powder
Consistence	very viscous, dense	dense, solid	dense, not too hard	liquid	homogeneous, without lumps
Color	light yellow	dark yellow	yellow, green, brown	dark brown	light cream
Taste	sweet, pleasant	sweet and sour	tart, slightly sweet	bitter, astringent,	sour cream

				with a resinous aftertaste	
Scent	specific, pleasant, strong	bread, floral	floral	resinous, woody	pleasant, with a slight acidity
Signs of mold/fermentation	NF				

Notes: 1 – according to DSTU 4497:2005, sunflower honey was used; 2 – according to DSTU 7074:2009; 3 – according to DSTU 3127–95; 4 – TU U 15.8-30180024-009:2009; 5 – according to DSTU 4666:2006; NF – not found.

The organoleptic evaluation of beekeeping products allows us to draw the following conclusions. Honey can give the finished dessert thickness, viscosity, sweet taste, and a pleasant honey aroma. Beebread adds a grainy texture, a sour-sweet taste, and a smell with light floral notes. Beeswax also adds texture and a pleasant astringency with floral aromas. Water extract of propolis dilutes the texture, adds a bitter, slightly resinous taste and smell, and royal jelly increases the creaminess, adds a sour-creamy taste and aroma. Adding different beekeeping products to honey allows for changes in the tastes and aromas of ready-made desserts of different consistencies, which provides for an increase in the assortment and, accordingly, the product's attractiveness for consumers.

Table 2 shows the main physicochemical parameters of beekeeping products, which will be used as components in the development of recipes for the health-improving honey dessert.

Table 2. Basic physicochemical parameters of beekeeping products as ingredients for the production of health dessert

Indicator	Characteristic				
	honey ¹	beebread ²	bee pollen ³	water extract of propolis ⁴	adsorbed royal jelly ⁵
Moisture, %	18	5	10	90	3
Mass fraction of impurities, %	NF				
pH	3,5	4	4,5	4,6	ND
Flavonoid compounds, %	2,0	2,5	4,5	10	ND
Reducing sugars, %	85	ND			30
Mass fraction of crude protein, %	ND	30	25	ND	30
Lipids, %	ND				15
Mass fraction of sucrose, %	3	ND			2
HMF, mg/kg	5	ND			ND
Proline, mg/kg	300	ND			ND

Notes: 1 – according to DSTU 4497:2005, sunflower honey was used; 2 – according to DSTU 7074:2009; 3 – according to DSTU 3127–95; 4 – TU U 15.8-30180024-009:2009; 4 – according to DSTU 4666:2006; NF – not found, ND – not defined.

The basic physicochemical parameters of beekeeping products, which will be monitored during the production of honey desserts, include moisture, impurities, for all; pH and flavonoid compounds for honey, Beebread, honey, and water extract of propolis; reducing sugars for honey and royal jelly; mass fraction of raw protein for beebread, bee pollen and royal jelly; percentage of lipids only for royal jelly; mass fraction of sucrose for bee pollen and royal jelly; HMF and proline only for honey.

Control of safety indicators is a key factor when using beekeeping products and other natural components in honey desserts for health purposes. The health of consumers and their trust in the product depend on guaranteeing the safety of the ingredients. Tables 3–6 show the safety indicators of the ingredients of the future dessert.

All natural components used in such a dessert can be subject to microbiological contamination if they are not processed and stored properly. Microbiological safety controls help prevent the growth of harmful microorganisms such as bacteria, yeast, and mold that can cause food poisoning or product spoilage.

Also, natural ingredients may contain traces of chemicals such as pesticides, heavy metals, or other toxic elements. Chemical safety control ensures that these substances do not exceed maximum permissible levels and do not pose a risk to consumers.

Table 3. Safety indicators of beekeeping and berry products as ingredients for the production of health dessert

Indicator	Beekeeping products ¹	Berries ²
<i>microbiological</i> ³		
The number of mesophilic anaerobic and facultatively anaerobic microorganisms, CFU in 1 g, no more	2,0 × 10 ⁴	2,0 × 10 ⁴
Yeast, CFU in 1 g	40	5 × 10 ²
Mold mushrooms, CFU in 1 g	10	ND
<i>S. aureus</i> , <i>Sal. enterica</i>	NF	
<i>content of toxic elements, mg/kg</i> ⁴		
Lead, Cadmium, Arsenic, Mercury	NF	
<i>pesticide content, mg/kg</i> ⁴		
DDT, Hexachloran	NF	
<i>antibiotics (per dry matter)</i> ⁴		
Levomycetin, mg/kg	NF	ND
Nitrofurantoin, µg/kg	NF	ND
<i>radionuclides, Bq/kg</i> ⁵		
Cesium-137, Strontium-90	NF	

Note: 1 – honey, beebread, bee pollen, water extract of propolis, sublimated royal jelly; 2 – raspberry and sea buckthorn berries; 3 – according to DSTU 8446:2015; 8447:2015; 4 – DSanPiN 8,8,1,2,3,4–000–2001; 5 – GN 6,6,1,1–130–2006; ND – not defined; NF – not found.

Table 4. Safety indicators of fenugreek and sesame seeds and pumpkin as ingredients for the production of health dessert

Indicator	Seeds ¹	Pumpkin ²
<i>microbiological</i> ³		
The number of mesophilic anaerobic and facultatively anaerobic microorganisms, CFU in 1 g, no more	2×10^5	1×10^6
Mold mushrooms, CFU in 1 g	1×10^3	ND
<i>content of toxic elements, mg/kg</i> ⁴		

Lead, Cadmium, Arsenic, Mercury, Copper, Zinc	NF
<i>pesticide content, mg/kg⁴</i>	
DDT, Hexachloran, Bayleton, Phosphamide, Actellik, Treflan, Topaz, Karbofos	NF
<i>antibiotics (per dry matter)⁴</i>	
Levomycetin, mg/kg	NF
Nitrofurantoin, µg/kg	NF
<i>radionuclides, Bq/kg⁵</i>	
Cesium-137, Strontium-90	NF

Note: 1 – according to TU U 10.8–3474701915–001:2023; 2 – according to TU U 10.3–41941689–001:2018; 3 – according to DSTU 8446:2015; 8447:2015; 4 – DSanPiN 8,8,1,2,3,4–000–2001; 5 – GN 6,6,1,1–130–2006; ND – not defined; NF – not found.

Control of safety indicators is fundamental for the production of honey desserts for health purposes. Ensuring the microbiological, chemical, and technological safety of the ingredients ensures that the manufactured product will be safe for consumption and meet quality standards.

The use of different natural components that contain biologically active substances can help increase the nutritional value of the product, enhance the taste and aroma, provide an attractive color and texture, and increase the health effect. It should be noted that the use of different combinations of natural components contributes to the creation of an assortment of such desserts, which in turn expands the sales market, as well as the audience of consumption.

Tables 7–10 show the main indicators of the products that will be used in the development of different recipes for health-improving honey desserts.

Table 6. Main indicators of powder from dried pumpkin and apple ingredients for the production of health dessert

Indicator	Pumpkin*	Apple*
organoleptic		
Appearance	powder	powder
Color	from yellow-orange to brown	from pale yellow to light cream
Taste	sweet, specific, spicy	sweet, slightly sour
Scent	pumpkin-like aroma, without extraneous odors	apple-like aroma, without extraneous odors
physical and chemical		
Moisture, %	14	5
Mechanical impurities, %	NF	
nutritious and energetic value		
Proteins, %	11	2
Fats, %	1	1
Carbohydrates, %	49	85
Dietary fiber, %	22	4
kcal per 100 g.	297	322
kJ per 100 g.	1251	1361

* **Note:** according to – TU U 10.3–41941689–001:2018, TU U 10.3–41941689–002: 2019; NF – not found.

The authors (Ahmad et al., 2022) assessed the quality indicators of fenugreek seeds according to their antioxidant properties. The authors (Leichtweis et al., 2022) evaluated pumpkin quality indicators by the content of phenolic compounds. In the study (Dragomir et al., 2021), the assessment of the quality indicators of apples in the dessert was determined by the organoleptic indicators of the finished product and by the content of ascorbic acid and polyphenols. The authors (Arooj et al., 2023) determined indicators of the quality and safety of sesame seeds based on the content of bioactive lignans and calcium content. The authors (Li et al., 2024) evaluated the quality of vegetable milk based on pumpkin seeds using indicators of phenolic content and antioxidant activity. A study by (Sheikh et al., 2023) evaluated sesame as a component of sesame seed jelly using oleosome content and viscosity. The authors (Márquez et al., 2021) evaluated pumpkin quality indicators based on cellulose, solubility, and water-absorbing capacity.

Table 7. Main indicators of pumpkin seeds, fenugreek seeds, and sesame seeds as ingredients for the production of health dessert

Indicator	Pumpkin seeds ¹	Fenugreek seeds ²	Sesame seeds ³
organoleptic			
Texture	hard, not hard, slightly crispy	firm, not hard	firm, not hard
Color	creamy, greenish	light brown, yellow	light brown, dark brown
Taste	characteristic of a pumpkin, without bitterness	slightly bitter, with sweet notes	slightly nutty
Scent	pleasant, characteristic of a pumpkin	pleasant, sweet	characteristic of sesame
physical and chemical			
Moisture, %	6	12	10
Mechanical impurities, %	NF		
nutritious and energetic value			
Proteins, %	30	30	20
Fats, %	50	5	15
Carbohydrates, %	15	50	20
kcal per 100 g.	559	323	573
kJ per 100 g.	2340	1350	2398

Note: 1 – according to DSTU 5046:2008 2, 3 – according to TU U 10.8-3474701915-001:2023; NF – not found.

Table 8. Main indicators of sublimated raspberries, sea buckthorn and spirulina as ingredients for the production of health dessert

Indicator	Raspberry ¹	Sea buckthorn ²	Spirulina
<i>organoleptic</i>			
Appearance	powder	powder	powder
Color	red	yellow	green
Taste	sour-sweet, characteristic of raspberries	characteristic of sea buckthorn	grassy, without excessive bitterness
Scent	sweet, fruity, characteristic of raspberries	characteristic of sea buckthorn	fresh, slightly marine, grassy

physical and chemical			
Moisture, %	5	5	10
Mechanical impurities, %	NF		
nutritional and energy value per 100 g			
Proteins, g	8	5	70
Carbohydrates, g	79	27	10
Fats, g	4	14	20
kcal per 100 g.	333	183	315
kJ per 100 g.	1394	765	1319

Note: 1 – according to TU U 10.3–42888815–002:2019; 2 – according to TU U 15.3–34838293–001:2009; NF – not found.

Almeida, L et al. (2021) investigated the effect of spirulina on the pH values of food products. The authors (Baenas et al., 2020) carried out quality control and the content of soluble and insoluble fractions of dietary fiber of raspberries. In the study (Dong et al., 2021), the quality indicators of sea buckthorn berries were evaluated taking into account vitamin C, flavonoids, free fatty acids, and carotenoids. In the study (Papadimitriou et al., 2021), safety indicators were evaluated based on the content of cyanobacteria in spirulina. The authors (Lafarga et al., 2020) evaluated the quality and safety indicators of spirulina based on the content of bioactive pigments, such as chlorophylls, carotenoids, and phycobiliproteins. The authors (Papadimitriou et al., 2021) evaluated the safety of spirulina based on the content of cylindrospermopsin, saxitoxins, and microcystin.

CONCLUSIONS. Evaluating the quality and compatibility of raw materials for crafting recipes of honey-based health desserts using an array of ingredients stands as a pivotal stage in concocting a product that seamlessly blends taste with wellness benefits. Honey and bee products take center stage as primary ingredients, infusing sweetness and nutritional richness while defining the dessert's texture. Honey, renowned for its antimicrobial prowess, doubles as a preservative, extending the dessert's shelf life.

The process of freeze-drying plant-based ingredients serves to safeguard their nutrients, hues, and flavors. Opting for freeze-dried raw materials ensures their potency in terms of vitamins, antioxidants, and other vital nutrients, alongside facilitating convenient transportation and prolonged storage. Among the vegetable components, dried pumpkin, apple, spirulina, freeze-dried raspberries, and sea buckthorn were carefully selected. Spirulina emerges as a potent reservoir of proteins, vitamins, minerals, and antioxidants, rendering it a prized addition to honey-infused desserts tailored for health-conscious consumers. Its incorporation not only lends a distinctive hue to the dessert but also amplifies its nutritional profile while imparting notable health advantages.

In our selection for dessert ingredients, we opted for pumpkin, fenugreek, and sesame seeds. These seeds contribute a wealth of nutritious proteins, wholesome fats, fiber, and essential minerals to the desserts, enriching both their texture and flavor with an added crunchy element.

When assessing raw materials for formulating recipes of honey-based health desserts, we prioritized several factors. These include ensuring microbiological safety, absence of pesticide residues and heavy metals, adherence to organoleptic and physicochemical standards, as well as evaluating their nutritional and energy values.

References

Ahmad, Z., Ilyas, M., Ameer, K., Khan, M. A., Waseem, M., Shah, F. U. H., Mehmood, T., Rehman, M. A. & Mohamed Ahmed, I. A. (2022). The influence of fenugreek seed powder addition

on the nutritional, antioxidant, and sensorial properties of value-added noodles. *Journal of Food Quality*, 2022, 4940343. doi:10.1155/2022/4940343.

Ali, B. A. T. U., & BATU, H. S. (2020). The place of sesame and tahini in Turkish gastronomy. *Aydın Gastronomy*, 4(2), 83–100.

Almeida, L. M. R., da Silva Cruz, L. F., Machado, B. A. S., Nunes, I. L., Costa, J. A. V., de Souza Ferreira, E., Lemos, P. V. F., Druzian, J. I., & de Souza, C. O. (2021). Effect of the addition of *Spirulina* sp. biomass on the development and characterization of functional food. *Algal Research*, 58, 1835-1864. 102387. doi:10.1016/j.algal.2021.102387.

Altay, K. E., Koç, G. Ç., & Dirim, S. N. (2021). The effect of freeze dried fruit powders on some of the physicochemical properties of the layer cake. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 27(7), 813–819.

Alu'datt, M. H., Rababah, T., Al-ali, S., Tranchant, C. C., Gammoh, S., Alrosan, M., Kubow S., Tan T. C., & Ghatasheh, S. (2024). Current perspectives on fenugreek bioactive compounds and their potential impact on human health: A review of recent insights into functional foods and other high value applications. *Journal of food science*, 89. doi:10.1111/1750-3841.16970

Antoniv A. D., Adamchuk L. O., Lisohurska D. V., Pylypko K. V. (2023). Development of the recipe of wheat bread with the addition of bee pollen from phacelia. *Scientific and production journal "Beekeeping of Ukraine"*, 1(9), 7-15. <https://doi.org/10.46913/beekeepingjournal.2022.9.01>

Arooj, A., Rabail, R., Naeem, M., Goksen, G., Xu, B., & Aadil, R. M. (2023). A comprehensive review on bioactive components of sesame seeds and their impacts on bone health. *Food & Function*, 14, 4966-4980

Baenas, N., Nunez-Gomez, V., Navarro-Gonzalez, I., Sanchez-Martinez, L., Garcia-Alonso, J., Periago, M. J., & Gonzalez-Barrio, R. (2020). Raspberry dietary fibre: Chemical properties, functional evaluation and prebiotic in vitro effect. *LWT*, 134, 110140. doi:10.1016/j.lwt.2020.110140

Bali, S., Singh, R., & Usman, A. (2023). Pumpkin Halwa Pudding: Not Just Dessert, A Bioactive Powerhouse to Boot as Well. *Curr Res Cmpl Alt Med*, 7(219), 2577–2201. doi: 10.29011/2577-2201.100219

Balkanska, R., & Shumkova, R. (2022). Preliminary study of antioxidant activity of polyfloral and sunflower honey from Bulgaria. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 28(4), 764.

Cielecka-Piontek, J., Dziedziński, M., Szczepaniak, O., Kobus-Cisowska, J., Telichowska, A., & Szymanowska, D. (2020). Survival of commercial probiotic strains and their effect on dark chocolate synbiotic snack with raspberry content during the storage and after simulated digestion. *Electronic Journal of Biotechnology*, 48, 62–71. Doi:10.1016/j.ejbt.2020.09.005.

Ciesarová, Z., Murkovic, M., Cejpek, K., Kreps, F., Tobolková, B., Koplík, R., Belajová, E., Kukurová, K., Daško, L., Panovská, Z., Revenco D., & Burčová, Z. (2020). Why is sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) so exceptional? A review. *Food Research International*, 133, doi:10.1016/j.foodres.2020.109170.

Cinar, A., Altuntas, S., & Altuntas, V. (2021). The addition of royal jelly to dairy probiotic dessert produced with predictive microbiology: Influence on physicochemical, rheological, microbial and sensorial properties. *LWT*, 146, doi:10.1016/j.lwt.2021.111444.

Collazo, N., Carpena, M., Nuñez-Estevez, B., Otero, P., Simal-Gandara, J., & Prieto, M. A. (2021). Health promoting properties of bee royal jelly: *Food of the queens*. *Nutrients*, 13(2), 543. doi:10.3390/nu13020543

Da Silva, H. P. M., Selani, M. M., Saldaña, E., Miyasaki, E. K., Melo, P. S., Patinho, I., & Domingues, M. A. F. (2024). Bee pollen as a functional ingredient in bread: an exploratory study based on attitudes and expectations of Brazilian consumers. *Scientia Agropecuaria*, 15(1), 55–63. doi:10.17268/sci.agropecu.2024.005.

Dong, K., Binosha Fernando, W. M., Durham, R., Stockmann, R., & Jayasena, V. (2023). Nutritional value, health-promoting benefits and food application of sea buckthorn. *Food Reviews International*, 39(4), 2122–2137. doi: 10.1080/87559129.2021.1943429.

Dragomir, N., Stan, A., Ion, V. A., Nicolae, C. G., Bujor–Neniță, O. C., BORDEI, I. Ș., Frîncu, M., Petre, A., Dobrin, A., & Bădulescu, L. (2021). Product development of organic macarons enriched with freeze dried apple powder. *Scientific Papers. Series D. Animal Science*, 64(2).

Emin Duru, M., Eroğlu, B., Tel-Çayan, G., Taş-Küçükaydın, M., Küçükaydın, S., Çayan, F., & Ceylan, Ö. (2023). HPLC-DAD Analysis and Versatile Bioactivities of Turkish Sunflower Honey Using Chemometric Approaches. *Chemistry & Biodiversity*, 20(6), doi:10.1002/cbdv.202300486.

Hassan, A. A. M., Elenany, Y. E., Nassralah, A., Cheng, W., & Abd El–Maksoud, A. A. (2022). Royal jelly improves the physicochemical properties and biological activities of fermented milk with enhanced probiotic viability. *Lwt*, 155, 112912. doi:10.1016/j.lwt.2021.112912.

Kabakci, D. (2023). Comparison of some biological activities of propolis and bee bread samples obtained from *Apis mellifera* Anatoliaca and its Muğla and Efe ecotypes. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 74(4), 6449–6460. doi:10.12681/jhvms.30859

Kamboj, R., Sandhu, R. S., Kaler, R. S. S., Bera, M. B., & Nanda, V. (2019). Optimization of process parameters on hydroxymethylfurfural content, diastase and invertase activity of coriander honey. *Journal of food science and technology*, 56, 3205–3214.

Karli, A. A., & Banu, K. O. Ç. (2023). The Use of Pumpkin and Melon Seeds Milk in The Field of Gastronomy. *Food Health and Technology Innovations*, 6(12), 475–482.

Kaur, S., Panghal, A., Garg, M. K., Mann, S., Khatkar, S. K., Sharma, P., & Chhikara, N. (2020). Functional and nutraceutical properties of pumpkin—a review. *Nutrition & Food Science*, 50(2), 384–401.

Kurzer, A., Spencer, M., Cienfuegos, C., & Guinard, J. X. (2020). The Dessert Flip: Consumer preference for desserts with a high proportion of fruit and nuts. *Journal of food science*, 85(11), 3954–3968. doi:10.1111/1750-3841.15462.

Lafarga, T., Fernández–Sevilla, J. M., González–López, C., & Acien–Fernández, F. G. (2020). Spirulina for the food and functional food industries. *Food Research International*, 137, 109356. doi:10.1016/j.foodres.2020.109356

Leichtweis, M. G., Molina, A. K., Pires, T. C., Dias, M. I., Calhelha, R., Bachari, K., Ziani, B. E., Oliveira, B. P., Pereira, C., & Barros, L. (2022). Biological activity of pumpkin byproducts: Antimicrobial and antioxidant properties. *Molecules*, 27(23), 8366. doi:10.3390/molecules27238366.

Li, M., Luo, J., Nawaz, M. A., Stockmann, R., Buckow, R., Barrow, C., ... & Rasul Suleria, H. A. (2024). Phytochemistry, bioaccessibility, and bioactivities of sesame seeds: An overview. *Food Reviews International*, 40(1), 309–335. doi:10.1080/87559129.2023.2168280.

Li, Q., Zhang, W., Zhou, E., Tao, Y., Wang, M., Qi, S., Zhao, L., Tan, Y., & Wu, L. (2023). Integrated microbiomic and metabolomic analyses reveal the mechanisms by which bee pollen and royal jelly lipid extracts ameliorate colitis in mice. *Food Research International*, 171, 113069. doi:10.1016/j.foodres.2023.113069.

Liaudanskas, M., Kubilienė, L., Žvikas, V., & Trumbeckaitė, S. (2021). Comparison of Ethanolic and aqueous–polyethylenglycolic propolis extracts: Chemical composition and antioxidant properties. *Evidence–Based Complementary and Alternative Medicine*, 2021, 1–7. doi:10.1155/2021/5557667.

Márquez–Cardozo, C. J., Cabalero–Gutiérrez, B. L., Ciro–Velázquez, H. J., & Restrepo–Molina, D. A. (2021). Effect of pretreatment and temperature on the drying kinetics and physicochemical and techno–functional characteristics of pumpkin (*Cucurbita maxima*). *Heliyon*, 7(4), 1–7.

Medeiros, S. R. A., Oliveira, V. A. D., Oliveira, A. M. C. D., Araujo, M. L. H., Feitosa, J. P. D. A., Paula, R. C. M. D., Sousa, F. D. D., Moreira, A. C. D. O. M., Beserra, F. J., & Moreira, R. D. A. (2020). Caesalpinia pulcherrima seed galactomannan on rheological properties of dairy desserts. *Ciência Rural*, 50. doi:10.1590/0103-8478cr20190176.

- Nistor, O., Pohrib, E., Mocanu, G., Constantin, O., & Ceclu, L. (2020). An overview on the earliest representative of today vegan and vegetarian ice cream. *J. Agroaliment. Process. Technol.*, 26(4), 281–286.
- Papadimitriou, T., Kormas, K., & Vardaka, E. (2021). Cyanotoxin contamination in commercial Spirulina food supplements. *Journal of Consumer Protection and Food Safety*, 16(3), 227–235.
- Petridis, A., Petridis, D., & Dimitreli, G. (2020). A novel dairy fermented frozen dessert with honey and pomegranate juice: physicochemical, rheological and sensory properties. *Journal of Food Research*, 9(6), 52–66. doi:10.5539/jfr.v9n6p52.
- Pokajewicz, K., Lamaka, D., Hudz, N., Adamchuk, L., & Wieczorek, P. P. (2024). Volatile profile of bee bread. *Scientific Reports*, 14(1), 6870.
- Rakhymzhanova, A. (2020). Receiving desserts without sugar on the basis of vegetable raw materials. *Black Sea Science*, 15, 108–113.
- Şahin, B. (2021). Can sunflower honey have a protective effect against Alzheimer's disease?. *Journal of Ongoing Chemical Research*, 6(1), 6–9.
- Sheikh, F., Hasani, M., Kiani, H., Asadollahzadeh, M. J., & Sabbagh, F. (2023). Enhancing rheological and textural properties of gelatin-based composite gels through incorporation of sesame seed oleosome–protein fillers. *Gels*, 9(10), 774. doi:10.3390/gels9100774.
- Szydłowska, A., Zielińska, D., & Kołożyn–Krajewska, D. (2022). Effect of Pumpkin Cultivar on the Selected Quality Parameters of Functional Non–Dairy Frozen Desserts. *Applied Sciences*, 12(16), 8063. doi:10.3390/app12168063.
- Tahmaz, J., Mujić–Dovadžija, S., Begić, M., Oručević Žuljević, S., Jurković, J., & Alkić–Subašić, M. (2020, June). Determination of Quality Parameters of Dehydrated Carbohydrate Based Baby Food. In Central European Congress on Food (pp. 1–13). Cham: Springer International Publishing.
- Vara, A. L., Pinela, J., Dias, M. I., Petrović, J., Nogueira, A., Soković, M., Ferreira, I. C., & Barros, L. (2020). Compositional features of the “Kweli” red raspberry and its antioxidant and antimicrobial activities. *Foods*, 9(11), 1522. doi:10.3390/foods9111522.
- Vinayashree, S., & Vasu, P. (2021). Biochemical, nutritional and functional properties of protein isolate and fractions from pumpkin (*Cucurbita moschata* var. Kashi Harit) seeds. *Food Chemistry*, 340, 128177. doi:10.1016/j.foodchem.2020.128177.
- Wang, K., Xu, Z., & Liao, X. (2022). Bioactive compounds, health benefits and functional food products of sea buckthorn: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(24), 6761–6782. doi:10.1080/10408398.2021.1905605.

Отримано в редакцію 18.03.2024 р., прийнято до публікації 15.04.2024 р.

УДК 664:638.167-178

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2024.77>**ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ SOUS VIDE У ВИРОБНИЦТВІ М'ЯСНИХ СНЕКІВ****Антонів Артем Дмитрович*,**

Здобувач ступеня доктора філософії,

<https://orcid.org/0000-0002-6614-4248>,

Національний університет біоресурсів і природокористування України,

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

Анотація. *Всі основні новації щодо виробництва харчових продуктів сформовані на основі потреб споживачів та вимог ринку, який постійно розвивається. Так, зростаюча обізнаність населення про здоров'я і благополуччя, а також попит на свіжі, готові до вживання продукти зі збільшеним терміном придатності призвели до необхідності збереження натуральних поживних речовин і смакових якостей. Одним з вирішенням цього завдання є застосування технології sous vide у виробництві м'ясних продуктів завдяки збереженню основних показників якості продукції, високих органолептичних властивостей та можливості подовжити термін зберігання. Метою проведеного дослідження було визначити можливість застосування технології sous vide у виробництві м'ясних снєків з використанням продукції бджільництва. Під час роботи застосовували органолептичні та фізико-хімічні методи дослідження, з поміж яких визначали вміст вологи, жиру, білка, солі, зовнішній вигляд, колір, текстуру, смак та запах. Також було визначено загальні втрати від термічного оброблення та окремо втрати після варіння та сушіння. Виробництво снєків здійснювали за двома способами, основним відмінністю було маринування вже звареного м'яса в одному способі та варіння в маринаді іншого. Отримані результати свідчать про можливість та доцільність використання технології sous vide у виробництві м'ясних снєків з використанням продукції бджільництва. Адже готовий продукт характеризується приємним смаком та запахом, хрусткою текстурою, гарним зовнішнім виглядом, вміст жиру є низьким, а вміст білка високим. Вміст солі не перевищує рекомендовані норми. Кінцеві втрати сировини за виробництва різними способами м'ясних снєків суттєво не відрізнялися. За результатом органолептичного оцінювання комплексом показників перевагу отримав спосіб 2. Відповідно для наступних досліджень було прийнято рішення використовувати зразки вироблені саме за способом 2. За результатами дослідження розроблено технологічну схему виробництва м'ясних снєків з використанням продукції бджільництва із застосуванням технології sous vide. Результати дослідження будуть корисними виробникам та підприємцям харчової промисловості з виробництва м'ясних продуктів, зокрема спеціалізованого харчування. Також їх можна використовувати під час оптимізації виробництва, удосконалення технологій, застосування сучасних методів оброблення сировини та задоволення потреб споживачів.*

Ключові слова: *куряче філе, продукти бджільництва, контроль якості, фізико-хімічні показники, органолептичне оцінювання, текстура.*

***Науковий керівник:** *Адамчук Леонора Олександрівна, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Національний науковий центр «Інститут бджільництва імені П. І. Прокоповича», м. Київ, Україна.*

UDC 664:638.167-178

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2024.77>

APPLICATION OF SOUS VIDE TECHNOLOGY IN THE PRODUCTION OF MEAT SNACKS

Artem Antoniv*,

applicant for higher education with the degree of Doctor of Philosophy,

<https://orcid.org/0000-0002-6614-4248>,

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,

03041, Heroiv Oborony Street, 15, City of Kyiv, Ukraine.

Abstract. All major innovations in food production are formed based on consumer needs and market demands, which are constantly evolving. The increasing awareness of the population about health and well-being, as well as the demand for fresh, ready-to-eat products with extended shelf life, have led to the necessity of preserving natural nutrients and flavor qualities. One of the solutions to this task is the application of sous vide technology in the production of meat products, due to the preservation of key quality indicators, high organoleptic properties, and the ability to extend shelf life. The aim of the conducted research was to determine the possibility of applying sous vide technology in the production of meat snacks using bee products. Organoleptic and physicochemical research methods were applied, including the determination of moisture, fat, protein, salt content, appearance, color, texture, taste, and aroma. General losses from thermal processing and losses after boiling and drying were also determined. Snack production was carried out by two methods, with the main differences being the marinating of already cooked meat in one method and boiling in marinade in the other. The obtained results indicate the possibility and expediency of using sous vide technology in the production of meat snacks using bee products. As the finished product is characterized by a pleasant taste and aroma, crispy texture, good appearance, low fat content, and high protein content. The salt content does not exceed recommended norms. The final losses of raw materials from the production of meat snacks by different methods did not significantly differ. As a result of organoleptic evaluation, method 2 was preferred. Accordingly, for further research, the decision was made to use samples produced specifically by method 2. Based on the research results, a technological scheme for the production of meat snacks using bee products with the application of sous vide technology was developed. The research results will be useful for food industry manufacturers and entrepreneurs involved in the production of meat products, especially specialized nutrition. They can also be used in production optimization, technology improvement, application of modern raw material processing methods, and meeting consumer needs.

Keywords: chicken fillet, bee products, quality control, physicochemical indicators, organoleptic evaluation, texture.

***Scientific supervisor:** Leonora Adamchuk, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, National Science Center «P. I. Prokopovich Institute of Beekeeping», Kyiv, Ukraine.

ВСТУП. Виробництво м'ясних снєків має великий потенціал в сучасних умовах життя. М'ясні снєки можна використовувати в раціонах харчування спортсменів і туристів, військовослужбовців, вони не потребують спеціальних умов зберігання, мають високі органолептичні, структурно-механічні властивості та є продуктами з підвищеною харчовою та енергетичною цінностями. Використання продуктів бджільництва в складі м'ясних снєків дає змогу поширювати їхнє застосовування у харчових технологіях, збільшуючи різноманітність м'ясних продуктів та покращуючи їхню біологічну цінність.

За технологією *sous vide* продукт готується у вакуумній упаковці застосовуючи температуру в межах від 65° до 96° С, що забезпечує рівномірний розподіл тепла, з додаванням інших допоміжних складників (соус-спеції) або без них. Çöl et. al (2018) зазначають, що після приготування його можна зберігати впродовж тривалого часу дотримуючись температури 1°–4° С та за умов швидкого охолодження після варіння. Також, як зазначають науковці, у продуктах приготованих за цією технологією зменшується розвиток окислювальних та аеробних бактерій, в тому числі завдяки вакуумній упаковці і загалом такі продукти є захищеними від швидкого мікробного забруднення. Також, використання цього методу дає змогу зменшити втрати вологи, поживних речовин, а також гальмує окисні зміни через приготування під вакуумом. Крім того, як зазначають Kehlet et. al (2017) та Stringer and Metris (2018), ця технологія інгібує аеробні бактерії і є досить ефективною для запобігання повторного забруднення попередньо заморожених продуктів. Таким чином через застосування *sous vide* у виробництві харчових продуктів автори подовжили їхній термін придатності під час зберігання. Задля максимального знищення мікроорганізмів під час виробництва харчових продуктів з використанням технології *sous vide*, Onyeaka et. al (2020) рекомендують поєднувати виробництво продукції з додатковими технологічними процесами. Автори зазначають, що застосування *sous vide* покращує якість, поживність і термін зберігання харчових продуктів.

За даними Bailey (2018), вакуум всередині упаковки має вирішальне значення для обробки сировини. Адже, зникає бар'єр між середовищем для приготування та продуктом, який призводить до нерівномірного та більш непостійного термічного процесу.

Cui et. al (2021) підтверджують переваги *sous vide* в точному регулюванні температури під час приготування продуктів та покращенні якості, кольору, смаку та поживної цінності їжі. Водночас, автори вказують на проблеми та перспективи цієї технології виробництва харчових продуктів, до яких відноситься використання в масштабних промислових умовах, контролювання знищення патогенних мікроорганізмів тощо. Дослідження Choi and Shin (2020) в Кореї також виявили, що компанії масового виробництва харчових продуктів не використовують *sous vide*, зазвичай таке виробництво здійснюється малими та середніми підприємствами, які займаються спеціалізованим виробництвом та конкретними замовленнями. Але детальний огляд літератури показав, що ринок у Кореї демонструє значний потенціал для подолання насичення ринку продуктами виробленими за допомогою *sous vide*.

Однією з вагомих переваг застосування технології *sous vide* під час виробництва продукції, як зазначають Kathuria et. al (2022), на відміну від інших традиційних методів термічного оброблення, є отримання вищих поживних та сенсорних характеристик, а також запобігання прямому контакту їжі з киснем, що також описано в праці Iborra-Bernad et al. (2014). Різні дослідники, зокрема і Clausen, et. al (2018) стверджували, що такий спосіб оброблення дає змогу покращити харчову якість продукту за рахунок покращених текстурних і поживних характеристик, додатково до підвищення засвоюваності організмом людини.

Враховуючи актуальність та значні переваги застосування технології *sous vide* в харчових технологіях, метою цієї роботи було поєднати її з технологією виробництва м'ясних снєків з використанням продукції бджільництва.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ. Для виробництва м'ясних снєків з продукцією бджільництва використовували куряче філе, соняшниковий мед, водну витяжку прополісу, бджолине обніжжя, а також кухонну сіль, перець чорний мелений та соєвий соус. Для контрольних зразків продукти бджільництва у складі снєків не використовували.

Виробництво м'ясних снєків з використанням продукції бджільництва із застосуванням технології sous vide здійснювати двома способами:

1. Куряче філе очищали від жиру, плівок та залишків хрящової тканини. Поміщати в полімерні пакети, вакуумували та варили за технологією sous vide за температури 73–74° С впродовж 60 хв до температури в товщі м'яса не менше 70° С. Після цього м'ясо охолоджували, нарізали на шматки товщиною 5–7 мм, маринували в попередньо підготовленому маринаді не менше 1,5–2 год за кімнатної температури, викладали на решітчасті листи та поміщали в попередньо нагрітий дегідратор за температури 55° С на 6 год для висушування.

2. Куряче філе очищали від жиру, плівок та залишків хрящової тканини. Для маринаду змішували всі компоненти разом та перемішували до розчинення всіх складників. Потім м'ясо з маринадом поміщали в полімерні пакети, вакуумували та варили за технологією sous vide за температури 73–74° С впродовж 60 хв до температури в товщі м'яса не менше 70° С. Після цього м'ясо охолоджували, нарізали на шматки товщиною не більше 5 мм, викладали на решітчасті листи та поміщали в попередньо нагрітий дегідратор за температури 55° С на 6 год для висушування.

Готові м'ясні снєки досліджували за фізико-хімічними показниками, а саме визначали вміст вологи (проводили висушування до постійної маси за температури 103°С ± 2° С (DSTU ISO 1442:2005, 2007); масову частку білка (за методом К'єндаля, де на першому етапі проводили мінералізацію органічних сполук в дослідних зразках, а далі визначали вміст азоту за кількістю утвореного аміаку за допомогою титрування (DSTU ISO 937:2005); масову частку жиру (за методом Сокслета, який базується на екстракції жиру розчинником з висушеної наважки продукту і з подальшим видаленням розчинника (DSTU ISO 1443:2005, 2007); вміст солі (зразки подрібнювали до фаршоподібного стану, наважку 3 г поміщали в колбу і доливали 100 мл води; далі поміщали на віброструшувач на 30–40 хв, після чого фільтрували, додавали індикатор (хромат калію) та титрували AgNO₃ до появи червоно-оранжевого забарвлення). Ступінь готовності м'яса визначали за допомогою вимірювання температури в товщі м'яса (DSTU 3143:2013, 2013). Додатково проводили органолептичне дослідження за 5 бальною шкалою, де оцінювали зовнішній вигляд, колір, текстуру, смак та запах. Проводили визначення втрат під час варіння, сушіння та загальні втрати у порівнянні до маси сировини та готового продукту.

Отримані результати піддавали статистичній обробці з використанням вбудованих функцій Microsoft Excel 365.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ. Для виготовлення м'ясних снєків з продукцією бджільництва та проведення подальших досліджень використовували сировину з показниками, які наведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Харчова цінність основної сировини на 100 г для виробництва м'ясних снєків

Показник/назва сировини	Філе куряче ¹	Мед соняшниковий ²	Водна витяжка прополісу ³	Бджолине обніжжя ⁴	Соєвий соус ⁵
Жири, г з них насичені	не більше 4,5 1,14	0	0,02	0,74	0
Вуглеводи, г	0	80,3	25,07	49,3	16,2

з них природні цукри		74,6			
Білки, г	не менше ніж 19,51	0,8	0,48	23	2,1
Харчова цінність, ккал	119	324	100,28	296	73

Примітка: інформація надана виробниками згідно з 1 – ТУ У 10.1-00851376-001:2014; 2 – ДСТУ 4497:2005; 3 – ТУ У 15.8-30180024-009:2009; 4 – ДСТУ 3127-95; 5 – ТУ У 15.8-30511780-002:2009.

Наведені дані в таблиці 1 дають змогу оцінити якість сировини, що використовується у виробництві м'ясних снєків та в подальшому контролювати якість готового продукту. Також, вказана інформація дає змогу розробляти збалансовані рецептури м'ясних продуктів, що відповідатимуть потребам споживачів. Це особливо важливо для таких продуктів, як м'ясні снєки, адже їх можна використовувати в спеціалізованому харчуванні. Окрім того, розуміння харчової цінності сировини дає змогу створювати продукти, що сприятимуть збалансованому харчуванню. Це важливо для попередження хронічних захворювань, пов'язаних з харчуванням, таких як ожиріння, діабет, серцево-судинні захворювання (Wang et. al, 2020; Mattioli et. al, 2020; Yang et. al, 2020). Враховуючи знання щодо харчової цінності сировини, можна також оптимізувати процеси виробництва, підбираючи потрібні інгредієнти та способи оброблення для досягнення бажаної якості продукту. Окрім того, інформація про харчову цінність дає змогу використовувати сировину ефективніше, мінімізуючи відходи та знизити витрати, що сприяє підвищенню рентабельності виробництва. Загалом, інформація про харчову цінність сировини є важливою під час виробництва м'ясних продуктів, адже її використання дає змогу контролювати якість, безпечність, законодавчу відповідність, здоров'я споживачів та економічну ефективність виробництва.

Першим етапом дослідження готового продукту було проведення органолептичного оцінювання. Так на рисунках 1 і 2 представлено профілограми органолептичного оцінювання м'ясних снєків вироблених за способом 1 і 2 відповідно.

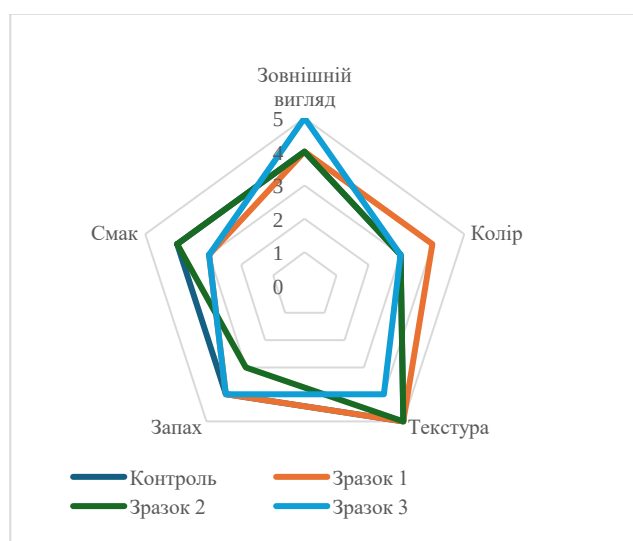


Рисунок 1. Профілограма органолептичного оцінювання м'ясних снєків вироблених за способом 1

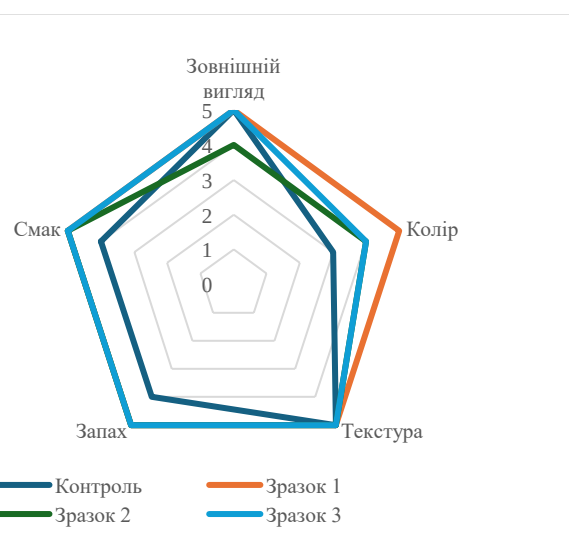


Рисунок 2. Профілограма органолептичного оцінювання м'ясних снєків вироблених за способом 2

Враховуючи результати органолептичного оцінювання (рис. 1), маринування вже вареного м'яса за технологією *sous vide* має низку недоліків (спосіб 1). Так, неможливо повністю розподілити маринад на м'ясі, адже воно відразу його вбирає в себе, та залишаються непокриті ділянки, що негативно впливає на смак. Відповідно, встановлено також нерівномірний колір шматків м'яса, що впливає і на зовнішній вигляд. Маринування після варіння (спосіб 1) подовжує загальний час технологічного процесу і потребує забезпечення додаткових умов – ємності для маринування, відведення додаткового місця для маринування, контролювання процесу тощо. Як видно з рис. 2, додавання маринаду до м'яса в пакети для варіння і подальше вакуумування, дає змогу отримати продукт збалансований за всіма органолептичними показниками. Маринад під час приготування проникає в м'ясо під вакуумом, що підсилює смакові якості. Це також створює умови для кращого вбирання ароматів та складників з маринаду курячим філе, й у подальшому отримати інтенсивний та рівномірний смак. Додавання продуктів бджільництва також забезпечує отримання високих органолептичних показників, у порівнянні з контролем (рис. 2). Значною перевагою виробництва м'ясних снєків за способом 2 є скорочення витратити часу на процес маринування, й відповідно – загального на виробництво. Окрім того, продукт, який поміщали у вакуумне пакування, можливо зберігати після варіння до продовження технологічного процесу. Це дає змогу мінімізувати мікробіологічне забруднення та зберегти властивості напівфабриката. Тому, враховуючи результати органолептичного оцінювання, було визначено перевагу способу 2, а отримані зразки використовували у подальших дослідженнях.

Приготування м'яса за технологією *sous vide* забезпечує точний контроль температури, що гарантує рівномірне приготування м'яса. Напівфабрикат отримували ніжний, соковитий і має однорідну текстуру без пересушених або недоварених ділянок. Подальше конвективне сушіння м'яса в дегідраторі призводить до отримання крихкої консистенції готового продукту, який не потребує додаткових зусиль для пережовування. Також, приготування за низької температури у дегідраторі зменшує втрату важливих поживних речовин, вітамінів та мікроелементів, що часто трапляється під час традиційних методів приготування.

М'ясні снєки виготовлені за способом 2 досліджували за фізико-хімічними показниками: вміст вологи, жиру, білка та солі. Результати дослідження представлені в таблиці 2.

Таблиця 2. Фізико-хімічні показники м'ясних снєків (n=6)

Показник	Вміст, %			
	волога	жир	білок	сіль
$X \pm \sigma$	19,26	1,85	54,16	2,21
$C_v, \%$	5,54	5,68	1,54	7,62
$\Delta, \%$	1,07	0,10	0,84	0,16

Примітка: X – середньоарифметичне значення; Δ – похибка вимірювання; C_v – коефіцієнт варіації.

У готовому продукті контролюють показники, які зазначені в таблиці 2. Так, визначення вмісту вологи дає змогу контролювати тривалість висушування м'ясних снєків, та є одним з якісних показників встановлення готовності продукту. За інформацією щодо вмісту жиру, контролюють термін придатності. Адже чим менший його вміст, тим повільніше відбуватимуться процеси окиснення і, відповідно, псування (Zhu et. al 2022; Bozhko et. al 2022). Вміст білка вказує на біологічну цінність продукту. Вживання високобілкових продуктів позитивно впливає на організм людини та такий продукт може використовуватися в спеціалізованому харчуванні (Smith-Ryan et. al 2020; Antoniak et. al 2022). Для забезпечення високої якості м'ясних снєків необхідно також контролювати вміст солі в готовому продукті. Адже понаднормовий рівень солі шкідливо впливатиме як на смакові властивості снєків, так і на організм людини. Отримані дані дослідження (табл. 2), дають підставу стверджувати

придатність продукту для спеціалізованого харчування, завдяки високому вмісту білка та нормовану кількість солі, а також стабільність до його зберігання зумовлений низьким вмістом води та жиру.

Важливо було також визначити втрати під час виробництва м'ясних снєків з використанням продукції бджільництва. Так, втрати визначали після варіння sous vide до маси сирого напівфабриката, втрати після сушіння до маси вареного напівфабриката та загальні втрати від маси готового продукту до маси сирого напівфабриката (табл. 3).

Таблиця 3. Втрати під час виробництва м'ясних снєків із застосуванням технології sous vide

Показник	Спосіб 1	Спосіб 2
Втрати після варіння		
$X \pm \sigma$	19,85	24,15
$C_v, \%$	3,21	2,64
$\Delta, \%$	0,64	0,64
Втрати після сушіння		
$X \pm \sigma$	61,55	62,75
$C_v, \%$	1,72	1,24
$\Delta, \%$	1,06	0,78
Загальні втрати під час виробництва		
$X \pm \sigma$	69,25	71,80
$C_v, \%$	1,53	1,18
$\Delta, \%$	1,06	0,85

Примітка: X – середньоарифметичне значення; Δ – похибка вимірювання; C_v – коефіцієнт варіації.

Порівнюючи дані з таблиці 3, видно, що варіння в маринаді за способом 2 має вищі втрати маси у порівнянні з варінням за способом 1. Вже після сушіння показник втрат вирівнюється і різниця становить лише 1,2 %, а враховуючи похибку вимірювання, то ще менше. Загальні втрати маси за виробництва м'ясних снєків з використанням технології sous vide за способом 1 становлять на 2,55 % менше у порівнянні зі способом 2. Загалом, порівнюючи коефіцієнти варіації та похибки вимірювання, можна зробити висновки, що спосіб виробництва 2 є збалансованішим незважаючи на незначні більші втрати і за відпрацювання технології можна досягнути кращих результатів, тобто зниження показники загальних втрат.

Під час відпрацювання технології sous vide необхідно було визначити час та температуру варіння м'яса. Основним завданням було отримати готове м'ясо з температурою в товщі не менше 70° C. Так, для порівняння досліджували декілька температурних режимів та часу варіння. За температури 70° C продовж 30 хв, температура в товщі м'яса становила лише 58° C $\pm 0,8^\circ$ C; за цієї ж температури, але впродовж 60 хв варіння, максимальна температура в товщі м'яса становила вже 67° C $\pm 1,1^\circ$ C. Коли температуру варіння підняли до 75° C і варили впродовж 60 хв, то температура в товщі м'яса становила в межах від 71,3 (в найтовстіших шматках м'яса) до 73,7° C. Відповідно, було встановлено, що для отримання необхідного результату необхідно застосовувати такі параметри варіння: температура 75° C, час 60 хв.

Враховуючи різні аспекти технологічного процесу виробництва м'ясних снєків з використанням продукції бджільництва було розроблено технологічну схему виробництва, яка представлено на рисунку 3.

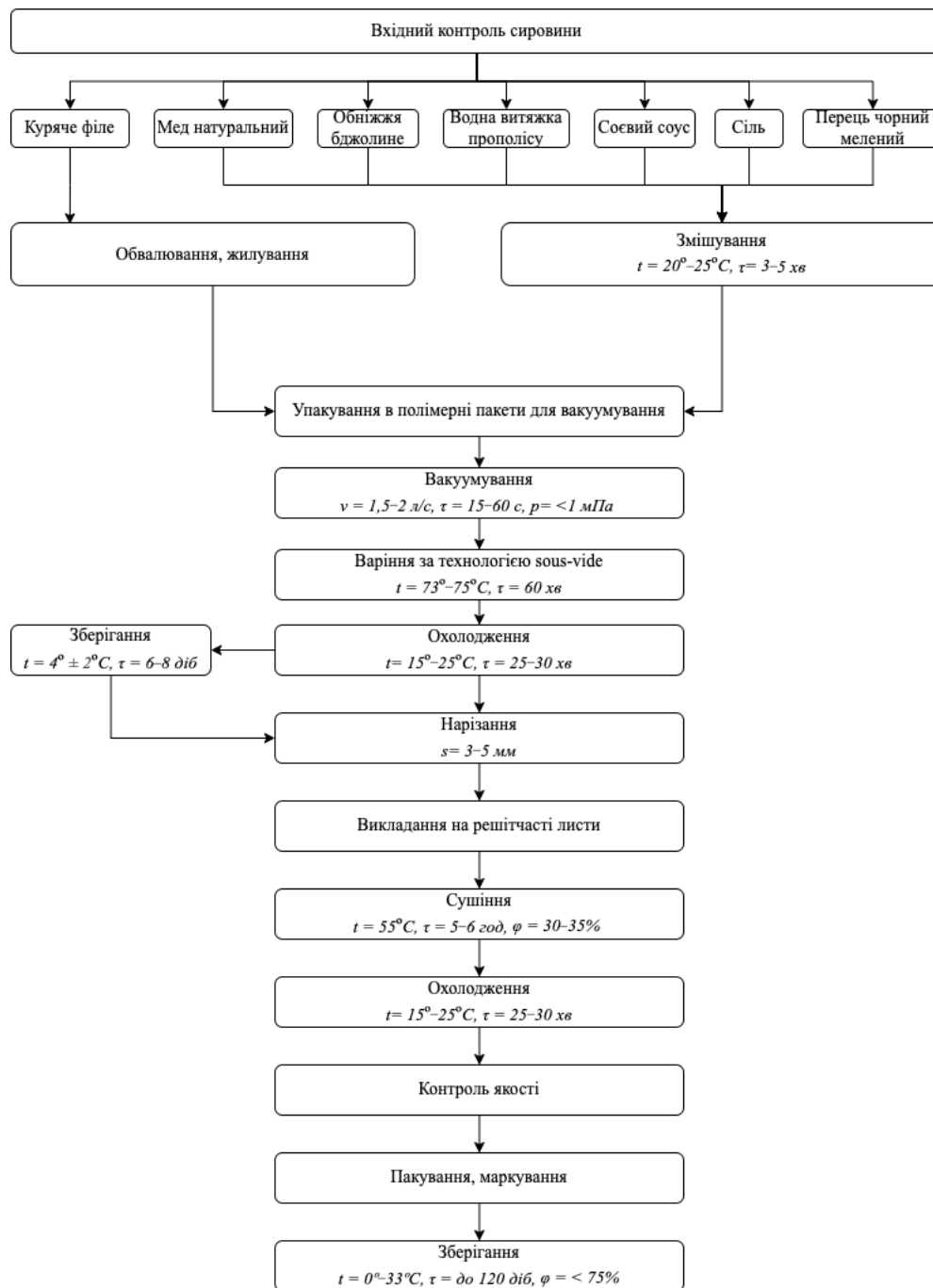


Рисунок 3. Технологічна схема виробництва м'ясних снєків з використанням продукції бджільництва із застосуванням технології sous vide

Згідно з технологічною схемою, яка представлена на рисунку 3 рекомендуємо виготовляти м'ясні снєки з використанням продукції бджільництва з застосуванням технології sous vide. Перевагою цієї технології є те, що напівфабрикат перед сушінням можна зберігати у тій же вакуумній упаковці, в якій варили м'ясо впродовж 6–8 діб за температури $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Це дає змогу попередньо заготовити м'ясо для виробництва снєків і забезпечити їхнє безперебійне виробництво у промислових обсягах та загалом оптимізувати процес виробництва продукції.

Задля виробництва харчових продуктів з мінімальною обробкою, які зберігають свої природні поживні та сенсорні якості і для задоволення попиту споживачів, харчова промисловість поступово переходить на використання технології sous vide (Olatunde and

Benjakul, 2021). Зазвичай через традиційну високу температуру, якій піддають сировину під час виробництва деякі поживні речовини пошкоджуються або втрачаються. Але за повільного приготування *sous vide* білкова структура, як зазначають Zavadlav et al. (2020) може перетворитися на більш еластичну та ніжну форму, зі збереженням насиченого смаку. Як було визначено в процесі цього дослідження, а саме під час варіння м'яса в маринаді (спосіб 2), було отримано насичені смак та запах, з однорідним насиченням кольору, приємною ніжною структурою, яка після сушіння стала хрусткою.

Технологія *sous vide* дає змогу точно контролювати ступінь готовності курячого м'яса. Це особливо важливо, коли потрібно досягти певної текстури, температури в товщі м'яса чи інших показників. Також, процес приготування за технологією *sous vide* не потребує постійного нагляду. Тобто, можливо підготувати пакети з м'ясом та маринадом заздалегідь, і залишити їх готуватись тим часом виконуючи інші операційні процеси виробництва м'ясних снєків.

Приготування харчових продуктів за допомогою *sous vide*, як вже було визначено в процесі цього дослідження та підтверджується результатами, зокрема, Cui et. al (2021) та Onyeaka et. al (2022²), має низку переваг. А саме набуття високих сенсорних властивостей, таких як – добре збережений колір, насичений аромат і смак, приємна текстура. *Sous vide* задовольняє потреби споживачів щодо високоякісної та повноцінно поживної їжі. Також перевага оброблення *sous vide* поміж інших методів термічного оброблення полягає в тому, що *sous vide* поєднує термічну обробку (варіння) та вакуумне пакування для зміни властивостей харчових продуктів і подовження терміну зберігання. Його унікальність полягає у вакуумній герметизації, яка усуває реакції окислення та мінімізує втрати при варінні (Djekic та ін., 2020). Як було визначено за результатами цього дослідження, попереднє варіння за технологією *sous vide* дає змогу зберігати напівфабрикат перед сушінням впродовж 6–8 діб, що загалом сприяє в оптимізації виробничого процесу м'ясних снєків та потенційно збільшує термін зберігання готового продукту.

Використання обладнання для виробництва продукції за *sous vide* не потребує значних навичок, постійного контролю та є простим в експлуатації і як зазначають Głuchowski et. al (2020) через це є поширеним способом виробництва продукції у ресторанному господарстві. Ruiz-Carrascal et. al (2019) звертають увагу, що найбільшу популярність виробництва за цією технологією має м'ясо через покращення текстури та смаку приготованої їжі. Так, в попередніх дослідженнях (Antoniv et. al, 2023), описано, що для виробництва снєків було обрано куряче філе і в кінцевому результаті поєднання різних методів оброблення отримали готовий продукт заданих властивостей.

Незважаючи на те, що продукти оброблені *sous vide* загалом вважаються безпечними, виникнення харчових захворювань не є рідкістю, що пов'язано з використанням набагато нижчих температур, ніж за звичайного приготування та відсутністю консервантів. Як зазначають Onyeaka et. al (2022²), під час виробництва необхідно звертати увагу на мікробіологічну безпеку продуктів через використання *sous vide*. Тому, під час застосування технології *sous vide* у виробництві м'ясних снєків було важливо довести температуру в товщі м'яса не менше 70° С. Додатково, у рецептурі передбачено використання продуктів бджільництва, а саме меду та водної витяжки прополісу, адже вони є консервантами, мають антибактеріальні та протигрибкові властивості. Ці складники також використовувалися з метою подовження терміну зберігання.

ВИСНОВКИ. За результатами проведеного дослідження було встановлено технологічні параметри виробництва м'ясних снєків з використанням продукції бджільництва із застосуванням технології *sous vide*. Порівнюючи два способи виробництва, визначено, що доцільно поміщати м'ясо в полімерні пакети разом з попередньо підготовленим маринадом, вакуумувати, та варити за температури 75° С впродовж 60 хв. Після цього м'ясо необхідно

охолодити, нарізати шматками товщиною не більше 5 мм, викласти на решітчасті листи та помістити у попередньо розігрітий дегідратор до температури 55° С на 6 годин.

Отриманий продукт має високі органолептичні властивості, а саме привабливий зовнішній вигляд, рівномірний колір, приємний смак і запах та хрустку (ламку) текстуру, що дає змогу споживати (жувати) снеки без прикладання додаткових зусиль.

Виробництво м'ясних снеків з використанням продукції бджільництва із застосуванням технології *sous vide* з додаванням маринаду у пакет дає змогу отримати насичений смак, зберегти поживні речовини, досягти бажаної консистенції та текстури, а також забезпечити зручність та універсальність технологічного процесу через оптимізацію операцій.

Перспективним напрямом подальших досліджень буде вивчення використання запропонованих м'ясних снеків у складі інших харчових продуктів чи кулінарних виробів, зокрема в харчоконцентрах та сухих пайках. Використання снеків в спеціалізованому харчуванні дасть змогу розширити асортимент пропонуваного харчових продуктів, забезпечити споживачів корисними і натуральними м'ясними продуктами високої харчової цінності, які потенційно можуть зберігатися впродовж тривалого часу.

References

Antoniak, M. A., Szymkowiak, A., Pepliński, B. (2022). The Source of Protein or Its Value? Consumer Perception Regarding the Importance of Meat(-like) Product Attributes. *Applied Sciences*, 12(9):4128. <https://doi.org/10.3390/app12094128>.

Antoniv, A., Adamchuk, L., Ivanišová, E., Chlebo, R., & Topal, E. (2023). Analysis of the market of meat products in Ukraine. *Animal Science and Food Technology*, 14(2), 9–27. <https://doi.org/10.31548/animal.2.2023.9>

Bailey, J. D. (2018). Sous vide: past, present, and future. In *Principles of Modified-Atmosphere and Sous Vide Product Packaging*. Routledge, p. 243–261. Retrieved from <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9780203742075-10/sous-vide-past-present-future-bailey/>.

Bozhko, N., Pasichnyi, V., Marynin, A., Tischenko, V., Strashynskyi, I., & Kyselov, O. (2020). The efficiency of stabilizing the oxidative spoilage of meat-containing products with a balanced fat-acid composition. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3(11 (105), 38–45. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.205201>.

Choi, E., & Shin, W. S. (2020). Manufacturing process and food safety analysis of sous-vide production for small and medium sized manufacturing companies: Focusing on the Korean HMR market. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 52(1), 1–10. <https://doi.org/10.9721/KJFST.2020.52.1.1>.

Clausen, M. P., Christensen, M., Djurhuus, T. H., Duelund, L., & Mouritsen, O. G. (2018). The quest for umami: Can sous vide contribute?. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 13, 129–133. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2018.03.002>.

Çöl, B. G., Aksu, H., & Yıkıms, S. (2018). Evaluation of Sous vide Technology in Gastronomy. *International Journal of Agricultural and Life Sciences*, 4(1). Retrieved from <http://hdl.handle.net/11363/1056>.

Cui, Z., Yan, H., Manoli, T., Mo, H., Bi, J., & Zhang, H. (2021). Advantages and challenges of sous vide cooking. *Food Science and Technology Research*, 27(1), 25–34. <https://doi.org/10.3136/fstr.27.25>.

Djekic, I., Ilic, J., Lorenzo, J. M., & Tomasevic, I. (2021). How do culinary methods affect quality and oral processing characteristics of pork ham?. *Journal of Texture Studies*, 52(1), 36–44. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12557>.

DSTU 3127-95. (1996). Retrieved from Pollen Load and Compositions (Flower Pollen). Specifications: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=91436

- DSTU 3143:2013. (2013). Retrieved from Poultry Meat. General specification: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=81578
- DSTU 4497:2005. (2007). Retrieved from Natural Honey. Specification: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=84219
- DSTU ISO 1442:2005. (2007). Retrieved from Meat and Meat Products. Determination of moisture content (reference method): https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_iso_1442_2005.pdf
- DSTU ISO 1443:2005. (2007). Retrieved from Meat and Meat Products. Determination of total fat content: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_iso_1443_2005.pdf
- DSTU ISO 937:2005. (2007). Retrieved from Meat and Meat Products. Determination of nitrogen content (Reference method): https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_iso_937_2005.pdf
- Głuchowski, A., Czarniecka-Skubina, E., & Rutkowska, J. (2020). Salmon (*Salmo salar*) cooking: achieving optimal quality on select nutritional and microbiological safety characteristics for ready-to-eat and stored products. *Molecules*, 25(23), 5661. <https://doi.org/10.3390/molecules25235661>.
- Holman, B. W., Bekhit, A. E. D. A., Waller, M., Bailes, K. L., Kerr, M. J., & Hopkins, D. L. (2021). The association between total volatile basic nitrogen (TVB-N) concentration and other biomarkers of quality and spoilage for vacuum packaged beef. *Meat Science*, 179, 108551. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108551>.
- Iborra-Bernad, C., Tárrega, A., García-Segovia, P., & Martínez-Monzó, J. (2014). Advantages of sous-vide cooked red cabbage: Structural, nutritional and sensory aspects. *LWT-Food Science and Technology*, 56(2), 451-460. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.12.027>.
- Kathuria, D., Dhiman, A. K., & Attri, S. (2022). Sous vide, a culinary technique for improving quality of food products: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 119, 57–68. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.11.031>.
- Kehlet, U., Mitra, B., Ruiz Carrascal, J., Raben, A., & Aaslyng, M. D. (2017). The satiating properties of pork are not affected by cooking methods, sousvide holding time or mincing in healthy men – A randomized cross-over meal test study. *Nutrients*, 9(9), 941. doi: 10.3390/nu9090941.
- LLC «Apiprodukt». (2009). TU U «Children's supplements «Propolis extracts» (15.8-30180024-009:2009).
- LLC «Lutsk Agrarian Company». (2014). TU U «Broiler chicken fillet. Specifications» (10.1-00851376-001:2014).
- LLC «TEKHNOKOM». (2009). TU U «Sauces for first and second lunch dishes. Specifications» (15.8-30511780-002:2009).
- Mattioli, R., Francioso, A., Mosca, L., Silva, P. (2020). Anthocyanins: A Comprehensive Review of Their Chemical Properties and Health Effects on Cardiovascular and Neurodegenerative Diseases. *Molecules*, 25(17):3809. <https://doi.org/10.3390/molecules25173809>.
- Olatunde, O. O., & Benjakul, S. (2021). Sous-vide cooking as a systematic approach for quality maintenance and shelf-life extension of crab lump meat. *Lwt*, 142, 111004. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111004>.
- Onyeaka, H., Nwabor, O., Jang, S., Obileke, K., Hart, A., Anumudu, C., & Miri, T. (2022¹). Sous vide processing: a viable approach for the assurance of microbial food safety. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102(9), 3503–3512. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11836>.
- Onyeaka, H., Nwaizu, C. C., & Ekaette, I. (2022²). Mathematical modeling for thermally treated vacuum-packaged foods: A review on sous vide processing. *Trends in Food Science & Technology*, 126, 73-85. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.06.018>.
- Ruiz-Carrascal, J., Roldan, M., Refolio, F., Perez-Palacios, T., & Antequera, T. (2019). Sous-vide cooking of meat: A Maillardized approach. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 16, 100138. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2019.100138>.

Smith-Ryan, A. E., Hirsch, K. R., Saylor, H. E., Gould, L. M., & Blue, M. N. (2020). Nutritional considerations and strategies to facilitate injury recovery and rehabilitation. *Journal of athletic training*, 55(9), 918-930. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-550-19>.

Stringer, S. C., & Metris, A. (2018). Predicting bacterial behaviour in sous vide food. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 13, 117–128. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2017.09.001>.

Wang, J., Pham, T. L., Dang, V. T. (2020). Environmental Consciousness and Organic Food Purchase Intention: A Moderated Mediation Model of Perceived Food Quality and Price Sensitivity. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(3):850. <https://doi.org/10.3390/ijerph17030850>.

Yang, Q., Liang, Q., Balakrishnan, B., Belobrajdic, D. P., Feng, Q-J., Zhang, W. (2020). Role of Dietary Nutrients in the Modulation of Gut Microbiota: A Narrative Review. *Nutrients*. 12(2):381. <https://doi.org/10.3390/nu12020381>.

Zavadlav, S., Blažić, M., Van de Velde, F., Vignatti, C., Fenoglio, C., Piagentini, A. M., ... & Putnik, P. (2020). Sous-vide as a technique for preparing healthy and high-quality vegetable and seafood products. *Foods*, 9(11), 1537. <https://doi.org/10.3390/foods9111537>.

Zhu, Y., Wang, W., Zhang, Y., Li, M., Zhang, J., Ji, L., Zhao, Z., Zhang, R., Chen, L. (2022). Characterization of Quality Properties in Spoiled Mianning Ham. *Foods*, 11(12):1713. <https://doi.org/10.3390/foods11121713>.

Отримано в редакцію 05.04.2024 р., прийнято до публікації 19.04.2024 р.