

ISSN 2786-8974 (Online)

2024 | 3

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. № 3(2024)*виходить 4 рази на рік*

*Рекомендовано до видання та поширення Вченою радою НУБіП України,
протокол №1 від 15.08.2024*

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 87 20.

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. № 3(2024)***Published 4 times a year*

*Recommended for publication and distribution the Academic Council NULES of Ukraine,
Minutes No. 1 of August 15, 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 87 20.

E-mail: humanhealth@nubip.edu.ua

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

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

Редакційна колегія:

Баль-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 Нїтрі, 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.

ЗМІСТ

1. Наталія Муштрук

Оптимізація процесу виробництва гарбузової пектинової пасти..... 7

2. Роман Чуюк, Михайло Муштрук

Утилізація відпрацьованих олій як перспективний метод виробництва дизельного біопалива.....18

3. Ростислав Кравченко, Ігор Стадник

Технологія приготування та визначення властивостей квасу із столового буряка для використання у хлібопеченні35

4. Микола Кухтин, Орися Цісарик , Володимир Салата , Галина Коваль , Віра Климик

Біоконсервування твердого сичужного сиру з використанням бактеріофагів47

5. Ірина Іванова, Марина Сердюк, Ірина Кривонос , Ольга Зінов'єва, Сергій Басанець

Мінімізація втрат споживчої якості при зберіганні плодів вишні під час гідроохолодження та захисної композиції.....59

6. Лариса Баль-Прилипко, Микола Ніколаєнко , Ігор Устименко, Наталія Голембовська, Кирило Петриченко

Амінокислотний склад консерви другої страви підвищеної харчової цінності75

CONTENTS

1. Nataliia Mushtruk

Optimization of the pumpkin pectin paste production proces 7

2. Roman Chuiuk, Mykhailo Mushtruk

Disposal of used oils as a prospective method of production of biodiesel.....18

3. Rostyslav Kravcheniuk, Ihor Stadnyk

Technology of preparation and determination of the properties of kvas from table beet for use in bakery35

4. Mykola Kukhtyn, Orysia Tsisaryk, Volodymyr Salata, Halyna Koval, Vira Klymyk

Bioconservation of hard rent cheese using bacteriophages47

5. Iryna Ivanova, Maryna Serdyuk, Iryna Kryvonos, Olha Zinovieva, Sergii Basanets

Minimisation of losses of consumer quality during storage of cherry fruits under the influence of hydrocooling and protective composition59

6. Larysa Bal-Prylypko, Mykola Nikolayenko, Ihor Ustymenko, Nataliia Holembovska, Kyrylo Petrychenko

Amino acid composition of canned main dish increased food value75

УДК 664.292

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.3.2024.7>**ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ГАРБУЗОВОЇ ПЕКТИНОВОЇ ПАСТИ****Муштрук Наталія Михайлівна,***Здобувачка ступеня доктора філософії,*<https://orcid.org/0000-0002-3292-9063>,*Національний університет біоресурсів і природокористування України,**03041, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, Україна.*

Анотація. Зважаючи на зазначені переваги, використання овочево-фруктових паст з підвищеним вмістом пектину має великий потенціал у лікувально-профілактичному харчуванні. Вони не лише сприяють виведенню радіонуклідів, важких металів і токсинів з організму, але й забезпечують додаткове збагачення організму комплексом натуральних вітамінів, дубильних речовин і цукрів. Ці природні речовини сприяють поліпшенню роботи шлунково-кишкового тракту, підвищують загальний тонус організму та допомагають зміцнити імунітет. Оптимізовані технологічні процеси виробництва, зокрема гідромодуль гідролізу сировини, правильно підібрані температурні режими та методи упарювання, які забезпечують максимальну ефективність екстракції пектину із сировини. Це дозволяє досягати високої якості готового продукту з повним збереженням корисних властивостей пектинових речовин. Сучасні технологічні методи гарантують збереження максимальної кількості активних компонентів, що робить продукт ще більш цінним для споживачів. Для виробництва пектинових паст, були обрані гарбузи сортів Гляйсдорфер Олжурбіс, Гамлет, Південний, Міранда та Дана Штирійський Голонасинний. Процес гідролізу проводили з використанням молочної кислоти та сироватки, що сприяли більш швидкому проведення процесу, та діяли як консерванти. За результатами експериментальних досліджень, встановили раціональні умови гідролізу: гідромодуль (1:14–1:17), концентрація гідролізаторів, температурний режим, час гідролізу та метод випарювання. Оцінка продукту включала аналіз вмісту сухих речовин, кольору, вмісту пектину та студнеутворювальних властивостей. Згідно з результатами експериментів, було визначено, що раціональними умовами для гідролізу гарбузової сировини є температура в межах 80°C, тривалість процесу 65 хвилин та гідромодуль 15–16. Встановлені раціональні умови випарювання у вакуумі, що дозволяють отримати високоякісну пектинову пасту з вмістом пектину 1,5% і вмістом сухих речовин в межах 70%. Розроблена спеціалізована технологія для виготовлення пектинових паст з гарбуза та іншої рослинної сировини, що дозволяє ефективно зберігати природні властивості і поживні речовини, що характерні для місцевих фруктів і овочів. Розроблено технологічну та апаратно-технологічну схеми виробництва, що будуть сприяти організації виробництва на місцевостях, де вирощуються сировини, що зменшує витрати на їх транспортування і сприяє сталому розвитку регіонів. Локалізація виробництва сприяє створенню нових робочих місць та підтримці місцевої економіки. Таким чином, використання овочево-фруктових паст з підвищеним вмістом пектину має великий потенціал для зміцнення здоров'я населення. Вони є багатим джерелом природних вітамінів та мікроелементів, які сприяють покращенню загального стану організму, підвищують імунітет та захищають від шкідливих впливів навколишнього середовища. Зростаючий попит на натуральні та здорові продукти харчування робить пектинові пасти перспективним напрямом для інвестицій та розвитку нових технологій у харчовій промисловості.

Ключові слова: гідроліз, сироватка, гідромодуль, температурний режим, вміст пектину, органолептичні властивості.

UDC 664.292

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.3.2024.7>**OPTIMIZATION OF THE PUMPKIN PECTIN PASTE PRODUCTION PROCESS****Nataliia Mushtruk,***applicant for higher education with the degree of Doctor of Philosophy,**<https://orcid.org/0000-0002-3292-9063>,**National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,**03041, Heroiv Oborony Street, 15, Kyiv, Ukraine.*

Abstract. Taking into account the mentioned advantages, the use of vegetable and fruit pastes with increased pectin content has great potential in therapeutic and preventive nutrition. They not only contribute to the removal of radionuclides, heavy metals and toxins from the body but also provide additional enrichment of the body with a complex of natural vitamins, tannins and sugars. These natural substances help to improve the work of the gastrointestinal tract, increase the general tone of the body and help strengthen the immune system. Optimized technological production processes, in particular the hydromodule of hydrolysis of raw materials, correctly selected temperature regimes and evaporation methods that ensure maximum efficiency of pectin extraction from raw materials. This makes it possible to achieve high quality of the finished product with full preservation of the beneficial properties of pectin substances. Modern technological methods guarantee the preservation of the maximum number of active components, which makes the product even more valuable for consumers. For the production of pectin pastes, Gleisdorfer Olkurbis, Hamlet, Pivdenny, Miranda and Dana Styrian Bare-seeded pumpkins were selected. The hydrolysis process was carried out using lactic acid and whey, which contributed to a faster process and acted as preservatives. According to the results of experimental studies, rational hydrolysis conditions were established: hydro modulus (1:14–1:17), concentration of hydrolyzers, temperature regime, hydrolysis time, and evaporation method. The evaluation of the product included the analysis of dry matter content, colour, pectin content and gel-forming properties. According to the results of the experiments, it was determined that the rational conditions for the hydrolysis of pumpkin raw materials are a temperature within 80°C, a duration of the process of 65 minutes and a hydromodule of 15–16. Rational conditions for evaporation in a vacuum are established, which allow obtaining high-quality pectin paste with a pectin content of 1.5% and a dry matter content within 70%. A specialized technology for the production of pectin pastes from pumpkin and other vegetable raw materials has been developed, which allows you to effectively preserve the natural properties and nutrients characteristic of local fruits and vegetables. Technological and hardware-technological production schemes have been developed, which will contribute to the organization of production in the areas where raw materials are grown, reducing transportation costs and contributing to regions' sustainable development. Localization of production contributes to the creation of new jobs and support of the local economy. Thus, the use of vegetable and fruit pastes with increased pectin content has a great potential for strengthening the health of the population. They are a rich source of natural vitamins and microelements, which contribute to the improvement of the general condition of the body, increase immunity and protect against harmful effects of the environment. The growing demand for natural and healthy food products makes pectin pastes a promising direction for investment and development of new technologies in the food industry.

Keywords: hydrolysis, serum, hydromodule, temperature regime, pectin content, organoleptic properties.

ВСТУП. В Україні, зважаючи на негативні наслідки різноманітних техногенних катастроф та бойові дії, які розвернула країна терорист, надзвичайно актуальним є питання створення та впровадження продуктів, які володіють радіозахисними та імунomodуючими властивостями (Sukhenko et al., 2019). Ці продукти необхідні для корекції патологічних змін в організмі, спричинених підвищеним рівнем радіації, а також присутністю важких металів і токсинів у навколишньому середовищі. Такі продукти повинні виконувати наступні функції: зв'язувати і виводити радіонукліди з організму, запобігати їх накопиченню, підвищувати загальну стійкість організму, а також забезпечувати антиоксидантну та антитоксичну дію (Cho et al., 2019). Це особливо важливо в умовах підвищеного радіаційного фону, коли часто спостерігається порушення процесів перекисного окиснення ліпідів та зниження імунітету (Çilingir et al., 2021; Mushtruk and Mushtruk, 2023).

В умовах підвищеного радіаційного фону вкрай важливо, щоб такі продукти не лише допомагали виводити шкідливі речовини, але й сприяли загальному зміцненню здоров'я. Вони повинні бути здатні нейтралізувати вільні радикали та підтримувати антиоксидантний баланс в організмі. Продукти з високим вмістом біологічно активних речовин можуть також стимулювати відновлення клітин і тканин, що підвищує загальну резистентність до негативних впливів навколишнього середовища (Güzel et al., 2019).

Вищезазначені продукти повинні бути доступними та зручними для щоденного вживання, щоб максимально спростити інтеграцію корисних звичок у повсякденне життя населення. Сучасні технології дозволяють створювати різноманітні форми таких продуктів – від соків і напоїв до паст і порошків, що робить їх зручними для різних вікових груп та стилів життя (Guo et al., 2020).

Впровадження таких інноваційних харчових продуктів сприятиме не лише зміцненню здоров'я окремих осіб, але й поліпшенню загального стану здоров'я населення, підвищенню якості життя та стійкості до екологічних викликів. Це стратегічно важливий напрямок, що вимагає комплексного підходу та тісної співпраці між науковцями, виробниками та державними органами для забезпечення ефективної реалізації та доступності таких продуктів.

ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД. В різних країнах активно вивчаються можливості використання радіопротекторних добавок, таких як адаптогени, антиоксиданти, імунomodulators та сорбенти, для попередження захворювань. Зокрема, висвітлюється важливість продуктів і добавок на основі рослинної сировини, які включають овочі, ягоди, лікарські та пряно-ароматичні рослини та їх концентрати (Kazemi et al., 2019).

Пектинові речовини, які входять до складу клітинних стінок рослин, відомі вже більше двох століть і є гетерополісахаридами, що складають до 52% клітинної маси (Palamarchuk et al., 2022). Їх використання потенційно може сприяти утворенню продуктів із збереженням нативних властивостей рослинної сировини та високим вмістом пектину, які можуть мати радіопротекторні властивості (Acosta et al., 2020). Проте важливо враховувати, що під час термічної обробки пектин може руйнуватися, що призводить до зниження його корисних властивостей у зв'язуванні радіонуклідів, важких металів і токсинів.

Харчові волокна, до яких відносяться і пектини, займають важливе місце у харчуванні людини, оскільки вони сприяють зниженню калорійності раціону, покращують роботу кишечника та регулюють харчові процеси. Крім того, вони мають здатність адсорбувати токсичні речовини, що робить їх корисними в умовах підвищеного радіаційного фону (Zheplinska et al., 2021).

Пектини відзначаються активною здатністю до комплексоутворення з іонами різних важких металів і радіоактивними елементами, такими як кобальт, стронцій, цезій та інші, що забезпечує їх ефективне видалення з організму (Picot-Allain et al., 2022). Важливим аспектом є також розробка оптимальних технологічних умов для виділення пектинових речовин з рослинної сировини, що включає підбір гідролітичних агентів, оптимальні умови

температури і тривалості гідролізу, що забезпечує максимальне збереження корисних властивостей продукту (Li et al., 2022).

Метою подальших досліджень є розробка ефективної технології та малогабаритної виробничої лінії для виготовлення концентрованих гарбузово-пектинових паст, які зберігають усі поживні речовини рослин та мають властивості виводити з організму радіонукліди, важкі метали та токсини.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ. Пектинові пасту виготовляли з гарбузів сортів Гляйсдорфер Олжурбіс (Голландія), Гамлет (Україна), Південний (Україна), Міранда (Польща) та Дана Штирійський Голонасинний (Австрія), які відомі за рахунок високого вмісту пектину. У ході досліджень застосовували метод приготування паст, що містять пектин, шляхом гідролізу рослинної сировини молочною кислотою та сироваткою. Молочна кислота і сироватка не тільки сприяють гідролізу, але й виконують роль консервантів, що подовжують термін зберігання продукту (Selvendran, 1985).

Оптимальні умови гідролізу визначали за п'ятьма ключовими параметрами:

Вибір гідромодуля: співвідношення твердої до рідкої фази під час гідролізу, яке впливає на ефективність процесу. Досліджували діапазон гідромодулів від 1:14 до 1:17, за якого рідка фаза повністю покривала рослинну сировину, забезпечуючи ефективний контакт і повне відновлення пектину.

Вибір концентрації гідролізаторів: концентрація молочної кислоти і сироватки, які використовувалися для гідролізу, була важливим фактором, що визначає кінцеву якість продукту.

Вибір температурних умов: температурний режим під час гідролізу мав значний вплив на швидкість і повноту процесу. Було досліджено кілька температурних режимів для визначення оптимального.

Вибір часу гідролізу: час, протягом якого відбувався гідроліз, також був важливим параметром, оскільки занадто тривалий чи короткий процес може негативно вплинути на якість пектинових паст.

Вибір методу випарювання: метод випарювання залишкової вологості після гідролізу впливав на консистенцію та концентрацію кінцевого продукту.

Оцінку отриманого продукту проводили за кількома критеріями, включаючи колір, смак, вміст пектину та студнеутворювальні властивості:

вміст сухих речовин визначали за ДСТУ 4306:2004;

оцінку критерію кольору та концентрації проводили відповідно до ДСТУ ISO 11296-3:2019;

вміст пектину в пасті визначали за ДСТУ ISO 762:2000;

студнеутворювальну здатність та наявність неперетворених частинок визначали за ДСТУ 3324-96.

Це дозволяло визначити найкращі умови для отримання високоякісних пектинових паст.

За аналогією зі способом отримання пектину шляхом гідролізу кислотних залишків буряків (Bédouet et al., 2003), було випробувано гідромодуль процесу (ГМ) у діапазоні 1:14 ÷ 1:17. Рідка фаза повністю покривала рослинну сировину, що при перемішуванні реакційної маси забезпечувало повне відновлення пектину. За даними (Zheplinska et al., 2022), гарбуз попередньо подрібнювали, після чого гідролізували розчином молочної кислоти, додавали цукровий сироп і випарювали. Цей підхід дозволив отримати продукт з високим вмістом пектину та відмінними органолептичними властивостями.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ. Гідроліз гарбузової сировини здійснювали при температурі 80–85°C протягом 60–65 хвилин з гідромодулем (ГМ) 15–16. Після додавання цукрового сиропу суміш випаровувалась на водяній бані при температурі 90–95°C протягом

60–70 хвилин до досягнення концентрації сухих речовин 68–70%. Альтернативно, випаровування можна проводити у вакуумі при температурі 70–80°C.

Температура та тривалість гідролізу є критичними факторами, що впливають на якість кінцевого продукту. При температурі нижче 80°C вміст і здатність пектину до студнеутворення значно знижуються, тоді як при температурі понад 85°C спостерігається руйнування молекул пектину, що негативно впливає на якість продукту. Оптимальною є температура гідролізу 80–85 °C, яка забезпечує високий вміст пектину та добру желеподібну здатність.

Тривалість гідролізу також є важливим параметром для забезпечення якості продукту. Гідроліз тривалістю 60–65 хвилин дозволяє досягти повного вилучення пектину з сировини, забезпечуючи найвищу якість кінцевого продукту.

Співвідношення між рідкою та твердою фазами реакційної суміші, тобто гідромодуль, відіграє важливу роль у процесі виробництва гарбузової пектинової пасти. При гідромодулі нижче 15 не досягається повне видалення пектину, а при ГМ понад 16 якість продукту знижується. Оптимальним є ГМ 15–16.

Процес випарювання також суттєво впливає на якість кінцевого продукту. При низьких температурах і тривалому випаровуванні продукт залишається рідким, а при високих температурах він стає занадто густим і темним. Найкраща якість досягається при випарюванні на водяній бані при температурі 90–95°C протягом 60–70 хвилин до вмісту сухих речовин 68–70%, а також при випарюванні у вакуумі при температурі 70–80°C. Випаровування при температурі нижче 70°C у вакуумі дає рідкий продукт, а при температурі понад 80°C продукт стає занадто густим і темним.

Технологічний процес виготовлення пасти включає наступні етапи: сортування гарбуза за якістю, миття, видалення плодоніжок, розрізання, видалення насіння і м'якоті, та подрібнення. Молочну кислоту розчиняють у теплій воді до потрібної концентрації, і подрібнену масу завантажують у гідролізатори, додаючи розчин молочної кислоти для забезпечення гідромодуля 15–16.

Гідроліз проводиться при температурі 80–85°C протягом 60–65 хвилин. Після цього в той же апарат додають цукровий сироп і випаровують на водяній бані при температурі 90–95°C протягом 60–70 хвилин у вакуумі до вмісту сухих речовин 68–70%, забезпечуючи задовільні органолептичні показники.

Отримана паста має золотисто-абрикосовий колір, приємний смак і запах, містить в середньому 1,5% пектину, містить 68–70% сухих речовин і має відповідні органолептичні показники. Завдяки консервуючій дії молочної кислоти і цукру, пасту можна зберігати при температурі від +4 до +18°C протягом календарного року.

На основі проведених досліджень було розроблено технологічну схему одержання пектинових паст із рослинної сировини (рис. 1).

Інші приклади реалізації запропонованої технології виробництва пектинових паст наведені в таблиці 1.

З таблиці 1 видно, що найкращі результати спостерігаються в способі технології, що застосовуються при нормальному тиску, зокрема варіанти 2–4. Ці варіанти характеризуються використанням оптимальних параметрів гідролізу: температура 80–85°C протягом 60–65 хвилин і гідромодуль НМ = 15–16. Такі умови сприяють повному вилученню пектину з рослинної сировини і забезпечують високу якість готового продукту.

У контексті альтернативи, варіант виробництва пасти у вакуумі (варіант 6) демонструє високу ефективність, забезпечуючи продукт із збереженням високої студнеутворювальної здатності та золотистим кольором. Вакуумне випаровування дозволяє досягти більшої концентрації сухих речовин (68–70%) при більш низьких температурах, що сприяє збереженню органолептичних властивостей продукту.

Наукове обґрунтування проведених досліджень підтверджує, що використання оптимальних умов гідролізу та випаровування є критичним для забезпечення якісних

характеристик пектинової пасти. Висока температура гідролізу (80–85°C) сприяє максимальному вилученню пектину, тоді як низька температура випаровування (90–95°C) у вакуумі дозволяє уникнути перегріву продукту і знижує його термічне вплив на органолептичні властивості.

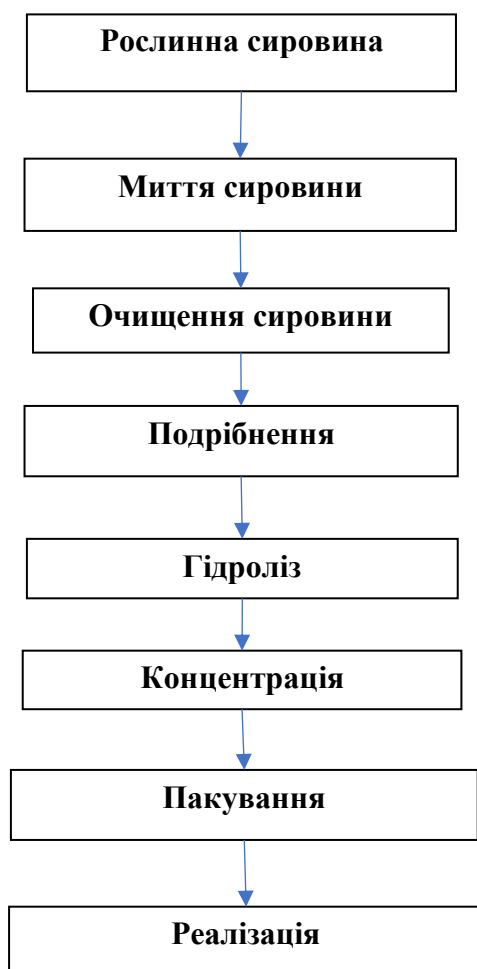


Рисунок 1. Схема технологічного процесу виробництва пектинових паст

Примітка: авторська розробка

Таблиця 1. Варіанти технологічного процесу виробництва та якісні характеристики пектинових паст

Характеристика технологічних умов і паст	Одиниця виміру	Варіант технології					
		1	2	3	4	5	6
Гідромодуль	ГМ	14	15	15	16	17	15
Температура гідролізу	°C	75	80	82	85	90	82
Тривалість гідролізу	хв.	50	60	62	65	70	62
Температура випаровування на водяній бані	°C	85	90	92	95	100	80
Тривалість гідролізу	хв.	50	60	62	65	70	62
Температура випаровування на водяній бані	°C	85	90	92	95	100	80
Тривалість випаровування	хв.	50	60	65	70	80	60
Вміст пектину в пасті	%	0,3	1,3	1,5	1,5	0,4	1,4

Консистенція		Рідина	Норма	Норма	Норма	Густий	Норма
Колір		Світло-жовтий	Світлий абрикос	Абрикос	Абрикос	Коричневий	Абрикос
Наявність неперетравлених частинок		Так	Ні	Ні	Ні	Ні	Ні
Студнеутворювальна здатність	мм Hg.	315	362	378	365	310	370
Вміст сухих речовин	%	61	68	69	70	74	69

Примітка: авторська розробка

Розроблена апаратно-технологічна схема лінії для виробництва пектинових паст (рис. 2) заснована на врахуванні цих наукових принципів і може ефективно використовуватись для місцевої переробки овочів, фруктів і ягід, що сприяє зменшенню експлуатаційних витрат і зберігає органолептичні властивості сировини.

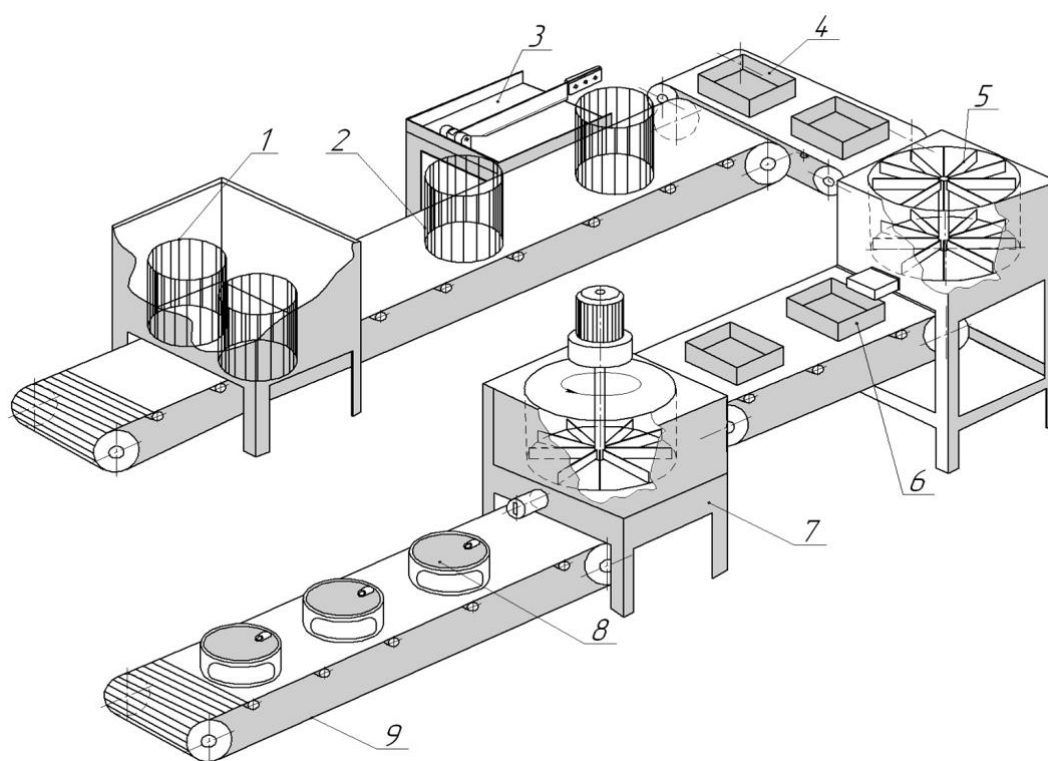


Рисунок 2. Апаратно-технологічна схема малогабаритної лінії виробництва пектинових паст: 1 – мийна установка, 2, 8 – тара, 3 – стіл для подрібнення, 4, 6 – лотки, 5 – подрібнювач, 7 – вакуумний гідролізатор-випарник, 9 – транспортер.

Примітка: авторська розробка

Лінія обробки працює в такому порядку: сировина надходить до мийної машини (1), після чого через конвеєр потрапляє до ємності (2), де відбувається подрібнення великогабаритної рослинної сировини, наприклад, гарбуза. Подрібнена сировина направляється в лотки (4), які потім подаються в подрібнювач (5). Після подрібнення у лотках (6) сировина надходить до вакуумного гідролізер-випарника (7), після чого упаковується в тару (8) і транспортується на конвеєр (9) для маркування та зберігання готової продукції.

Отримана продукція використовується як профілактичне харчування або виробництво карамелі, мармеладу, пряників та інших харчових продуктів. Дослідження, проводились в лабораторних умовах кафедри процесів і обладнання переробки продукції АПК Національного університету біоресурсів і природокористування України, підтвердили, що продукція відповідає ДСТУ 6088:2009 за фізико-хімічними, мікробіологічними та безпековими показниками і може бути використана для профілактичного харчування та лікування населення.

Пасти високим вмістом пектину покращують моторно-евакуаторну функцію кишечника, збільшує жовчовиділення та сприяє кращому перетравленню їжі. Пектини здатні сорбувати різні ендо- та екзогенні токсини, такі як важкі метали, миш'як, пестициди та радіонукліди, що сприяє їх виведенню з організму людини.

У наукових працях (Fishman et al., 2019; Colodel et al., 2020) було описано процес аналізу біохімічних змін у ступені етерифікації пектинових речовин в яблучному пюре. Для зниження ступеня етерифікації використовували ферментні препарати, зокрема пектинметилестерази рослинного походження. Отримані значні результати щодо технологічних параметрів желе з яблучного пюре підтверджують високу якість продукту з точки зору технологічних властивостей. Проте слід зазначити, що використання ферментів є досить витратним процесом, і авторам було б корисно включити інформацію про вартість готового продукту.

Статті авторів (Chen et al., 2019; Bashta et al., 2021) присвячені дослідженням методів вилучення пектину з картопляної мезги, яка залишається у великій кількості на крохмальних заводах. Досліджено ефективність гідролізу картопляної сировини за допомогою різних реагентів, включаючи мінеральні кислоти та ферментні препарати. Статистичне оброблення експериментальних даних дозволило визначити оптимальні параметри процесу гідролізу та екстрагування картопляного пектину. За допомогою методу ІЧ-спектроскопії було досліджено структуру та властивості отриманого пектину. Встановлено, що пектин, отриманий з картоплі, є високо етерифікованим, але містить значну кількість баластних речовин та має низьку драглеутворювальну здатність. Мікрофотографія показала, що зразки пектину містять крохмальні зерна, які екстрагуються разом із пектиновими речовинами і осаджуються етанолом. Автори зазначають, що використання ферментів для гідролізу сировини підвищує чистоту пектину, проте не надали інформації щодо вартості цього реагенту чи економічних та енергетичних показників, необхідних для повної оцінки витрат на виробництво.

В ряді статей (Hosseini et al., 2020; Vásquez et al., 2022; Dao et al., 2021) представлені результати досліджень екстракції пектинових речовин за допомогою 5% розчину лимонної кислоти, а також досліджено різні системи екстракції з різними температурними режимами та часовими параметрами. Автори встановили, що найменший вихід пектину був отриманий при екстракції протягом 30 хвилин за температури 55°C. Водночас при екстракції протягом 60 хвилин за температури 100°C вихід пектину досяг максимуму – 17,1%, що перевищує результати екстракції за допомогою бурштинової кислоти на 0,8–2,1%. Однак, як і в попередніх дослідженнях, автори не вказали собівартість кінцевого продукту та не проводили органолептичну оцінку.

Авторами наукових рукописів (Palamarchuk et al., 2020; Wang et al., 2019; Souza et al., 2020) досліджено зміни фізико-хімічних властивостей пектину під впливом збільшення температури екстракції. Встановлено, що оптимальними параметрами для екстракції пектину з використанням лимонної кислоти є температура 100°C і час експозиції 60 хвилин. Автори

стверджують, що отримані результати можуть бути корисними для впровадження на підприємствах з переробки для оптимізації процесів отримання пектину як побічного продукту. На нашу думку, авторам варто представити нормативно-технічну документацію, наприклад технічні умови, для підтвердження отриманих результатів.

Отже, перспективи майбутніх досліджень у галузі оптимізації процесу виробництва гарбузової пектинової пасти можна розвивати за наступними напрямками:

Оптимізація умов екстракції: вивчення впливу різних параметрів екстракції (температура, рН, час) на вихід та якість пектинової пасти з гарбузів.

Використання нових лізуючих агентів: дослідження ефективності і безпечності інших лізуючих розчинів (наприклад, органічні кислоти, ферментні препарати) для екстракції пектину з гарбузів.

Фізико-хімічні властивості пектина: вивчення структури та фізико-хімічних властивостей гарбузового пектина, включаючи ІЧ-спектроскопію та мікроструктурний аналіз.

Біотехнологічні підходи: використання біотехнологічних методів для поліпшення вихідної якості та економічної ефективності процесу виробництва гарбузової пектинової пасти.

Аплікаційні властивості: вивчення можливостей застосування гарбузової пектинової пасти в харчовій промисловості (наприклад, як стабілізатор, загусник або функціональний інгредієнт).

Економічна оцінка: проведення комплексної економічної оцінки оптимізованого процесу виробництва гарбузової пектинової пасти, включаючи витрати на сировину, енергію та обладнання.

Ці напрямки досліджень можуть сприяти подальшому розвитку та вдосконаленню технологій виробництва гарбузової пектинової пасти з метою підвищення її конкурентоспроможності та застосування в промислових умовах.

ВИСНОВКИ. Гарбузово-пектинові пасти є цілісним харчовим продуктом, який зберігає всі природні властивості початкової сировини. Вони ефективно сприяють виведенню радіонуклідів, важких металів та токсинів з організму, що робить їх важливим елементом для підтримки здоров'я.

За результатами експериментальних досліджень, встановлено раціональні умови для гідролізу гарбузової сировини (температура 80-85°C, тривалість 60-65 хвилин, гідромодуль 15-16) та випарювання (90-95°C на водяній бані або 70-80°C у вакуумі) забезпечують високу якість пектинової пасти з вмістом пектину 1,5% і сухих речовин 68-70%.

Розроблені технологічні та апаратно-технологічні схеми виробництва пектинових паст дозволяють організувати їх виготовлення безпосередньо в місцях, де вирощується сировина. Це значно зменшує витрати на транспортування і підвищує ефективність використання ресурсів, сприяючи економічній доцільності виробництва.

Завдяки високому вмісту пектину, пектинові пасти сприяють покращенню травлення і можуть бути корисними для людей із проблемами шлунково-кишкового тракту. Пектин також допомагає знижувати рівень холестерину в крові, що робить цей продукт корисним для підтримки здоров'я серцево-судинної системи. Виробництво гарбузово-пектинових паст дозволяє ефективно використовувати гарбузову сировину, яка часто залишається невикористаною. Це сприяє зменшенню харчових відходів і підтримці екологічної стійкості, одночасно забезпечуючи споживачів корисним та смачним продуктом.

Успішна комерціалізація цього продукту може сприяти розвитку місцевих фермерських господарств і створенню нових робочих місць, що позитивно вплине на економіку регіону.

References

- Acosta, P. I., Campedelli, R. R., Correa, E. L., Bazani, H. A., Nishida, E. N., Souza, B. S., & Mora, J. R. (2020). Efficient production of biodiesel by using a highly active calcium oxide prepared in the presence of pectin as a heterogeneous catalyst. *Fuel*, 271, 117651. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.117651>
- Bashta, A., Ivchuk, N., Stetsenko, N., & Bashta, O. (2021). Rationale of fruit and berry raw materials choice to increase the confectionery's nutritional value. *Ukrainian Journal of Food Science*, 9, 103-115. <https://doi.org/10.24263/2310-1008-2021-9-1-10>
- Bédouet, L., Courtois, B., & Courtois, J. (2003). Rapid quantification of O-acetyl and O-methyl residues in pectin extracts. *Carbohydrate Research*, 338(4), 379-383. [https://doi.org/10.1016/s0008-6215\(02\)00500-1](https://doi.org/10.1016/s0008-6215(02)00500-1)
- Chen, H., Niu, H., Zhang, H., Yun, Y., Chen, W., Zhong, Q., ... & Fu, X. (2019). Preparation and properties of ferulic acid-sugar beet pulp pectin ester and its application as a physical and antioxidative stabilizer in a fish oil-water emulsion. *International journal of biological macromolecules*, 139, 290-297. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.07.222>
- Cho, E. H., Jung, H. T., Lee, B. H., Kim, H. S., Rhee, J. K., & Yoo, S. H. (2019). Green process development for apple-peel pectin production by organic acid extraction. *Carbohydrate polymers*, 204, 97-103.
- Çilingir, S., Goksu, A., & Sabanci, S. (2021). Production of pectin from lemon peel powder using an ohmic heating-assisted extraction process. *Food and bioprocess technology*, 14(7), 1349-1360. <https://doi.org/10.1007/s11947-021-02636-9>
- Colodel, C., Vriesmann, L. C., Teófilo, R. F., & de Oliveira Petkowicz, C. L. (2020). Optimization of acid-extraction of pectic fraction from grape (*Vitis vinifera* cv. Chardonnay) pomace, a Winery Waste. *International journal of biological macromolecules*, 161, 204-213. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.05.272>
- Dao, T. A. T., Webb, H. K., & Malherbe, F. (2021). Optimization of pectin extraction from fruit peels by response surface method: Conventional versus microwave-assisted heating. *Food Hydrocolloids*, 113, 106475. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106475>
- DSTU 3324-96. Pectins. Specifications. *Quality management systems – Requirements*.
- DSTU 4306:2004. Products of fruit and vegetable processing. Methods for determining the dry matter content. *Quality management systems – Requirements*.
- DSTU 4880:2007. Products of fruit and vegetable processing. Methods of quality determination. *Quality management systems – Requirements*.
- DSTU 6088:2009. Pectin. Specifications. *Quality management systems – Requirements*.
- DSTU ISO 11296-3:2019. Products of fruit and vegetable processing. Methods of color determination. *Quality management systems – Requirements*.
- DSTU ISO 762:2000. Methods for determining the indirect content of pectin (determination of indirect parameters). *Quality management systems – Requirements*.
- Fishman, M. L., Chau, H. K., Hotchkiss Jr, A. T., White, A., Garcia, R. A., & Cooke, P. H. (2019). Effect of long-term cold storage and microwave extraction time on citrus pectin's physical and chemical properties. *Food Hydrocolloids*, 92, 104-116. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.12.047>
- Guo, Q., Su, J., Shu, X., Yuan, F., Mao, L., Liu, J., & Gao, Y. (2020). Production and characterization of pea protein isolate-pectin complexes for delivery of curcumin: Effect of esterified degree of pectin. *Food Hydrocolloids*, 105, 105777. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105777>
- Güzel, M., & Akpınar, Ö. (2019). Valorisation of fruit by-products: Production characterization of pectins from fruit peels. *Food and Bioprocess Processing*, 115, 126-133. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2019.03.009>
- Hosseini, S., Parastouei, K., & Khodaiyan, F. (2020). Simultaneous extraction optimization and characterization of pectin and phenolics from sour cherry pomace. *International journal of biological macromolecules*, 158, 911-921. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.04.241>

Kazemi, M., Khodaiyan, F., Hosseini, S. S., & Najari, Z. (2019). An integrated valorization of industrial waste of eggplant: Simultaneous recovery of pectin, phenolics and sequential production of pullulan. *Waste Management*, 100, 101-111. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.09.013>

Li, Q., Yao, S., Deng, L., & Zeng, K. (2022). Changes in biochemical properties and pectin nanostructures of juice sacs during the granulation process of pomelo fruit (*Citrus grandis*). *Food Chemistry*, 376, 131876. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131876>

Mushtruk, N., & Mushtruk, M. (2023). Analysis of the raw material base for pectin production. *Animal Science and Food Technology*, 14(2), 57-75. <https://doi.org/10.31548/animal.2.2023.57>

Palamarchuk, I., Mushtruk, M., Sukhenko, V., Dudchenko, V., Korets, L., Litvinenko, A., Deviatko, O., Ulianko, S., & Slobodyanyuk, N. (2020). Modelling of the process of vibromechanical activation of plant raw material hydrolysis for pectin extraction. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences* (Vol. 14, pp. 239–246). HACCP Consulting. <https://doi.org/10.5219/1305>

Palamarchuk, I., Zozulyak, O., Mushtruk, M., Petrychenko, I., Slobodyanyuk, N., Domin, O., Udodov, S., Semenova, O., Karpovych, I., & Blishch, R. (2022). The intensification of the dehydration process of pectin-containing raw materials. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences* (Vol. 16, pp. 15–26). HACCP Consulting. <https://doi.org/10.5219/1711>

Picot-Allain, M. C. N., Ramasawmy, B., & Emmambux, M. N. (2022). Extraction, characterisation, and application of pectin from tropical and sub-tropical fruits: a review. *Food Reviews International*, 38(3), 282-312. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1733008>

Selvendran, R. R. (1985). Developments in the chemistry and biochemistry of pectic and hemicellulosic polymers. *Journal of Cell Science*, 1985(Supplement_2), 51-88.

Souza, S. V. D. S., Jordão, C., Zampieri, D., Spontoni do Espírito, B., Leite, J., Guercio, A. C., & de Oliveira, W. (2020). El consumo de la polidextrosa previene la obesidad y sus comorbilidades en ratas alimentados con dieta hipercalórica. *Revista chilena de nutrición*, 47(1), 6-13. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182020000100006>

Sukhenko, Y., Mushtruk, M., Vasylyv, V., Sukhenko, V., & Dudchenko, V. (2019). Production of Pumpkin Pectin Paste. In *Lecture Notes in Mechanical Engineering* (pp. 805–812). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22365-6_80

Vásquez, P., Vega-Gálvez, A., & Bernal, C. (2022). Production of antioxidant pectin fractions, drying pretreatment methods and physicochemical properties: towards pisco grape pomace revalue. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 16(5), 3722-3734. <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01482-3>

Wang, R., Liang, R., Dai, T., Chen, J., Shuai, X., & Liu, C. (2019). Pectin-based adsorbents for heavy metal ions: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 91, 319-329. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.033>

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

Zheplinska, M., Vasylyv, V., Deviatko, O., Ulianko, S., & Kanivets, N. (2022). Research of Wheat Fiber with Pumpkin Pectin Plant Additive. In *Lecture Notes in Mechanical Engineering* (pp. 237–246). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-06044-1_23

Отримано 03.07.2024 р., прийнято до публікації 07.08.2024 р.

УДК 662.767.2:637.043

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.3.2024.18>

УТИЛІЗАЦІЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ОЛІЙ ЯК ПЕРСПЕКТИВНИЙ МЕТОД ВИРОБНИЦТВА ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА

Чуюк Роман Васильович,

Здобувач ступеня доктора філософії,

<https://orcid.org/0009-0005-9479-8803>,Національний університет біоресурсів і природокористування,
03041, Героїв Оборони 15, Київ, Україна.**Муштрук Михайло Михайлович,**

Кандидат технічних наук., доцент,

<https://orcid.org/0000-0002-3646-1226>,Національний університет біоресурсів і природокористування,
03041, Героїв Оборони 15, Київ, Україна.

Анотація. Стаття присвячена удосконаленню технології виробництва дизельного біопалива з відпрацьованих олій, які є значним джерелом забруднення навколишнього середовища. Забруднення довкілля є однією з найбільших екологічних проблем сучасності. Відпрацьовані олії, що не утилізуються належним чином, спричиняють серйозні екологічні проблеми, зокрема забруднення водних ресурсів та ґрунтів. Використання відпрацьованих олій для виробництва біопалива є перспективною технологією, що дозволяє знизити обсяги забруднення та зменшити залежність від викопних видів палива. Дизельне біопаливо з відпрацьованих олій має суттєві екологічні, економічні та стійкі переваги. Основною метою статті є детальний аналіз сучасних технологій виробництва дизельного біопалива з відпрацьованих олій та оцінка їх удосконалень і впливу на екологію, економіку та суспільство. У статті розглянуто інноваційні підходи до переробки відпрацьованих олій, їх очищення та підготовки для подальшого використання. Проведено, аналіз основних методів переестерифікації, гідрогенізації, естерифікації та ферментного каталізу, а також новітні технології, такі як ультразвукова та мікрохвильова інтенсифікація виробництва біопалива. Запропоновано нові технологічні рішення для попередньої підготовки відпрацьованих олій з високим вмістом вільних жирних кислот з використанням комбінації кислотних каталізаторів та розроблено-технологічна схема повного циклу виробництва. Визначено раціональні параметри роботи обладнання для попередньої підготовки відпрацьованих олій з високим вмістом вільних жирних кислот. Рекомендовані умови включають: температура гідрування не вище 80°C, тривалість процесу не менше 40 хвилин; відділення водно-білкової частини шляхом центрифугування при частоті обертання ротора центрифуги 3000 об/хв протягом 20 хвилин; температура реакції естерифікації не більше 60°C; молярне співвідношення спирту до олії 9:1; концентрація кислотного каталізатора у межах 1-15%; інтенсивність перемішування в реакторі 31,42 с⁻¹; тривалість процесу не менше 120 хвилин. Встановлено, що для реакції переестерифікації доцільно застосовувати гідроксид калію. Застосування гідроокису калію вигідне, тому що калійні солі, що утворюються в ході технологічного процесу виробництва дизельного біопалива, можуть бути використані як мінеральні добрива. За результатами досліджень обрані оптимальні параметри проведення реакції переестерифікації: кількість метанолу – 20 % мас. від маси олії, каталізатора КОН 1 – 1,5% від маси олії, температура ведення процесу 60°C при тривалості 60-70 хв.

Наведено приклади успішного впровадження цих технологій у різних країнах світу, зокрема в Європі, США та Азії. Додатково надано рекомендації щодо подальших досліджень і розвитку технологій, включаючи необхідність вдосконалення методів очищення

відпрацьованих олій, оптимізації процесів переестерифікації та інтеграції відновлюваних джерел енергії. Розглянуто перспективи та виклики галузі виробництва біопалива з відпрацьованих олій, зокрема питання регуляторної підтримки, фінансових стимулів та залучення інвестицій.

Ключові слова: біодизель, переестерифікація, естерифікація, відновлювальні джерела енергії, очищення олій, екологічна безпека.

UDC 662.767.2:637.043

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.3.2024.18>

DISPOSAL OF USED OILS AS A PROSPECTIVE METHOD OF PRODUCTION OF BIODIESEL

Roman Chuiuk,

Applicant for the degree of Doctor of Philosophy,

<https://orcid.org/0009-0005-9479-8803>,

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,

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

Mykhailo Mushtruk,

PhD in Technical Sciences, Associate Professor,

<https://orcid.org/0000-0002-3646-1226>,

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,

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

Abstract. The article is devoted to the improvement of the production technology of diesel biofuel from waste oils, which are a significant source of environmental pollution. Environmental pollution is one of the biggest environmental problems of our time. Used oils that are not properly disposed of cause serious environmental problems, including water and soil pollution. The use of waste oils for the production of biofuel is a promising technology that allows reducing the amount of pollution and reducing dependence on fossil fuels. Biodiesel from waste oils has significant environmental, economic and sustainable advantages. The main goal of the article is a detailed analysis of modern technologies for the production of diesel biofuel from waste oils and an assessment of their improvements and impact on ecology, economy and society. The article discusses innovative approaches to the processing of used oils, their purification and preparation for further use. An analysis of the main methods of transesterification, hydrogenation, esterification and enzyme catalysis, as well as the latest technologies, such as ultrasonic and microwave intensification of biofuel production, was carried out. New technological solutions for the preliminary preparation of used oils with a high content of free fatty acids using a combination of acid catalysts are proposed, and a technological scheme of the full production cycle is developed. The rational parameters of the equipment for the preliminary preparation of used oils with a high content of free fatty acids have been determined. Recommended conditions include hydrogenation temperature not higher than 80°C, duration of the process not less than 40 minutes; separation of the water-protein part by centrifugation at a rotation frequency of the centrifuge rotor of 3000 rpm for 20 minutes; the esterification reaction temperature is no more than 60°C; molar ratio of alcohol to oil 9:1; acid catalyst concentration within 1-15%; the intensity of mixing in the reactor is 31.42 s⁻¹; the duration of the process is not less than 120 minutes. It was established that it is advisable to use potassium hydroxide for the transesterification reaction. The use of potassium hydroxide is beneficial because the potassium salts formed during the technological process of diesel biofuel production can be used as mineral fertilizers. According to the results of the research, the optimal parameters for the

transesterification reaction were chosen: the amount of methanol - 20% by mass. from the weight of the oil, the KOH 1 catalyst is 1.5%, the temperature of the process is 60°C and the duration is 60-70 minutes.

Examples of successful implementation of these technologies in various countries of the world, in particular in Europe, the USA and Asia, are presented. Additionally, recommendations are provided for further research and technology development, including the need to improve waste oil purification methods, optimize transesterification processes, and integrate renewable energy sources. The prospects and challenges of the industry of biofuel production from waste oils are considered, in particular the issues of regulatory support, financial incentives and investment attraction.

Keywords: biodiesel, transesterification, esterification, renewable energy sources, oil purification, environmental safety.

ВСТУП. Забруднення довкілля є однією з найбільших екологічних проблем сучасності. Щорічно у світі виробляються мільйони тонн відпрацьованих олій, які часто не утилізуються належним чином (Chen et al., 2022). Ці олії, потрапляючи у довкілля, можуть спричиняти серйозні екологічні проблеми. Наприклад, викидання відпрацьованих олій у водні ресурси призводить до утворення тонкої плівки на поверхні води, яка перешкоджає кисневому обміну і завдає шкоди водній фауні та флорі (Pinheiro et al., 2021). У ґрунті відпрацьовані олії можуть викликати деградацію і зменшення родючості, а також впливати на здоров'я людей, які проживають у забруднених регіонах (Hosseinzadeh-Bandbafha et al., 2022).

Використання відпрацьованих олій для виробництва біопалива є однією з перспективних технологій, що дозволяє знизити обсяги забруднення і зменшити залежність від викопних видів палива (Mushtruk, 2014). Дизельне біопаливо, отримане з відпрацьованих олій, має декілька суттєвих переваг:

- *екологічна вигода:* використання відпрацьованих олій для виробництва біопалива зменшує викиди парникових газів, оскільки біодизель має нижчий вміст вуглекислого газу (CO₂) в порівнянні з традиційним дизельним паливом (Mushtruk et al., 2024). Це сприяє боротьбі з глобальним потеплінням та зменшенню екологічного сліду.

- *економічна ефективність:* відпрацьовані олії є доступною і недорогою сировиною, що знижує загальні витрати на виробництво біопалива (Mushtruk et al., 2022). Використання відходів також сприяє зменшенню витрат на утилізацію та очищення довкілля.

- *стійкість:* синтез відпрацьованих олій в дизельне біопаливо сприяє сталому розвитку, оскільки забезпечує повторне використання відходів і зменшує навантаження на природні ресурси (Zulqarnain, Mohd Yusoff et al., 2021). Це також стимулює розвиток циркулярної економіки, де відходи стають цінними ресурсами.

Метою цієї статті є детальний аналіз сучасних технологій виробництва дизельного біопалива з відпрацьованих олій, а також оцінка їх удосконалень і впливу на екологію, економіку та суспільство. У статті розглянуто інноваційні підходи до переробки відпрацьованих олій, їх очищення та підготовки для подальшого використання.

Додатково, у статті надано рекомендації щодо подальших досліджень і розвитку технологій, а також розгляне перспективи та виклики, з якими стикається галузь виробництва біопалива з відпрацьованих олій. Це допоможе зрозуміти, як можна покращити ефективність та екологічність процесу, а також стимулювати інвестиції та підтримку з боку держави та приватного сектору.

ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД. *Переестерифікація* є найбільш розповсюдженим методом виробництва біодизеля. У цьому процесі тригліцериди з олій або жирів реагують з алкоголем (зазвичай метанолом) у присутності каталізатора (наприклад, гідроксиду натрію або калію),

утворюючи метилові ефіри жирних кислот (біодизель) та гліцерин (Pugazhendhi, 2021; Aurtherson *et al.*, 2023). Процес включає кілька етапів:

- змішування*: олії змішуються з спитом і каталізатором;
- хімічна реакція*: проводиться переестерифікація за температури 60-65 °C;
- розділення*: отриманий біодизель відокремлюється від гліцерину;
- очищення*: біодизель очищається від залишків продуктів реакції.

Німецька компанія ADM (Archer Daniels Midland) використовує даний метод для виробництва дизельного біопалива на своїх заводах у Європі. Вони використовують різноманітні олії, включаючи ріпакову та соняшникову, для виробництва високоякісного біодизелю, який відповідає європейським стандартам EN 14214 (Ganesan *et al.*, 2021).

Гідрогенізація є процесом, при якому олії та жири піддаються реакції з воднем у присутності каталізатора під високим тиском і температурою (Zhao *et al.*, 2021). Це перетворює олії у вуглеводневі палива, подібні до звичайного дизельного палива. Основні етапи процесу виробництва включають наступні технологічні операції:

- *очищення олії або жиру від домішок*;
- *проведення хімічної реакції з воднем у присутності каталізатора (зазвичай платини або нікелю)*;
- *розділення продуктів: отримані вуглеводні розділяються на фракції*.

Фінська компанія Neste використовує технологію гідрогенізації для виробництва свого біодизелю під торговою маркою Neste MY Renewable Diesel. Їхній продукт виготовляється з відновлюваної сировини, включаючи відпрацьовані олії, і має дуже низькі викиди парникових газів (Eldiehy *et al.*, 2022).

Естерифікація олій та жирів з використанням кислотних каталізаторів

Естерифікація жирів під впливом сильних кислот, таких як сірчана кислота, дозволяє отримувати ефіри з високим виходом до 99%. Проте, цей процес вимагає високих температур (понад 100°C) і триває більше трьох годин. Для повного і незворотного проходження реакції необхідно використовувати значний надлишок алкоголю (Ahrajan *et al.*, 2024).

Ця методика ефективна для перетворення рослинних олій з високим вмістом вільних жирних кислот (ВЖК) і води на біодизель. Спочатку здійснюється естерифікація ВЖК, після чого переестерифікація тригліцеридів виконується за допомогою лужних каталізаторів.

Одним з прикладів застосування вищезазначеної технології є проект BIOREFINE-2G, що фінансується Європейською комісією, включає використання технології кислотної естерифікації для переробки відпрацьованих олій у біодизель. Проект спрямований на розробку ефективних методів переробки низькоякісних відходів олій у високоякісне біопаливо (Kukana and Jakhar, 2022).

Лужний каталіз у переестерифікації олій та жирів

Лужний каталіз у поєднанні з метанолом є найефективнішим методом для виробництва біодизелю. Цей процес відзначається швидкістю, економічністю та безпечністю каталізаторів порівняно з кислотними методами. Найпоширенішими лужними каталізаторами є гідроксиди калію (KOH) і натрію (NaOH). KOH коштує дорожче, але забезпечує краще відділення гліцеролу від палива. Для жирів з низьким вмістом ВЖК (менше 2%) рекомендується використовувати NaOH. При високому вмісті ВЖК спочатку проводиться швидка естерифікація спиртом і сірчаною кислотою, а потім — лужна переестерифікація (Jayaraman *et al.*, 2022).

Гетерогенний каталіз у переестерифікації олій та жирів

Гетерогенні кислотні каталізатори стають перспективними заміниками лужних каталізаторів, особливо для жирів з високим вмістом ВЖК, які спричиняють омилення реагентів. Вони прискорюють реакції естерифікації ВЖК та переестерифікації тригліцеридів,

забезпечуючи більш ефективний процес. Нові каталітичні системи розроблені для обробки як тваринних, так і рослинних жирів, що відкриває нові можливості для промислового виробництва біодизелю (Yildiz, Caliskan and Mori, 2022).

Ферментний каталіз у переестерифікації олій та жирів

Використання ферментів для переестерифікації жирів дозволяє отримувати до 90% біодизелю з високим ВЖК без утворення водно-лужних відходів. Ферментативні процеси є більш вибірковыми і екологічними. Для деяких ферментів необхідні ко-фактори (іони металів і органічні сполуки), що впливають на їх біологічну активність. Імобілізовані ліпази, розроблені нещодавно, активно використовуються в цих процесах, забезпечуючи високий вихід основного продукту (Suzihaque et al., 2022).

Використання альтернативних розчинників у переестерифікації

Процеси переестерифікації, що базуються на масопередачі через рідину, можуть бути оптимізовані за допомогою альтернативних розчинників, таких як іонні рідини та надкритичні флюїди. Надкритичний метаноліз при температурі 350°C і тиску 30–40 МПа дозволяє уникнути фазового поділу, що значно підвищує ефективність реакції. Цей підхід дозволяє досягати виходу ефіру понад 98% всього за кілька хвилин без використання каталізаторів (Suzihaque et al., 2023).

Надкритична переестерифікація метанолом

Надкритична переестерифікація метанолом є високоефективним методом, що забезпечує конверсію жирів у паливо до 95% за чотири хвилини. Оптимальні умови для цього процесу включають температуру 350°C, тиск 30 МПа, співвідношення метанолу до жиру 42:1, і тривалість реакції 240 секунд. Використання спеціального трубчастого реактора для цього процесу дозволяє досягти виходу метилових ефірів на рівні 96% (Mathew et al., 2021).

Ультразвукова інтенсифікація виробництва біопалива

Застосування ультразвукових хвиль у процесі переестерифікації забезпечує утворення кавітаційних бульбашок, що покращує змішування та нагрівання реакційної суміші. Це дозволяє значно скоротити час і температуру реакції, знизити енерговитрати та збільшити вихід продукту. Ультразвукові реактори можуть бути ефективно використані у промислових масштабах для переробки кількох тисяч літрів сировини на добу (Aghbashlo et al., 2021).

Мікрохвильова інтенсифікація виробництва біопалива

Мікрохвильові нагрівачі також активно досліджуються для використання у переестерифікації жирів. Цей метод дозволяє забезпечити ефективне нагрівання реагентів, скорочуючи час реакції і знижуючи енерговитрати. Безперервний процес мікрохвильової переестерифікації при 99% конверсії жиру забезпечує економію до 75% енергії. Цей метод має потенціал для масштабного промислового застосування у виробництві біодизелю (Elgharbawy et al., 2021).

Традиційні методи, такі як переестерифікація, мають свої переваги у вигляді відносно простих технологічних процесів і низьких витрат. Вони добре зарекомендували себе і широко використовуються в промисловості. Однак, вони мають певні обмеження, наприклад, необхідність очищення біодизелю від залишків каталізатора і гліцерину.

Інноваційні методи, такі як гідрогенізація, дозволяють отримувати біопаливо з кращими експлуатаційними характеристиками, але вони потребують складніших і дорожчих технологічних процесів. Ці методи забезпечують вищу чистоту кінцевого продукту та знижують викиди шкідливих речовин. Крім того, вони дозволяють використовувати ширший спектр сировини, включаючи низькоякісні відходи олій.

Однією з ключових переваг використання відпрацьованих олій є зниження витрат на сировину. Відпрацьовані олії є дешевшими і доступнішими в порівнянні з первинними рослинними оліями. Вони можуть надходити з різних джерел, таких як:

- *ресторанні відходи*: ресторани та заклади харчування виробляють значну кількість відпрацьованих олій, які можуть бути зібрані та перероблені на біопаливо.

- *промислові відходи*: підприємства АПК також генерують відпрацьовані олії, які можуть бути використані для виробництва біодизелю.

- *відходи домогосподарств*: збір відпрацьованих олій від домогосподарств також є потенційним джерелом сировини.

Американська компанія Renewable Energy Group (REG) використовує відпрацьовані олії з ресторанів та закладів швидкого харчування для виробництва біодизелю. Вони співпрацюють з численними партнерами для збору та переробки олій, що дозволяє зменшити витрати на сировину та знизити вплив на довкілля (Konur, 2021).

Використання відпрацьованих олій знижує витрати на сировину, оскільки вони є дешевшими у порівнянні з первинними рослинними оліями. Це дозволяє зменшити загальні витрати на виробництво біодизелю. За даними Американської асоціації виробників біодизелю (NBV), використання відпрацьованих олій може знизити собівартість виробництва біодизелю на 30-50% у порівнянні з використанням первинних олій (Babadi *et al.*, 2022).

Застосування відпрацьованих олій для синтезу дизельного біопалива дозволяє зменшити кількість відходів, які інакше могли б забруднювати навколишнє середовище. Це також сприяє зниженню викидів парникових газів. Згідно з дослідженнями, проведеними Європейською агенцією з охорони довкілля (ЕЕА), використання біодизелю з відпрацьованих олій може знизити викиди CO₂ на 85% у порівнянні з традиційним дизельним паливом (Pasha *et al.*, 2021).

Переробка відпрацьованих олій на біодизель підтримує концепцію циркулярної економіки, де відходи перетворюються на цінні ресурси. Це сприяє сталому розвитку та зменшенню залежності від викопних видів палива. Фінська компанія Neste, яка виробляє біодизель з відпрацьованих олій, має мету повністю перейти на відновлювані джерела сировини до 2030 року, що є частиною їхньої стратегії сталого розвитку (Pasha *et al.*, 2021).

Одним з основних викликів використання відпрацьованих олій є організація ефективного збору та логістики. Відпрацьовані олії часто розпорошені серед численних джерел, що ускладнює їх збір та транспортування до переробних заводів. У деяких регіонах США було впроваджено спеціальні програми для збору відпрацьованих олій від ресторанів, що включають встановлення контейнерів для зберігання олій та регулярні маршрути збору (Babadi *et al.*, 2022).

Відпрацьовані олії можуть містити значні кількості домішок, таких як вода, залишки їжі та інші забруднення. Це вимагає додаткових етапів очищення та підготовки перед переробкою у біодизель. Компанія Argent Energy, що займається переробкою відпрацьованих олій у біодизель у Великобританії, розробила спеціальні технології для ефективного очищення олій, що дозволяє знизити витрати та підвищити якість кінцевого продукту (Mushtruk, 2014).

Для отримання дизельного біопалива необхідно використовувати очищені та зневоднені олії та жири, для цього застосовують нові інноваційні підходи до очищення та попередньої підготовки сировини:

- *ультрафільтрація* – метод, який використовує мембрани для видалення домішок з відпрацьованих олій. Цей метод дозволяє ефективно відокремлювати тверді частинки та воду. Японська компанія JGC Corporation використовує ультрафільтрацію для очищення відпрацьованих олій перед їх переробкою у біодизель, що дозволяє знизити витрати на очищення та підвищити ефективність виробництва (Esmaeili, 2022; Subhash *et al.*, 2022).

- *суперкритична флюїдальна екстракція* – метод, який використовує суперкритичні флюїди (наприклад, діоксид вуглецю) для видалення домішок з відпрацьованих олій. Цей метод забезпечує високу ефективність очищення і може бути використаний для переробки олій з високим вмістом вільних жирних кислот. Дослідницька група з Університету штату Колорадо розробляє технології суперкритичної флюїдальної екстракції для очищення відпрацьованих олій, що дозволяє значно покращити якість біодизелю (Maheshwari *et al.*, 2022).

- *електрокоагуляція* – процес очищення, який використовує електричний струм для злипання та осадження домішок з відпрацьованих олій. Цей метод є ефективним для видалення твердих частинок та інших забруднень. Індійський Інститут Технологій у Мадрасі досліджує використання електрокоагуляції для очищення відпрацьованих олій, що дозволяє знизити витрати на очищення та покращити якість дизельного біопалива (Nazrat *et al.*, 2021).

Отже, основними методи для виробництва дизельного біопалива відпрацьованих олій та жирів є переестерифікація, гідрогенізація, естерифікація. Використання відпрацьованих олій є економічно вигідним і дозволяє знизити витрати на сировину. Компанії, які використовують такі методи, мають свої переваги і обмеження, які необхідно варто враховувати при виборі технології для виробництва біодизелю.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ. Методологія дослідження ґрунтується на сучасних теоретичних та експериментальних методах переробки відпрацьованих олій в дизельне біопаливо. Основна експериментальна частина дослідження була проведена в лабораторії кафедри процесів і обладнання переробки продукції АПК, Національного університету біоресурсів і природокористування України, з використанням нових методів для оцінки можливостей перетворення відпрацьованих олій в рідке біопаливо та визначення показників якості кінцевого продукту.

У дослідженнях використовували відпрацьовану олію яку нагрівали до 65-85 °C і витримували в заданому режимі протягом 120 хвилин з використанням кавітаційного перемішування для видалення залишкової вологи. Потім олію фільтрували для відділення нерозчинних домішок. Як виявили автори наукових робіт (Mushtruk, 2021), рівень вільних жирних кислот у вихідній сировині повинен бути знижений до 1% перед використанням алкоголь-каталітичної суміші. Після аналізу наукових публікацій було прийнято рішення провести попередню підготовку. Вхідна сировина мала кислотне число (КЧ) в межах від 20 до 30 мг КОН/г. Основним методом зниження кислотного числа був обраний кислотний каталіз (естерифікація), оскільки кислотне число перевищувало 1 мг КОН/г.

Визначення якісних характеристик відпрацьованих олій проводили в хімічно-аналітичній лабораторії українського науково-дослідного інституту ім. Л. Погорілого. Дослідження, проведені в лабораторії, включали аналіз фізико-хімічних показників, що дозволяє оцінити якість і можливості використання відпрацьованих олій у різних галузях промисловості.

Процес естерифікації включав декілька етапів. Спочатку, відпрацьовану олію змішували з метиловим спиртом, до суміші додавали один з обраних кислотних каталізаторів: сірчану, хлоридну або азотну кислоту. Процес естерифікації вільних жирних кислот (ВЖК) проводився, при різних молярних співвідношень спирту до олії та різних концентраціях кислотних каталізаторів з варіюванням часових інтервалів для визначення оптимальних умов технологічного процесу. Всі експерименти проводили за температури 55-65 °C, що забезпечувало достатню активність реакції. Лабораторна установка, використана для проведення цих досліджень, зображена на рис. 1.

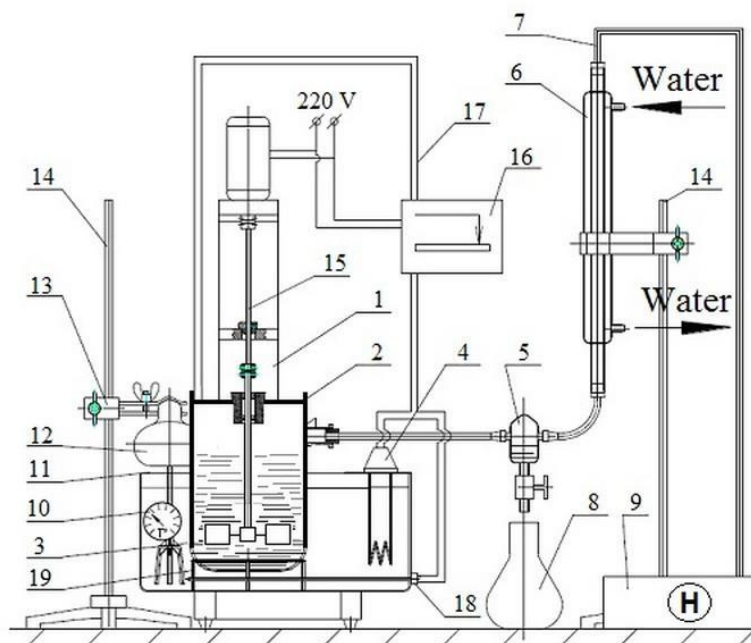


Рисунок 1. Схема лабораторного обладнання для дослідження процесу синтезу дизельного біопалива [7]: 1 – штатив двигуна, 2 – лабораторний реактор, 3 – змішувач, 4 – термостат, 5 – збірник конденсату, 6 – холодильник, 7 – трубопровід, 8 – колба для збору конденсату, 9 – вакуумний насос, 10 – термометр, 11-водяна «баня», 12 – змішувач, 13-хомут, 14 – штатив, 15- вал змішувача, 16 – термостат, 17 – кабель, 18 – термодатчик, 19 – стійка.

Примітка: авторська розробка

Переестерифікація з використанням лужних каталізаторів

В процесі лабораторних досліджень були визначені оптимальні молярні співвідношення метанолу до олії, які становили 6:1 і 9:1. Кількість лужного каталізатора коливалася від 1% до 1,5% від початкової ваги олії. Крім того, розглядалася необхідність використання надлишкової кількості каталізатора для нейтралізації залишкових вільних жирних кислот (ВЖК). Цей надлишок розраховувався залежно від типу використаного лужного каталізатора: для гідроксиду калію (KOH) формула була $\% \text{ВЖК} \times 0,64 + 1,7\%$, а для гідроксиду натрію (NaOH) – $\% \text{ВЖК} \times 0,78 + 2,0\%$ (Mushtruk, 2014). Процес переестерифікації проводили на лабораторній установці, з використанням гідродинамічної кавітації (див. рис. 2).

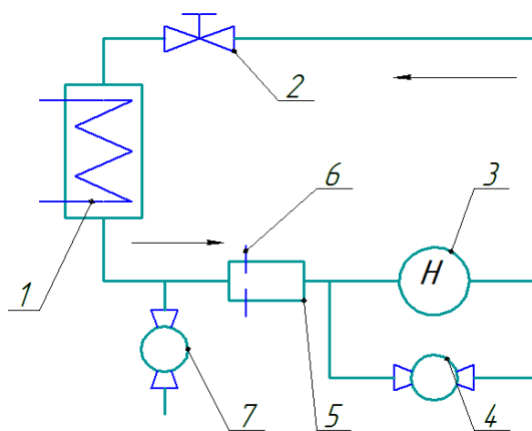


Рисунок 2. Схема лабораторної установки для виробництва дизельного біопалива з використанням гідродинамічної кавітації: 1 – реактор; 2 – запобіжний клапан; 3 – насос; 4 – запобіжний клапан; 5 – прозорий корпус кавітатора; 6 – діафрагма; 7 – перепускний клапан

Примітка: авторська розробка

Переестерифікацію проводився при температурі від 25 до 60 °С протягом часу, що не перевищував 4 годин. Після завершення реакції видаляли гліцериновий шар, а отриманий сирий біодизель промивали водою, фільтрували та сушили. Для забезпечення високої якості продукту проводили контрольний аналіз зразків в спеціалізованій лабораторії, де оцінювали його фізико-хімічні властивості, такі як густину, в'язкість, вміст метилових ефірів та рівень забруднюючих домішок. Окрім того, проводились тестування на стабільність біодизелю при зберіганні та його відповідність міжнародним стандартам.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ. У науковій роботі (Mushtruk, 2014) автор запропонував метод зниження високих рівнів вільних жирних кислот (ВЖК) через проведення кількох послідовних етапів естерифікації з використанням кислотних каталізаторів. Проте збільшення їх кількості може знизити вихід естерів через розчинність олії та естерів у метанолі. Тому була проведена спроба досягти належного рівня ВЖК на першому етапі для забезпечення високого виходу ефірів та скорочення часу синтезу дизельного біопалива.

Для естерифікації вільних жирних кислот (ВЖК) використовувався сірчаний каталізатор (H_2SO_4). Реакцію проводили при різних молярних співвідношеннях метанолу до олії (9:1, 14:1, 21:1, 24:1, 32:1) та з різними концентраціями сірчаної кислоти (2 %, 7 %, 15 %, 20 %, 35%) протягом однієї години при температурі 60°C. Попередні дослідження з використанням 3% та 6% каталізатора при різних молярних співвідношеннях метанолу до олії показали, що рівень ВЖК знижувався до 11,25% при використанні 6% сірчаної кислоти та співвідношенні 30:1. Було виявлено, що для досягнення кращих результатів необхідно збільшити кількість сірчаної кислоти та метанолу.

Подальші експерименти проводили за молярного співвідношення метанолу до олії 25:1 і 35:1 з різними концентраціями сірчаної кислоти (15%, 20%, 35%). Час реакції та температура залишалися незмінними. Рівень ВЖК знижувався із збільшенням концентрації сірчаної кислоти та метанолу, досягнувши значень 6,3 %, 2,3 % і 1,20 % при 15 %, 20 % і 35 % сірчаної кислоти відповідно при співвідношенні 25:1.

Основною метою естерифікації відпрацьованих олій з високим вмістом кислот є зниження рівня ВЖК до приблизно 1%. При співвідношенні 30:1 рівні ВЖК знижувалися до 4,9 %, 1,40 % і 1,04 % при 15 %, 20 % і 35 % сірчаної кислоти відповідно. В іншій статті автори (Athar & Zaidi, 2020) відзначають, що при співвідношенні 30:1 рівні ВЖК зменшуються до 7,2 %, 2,50 % і 2,54 % при 15 %, 20 % і 35 % сірчаної кислоти відповідно.

Для естерифікації HCl експерименти проводили з 6 %, 15 % і 20 % соляної кислоти при молярному співвідношенні метанолу до олії 20:1 і 30:1. Використання 6% HCl не було ефективним, оскільки рівень ВЖК знизився лише до 13 % і 12,5 % при співвідношеннях 20:1 і 30:1 відповідно. Підвищення концентрації HCl до 15 % і 20 % знижувало рівень ВЖК до 5,3 % і 2,8 % при співвідношенні 20:1. При співвідношенні 30:1 рівень FFA знижувався до 3,9 % і 1,7 % при 15 % і 20 % HCl відповідно. Рівень ВЖК знижувався до 1 % при використанні 20 % соляної кислоти та співвідношення 30:1 за умов збільшення часу реакції до 90 хвилин.

Для естерифікації HNO_3 через погану розчинність в спирті азотну кислоту нагрівали до 45 °С. Використання 5% HNO_3 не було ефективним, оскільки рівень ВЖК знизився лише до 12,78% і 12,32% при співвідношеннях 25:1 і 35:1 відповідно. Підвищення концентрації до 17 % знижувало рівень FFA до 12 % при співвідношенні 35:1, тому дослідження з використанням HNO_3 припинили.

За результатами експериментальних досліджень, було прийнято рішення застосувати комбінацію кислотних каталізаторів H_2SO_4 та H_3PO_4 . Експерименти проводили з 3% + 5%, 5% + 5 % і 10 % + 5% відповідно сірчаної та фосфорної кислоти при молярному співвідношенні

метанолу до олії 15:1 і 20:1. Використання 8 % комбінованого каталізатора не було ефективним, оскільки рівень ВЖК знизився лише до 15 % і 13,5 % при співвідношеннях 15:1 і 20:1 відповідно. Підвищення концентрації H_2SO_4 та H_3PO_4 до 10 % знижувало рівень ВЖК до 6,1 % і 3,1 % при співвідношенні 15:1. Рівень ВЖК знижувався до 1 % при використанні комбінації 10 % + 5 % H_2SO_4 та H_3PO_4 і співвідношення метанолу/олії 20:1 за умов збільшення часу реакції до 90 хвилин.

Естерифікація з використанням комбінованого каталізатора (H_2SO_4 та H_3PO_4) показала найкращі результати. Враховуючи, що основною метою було зниження рівня ВЖК до 1%, подальші експерименти проводили з (10% H_2SO_4 та 5% H_3PO_4) при молярному співвідношенні спирт/олія 20:1, що знижувало рівень FFA до нижче 1%. Рівні ВЖК знижувалися до 0,85 % і 0,6 % після 60 і 80 хвилин реакції при температурі 60 °C.

Встановлено, що застосування, комбінованих каталізаторів, таких як суміш сірчаної та фосфорної кислот, може покращити ефективність процесу та знизити витрати на каталізатори, але впровадження запропонованих технологічних рішень потребує більш детальних досліджень.

За результатами досліджень розроблено технологічну схему виробництва дизельного біопалива з відпрацьованих олій, яка представлена на рис. 3.

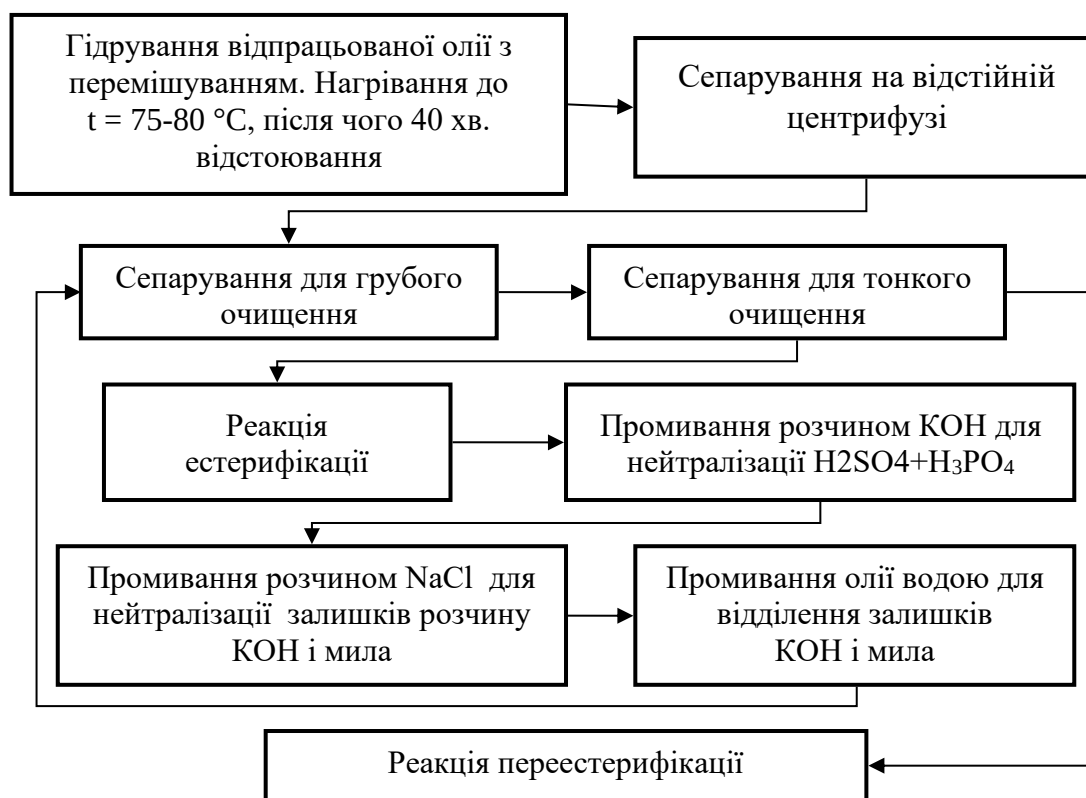


Рисунок 3. Схема переробки відпрацьованих олій

Примітка: авторська розробка

В лабораторних умовах було проведено серію експериментальних досліджень для апробації розроблених технологічних рішень, процес виробництва дизельного біопалива складався з шести основних стадій: попередня підготовка ВО рис. 4, естерифікації рис. 5, переестерифікації, процесу поділу фаз (поділ на сирий біодизель та гліцерол) рис. 6, промивання для видалення залишків гліцеролу, мила та метанолу та сушка для видалення залишків води рис. 7.



Рисунок 4. Попередня підготовка ВО

Примітка: авторська розробка



Рисунок 5. Дослідні ВО зразки після процесу естерифікації

Примітка: авторська розробка



Рисунок 6. Дослідні зразки після процесу переестерифікації

Примітка: авторська розробка



Рисунок 7. Дослідні зразки дизельного біопалива відпрацьованих олій після промивання та сушіння

Примітка: авторська розробка

Запропоновані технологічні та технічні рішення, дозволили забезпечити виробництво високоякісного біопалива. Таким чином, кінематична в'язкість палива при температурі 40 °C становить 4,5 мм²/с, що відповідає вимогам чинних стандартів (3,5-5,0 мм²/с), температура спалаху становить 140 °C (для євростандарту не менше 120 °C), що позитивно впливає на роботу дизельних двигунів. Густина палива при температурі 15 °C становить 880 кг/м³, що також відповідає нормі. Метанол, вода, сірка, гліцерин, механічні домішки та залишки мила в паливі повністю відсутні, тому його можна вважати екологічно чистим і безпечним для використання. Цетанове число становить 53 (мінімум 51), що забезпечує ефективне згорання в двигуні, а кислотне число не перевищує 0,15 мг КОН/г (за стандартом не більше 0,5).

В науковій роботі (Dey *et al.*, 2021) автори описують ряд установок для виробництва дизельного біопалива, які експлуатуються в Європі. Наприклад, технологія фірми Ballestra Sp.A. включає три етапи, на кожному з яких використовується стехіометричний надлишок метанолу до олії у співвідношенні 2:1. Реактори працюють під вакуумом за температури нижче +50 °C. В якості побічного продукту виходить сирий гліцерин. Технологія призначена для отримання метилових ефірів з сировини рослинного і тваринного походження.

Дослідники розробили процес виробництва суміші ефірів жирних кислот шляхом переестерифікації олій і жирів, які можуть містити значну кількість вільних жирних кислот. Для цього використовують кислотний каталізатор, підвищений тиск і температуру +130°C. Процес проходить у три етапи, причому на третьому етапі застосовують лужний каталізатор (Zulqarnain *et al.*, 2021).

Автори роботи (Ali *et al.*, 2020) запропонували процес виробництва біодизелю, який, на їхню думку, значно перевершує існуючі промислові методи. Вони розробили простий одностадійний процес для виготовлення біопалива з різних олій, навіть тих, що містять високі концентрації вільних жирних кислот, дигліцеридів, моногліцеридів, фосфоліпідів, поліпептидів і підкисленого мила. Процес передбачає переестерифікацію тригліцеридів, дигліцеридів і моногліцеридів, а також одночасну естерифікацію вільних жирних кислот за допомогою спирту з вуглецевим ланцюгом C₁–C₅ (переважно безводного метанолу або безводного етанолу). Реакція проводиться в присутності каталізатора, що є сумішшю ацетату кальцію та ацетату барію (3:1 за масою), при нагріванні в автоклаві до температури 200–250 °C протягом трьох годин, після чого суміш швидко охолоджують до 63°C. У процесі

використовують 3–4 молярних надлишків метанолу або етанолу, а концентрація каталізатора становить 0,5–1% від маси жировмісної сировини.

Порівняльний аналіз наукових робіт (Ganesan *et al.*, 2020; Vickram *et al.*, 2023; Madden, Alles, & Demirel, 2021; Devarajan *et al.*, 2022) показує, що в розвинених країнах основні технології виготовлення дизельного біопалива базуються на метанолізі тригліцеридів, які містяться в рослинних оліях і тваринних жирах, з використанням різних типів каталізаторів. У випадку кислотних каталізаторів тривалість реакції може коливатися від 1 до 45 годин, тоді як при використанні основних каталізаторів вона скорочується до 1-8 годин. Тривалість реакції залежить від температури і тиску, а також від того, що в початковій фазі реакція проходить повільніше через двофазну природу системи. Проблеми, що залишаються невирішеними, включають видалення каталізаторів і продуктів омилення після реакції, що є критично важливим для забезпечення якості кінцевого продукту.

Авторами (Khan *et al.*, 2021; Dahiya, 2020) розроблено нову технологію для виробництва біодизелю, яка не потребує каталізаторів. Ця технологія базується на процесі переестерифікації ріпакової олії метанолом при надкритичних умовах. Як еталонні сполуки були використані ефіри стеаринової, олеїнової, лінолевої і ліноленової кислот, отримані з ріпакової олії. У цьому процесі застосовується велика кількість метанолу, у співвідношенні 42:1 до обсягу рослинної олії. При надкритичних умовах (температура 350–400 °C, тиск 90 МПа) реакція триває всього 3–5 хвилин. Після завершення реакції важливо швидко охолоджувати отримані продукти, щоб запобігти їх розпаду.

Процеси і обладнання для виробництва дизельного біопалива можна класифікувати за режимами їх роботи. Існують два основних типи обладнання: таке, що функціонує в циклічному режимі, та таке, що працює безперервно. Це розрізнення визначає технологічні процеси, які поділяються на циклічні і безперервні. Кожна з цих технологій має свої підвиди. Циклічні технології, або періодичні, можна класифікувати на ті, що використовують каталізатори, надкритичні технології та безкаталізаторні технології. Безперервні технології, в свою чергу, включають багатореакторні технології, промислові процеси *II-Ester fir N* та критичні технології (Gad *et al.*, 2021).

Найбільше поширення отримали циклічна (періодична) технологія з використанням каталізаторів та безперервна багатореакторна технологія. Перша зазвичай застосовується для невеликих обсягів виробництва, тоді як безперервна технологія є більш ефективною для великих обсягів. У Європі циклічна технологія для виробництва метилових ефірів з ріпакової олії була розроблена компанією RMEnergy, яка отримала патент на цю технологію в 2001 році під номером 10135297A1. У вересні 2004 року ліцензія на виробництво установок RME була передана компанії IBG Montors Oekotec GmbH & CO на підставі укладеного договору (Boro *et al.*, 2022; Tucki *et al.*, 2020).

У США основними виробниками обладнання для дизельного біопалива є великі компанії, які є членами Національної асоціації виробників та споживачів біодизелю та устаткування для його виробництва (National Biodiesel Board). Асоціація активно сприяє просуванню дизельного біодизелю на ринок, заохочуючи його виробництво та використання. Виробництво дизельного біопалива в США здійснюється за традиційною технологією, що обумовлено суворими регламентаціями технологічних процесів та фізико-механічних властивостей продукту (Razak *et al.*, 2021).

Такий інноваційний підхід до обробки дозволив створити паливо, яке не тільки відповідає всім необхідним стандартам, але й перевершує їх. Висока температура спалаху та оптимальна щільність сприяють стабільній і надійній роботі двигунів, а відсутність шкідливих домішок робить паливо безпечним для навколишнього середовища. Це біопаливо можна розглядати як перспективний варіант для майбутнього, адже воно поєднує в собі ефективність, екологічність та відповідність суворим стандартам якості.

ВИСНОВКИ. Використання відпрацьованих олій для виробництва дизельного біопалива сприяє зниженню екологічного забруднення, особливо водних ресурсів та ґрунтів, завдяки ефективній утилізації відходів.

Відпрацьовані олії є доступною та недорогою сировиною, що знижує витрати на виробництво біопалива, роблячи його економічно вигідним та конкурентоспроможним порівняно з традиційними видами палива.

Використання відходів сприяє сталому розвитку та підтримці циркулярної економіки, де відходи перетворюються на цінні ресурси, що зменшує навантаження на довкілля та сприяє раціональному використанню природних ресурсів.

Встановлено, що для відповідності вимогам існуючих стандартів при виробництві дизельного біопалива, особливу увагу необхідно приділяти підготовці сировини до переробки, а саме: забезпечити вміст вологи не вище 7%, знизити кислотне число до 1 мг КОН/г за рахунок нейтралізації ВЖК, видалити механічні домішки, застосовувати чистий метанолом (99,8%) та проводити нейтралізацію. Якість отриманого дизельного біопалива, виробленого за розробленою технологією, відповідає вимогам ДСТУ 6081:2009 та EN 14214:2003.

Основні виклики включають організацію ефективного збору та очищення відпрацьованих олій, що вимагає розробки систем логістики та інфраструктури для збору відходів, а також необхідність підтримки з боку держави та приватного сектору для стимулювання інвестицій та розвитку технологій.

Подальші дослідження та вдосконалення технологій необхідні для покращення ефективності та екологічності процесу виробництва дизельного біопалива з відпрацьованих олій. Це включає розробку нових каталітичних систем, удосконалення методів очищення та переробки сировини, а також інтеграцію з відновлюваними джерелами енергії для зменшення викидів парникових газів та покращення загальної екологічної ефективності.

References

- Aghbashlo, M., Peng, W., Tabatabaei, M., Kalogirou, S. A., Soltanian, S., Hosseinzadeh-Bandbafha, H., & Lam, S. S. (2021). Machine learning technology in biodiesel research: A review. *Progress in Energy and Combustion Science*, 85, 100904. <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2021.100904>
- Ahranjani, P. J., Saei, S. F., El-Hiti, G. A., Yadav, K. K., Cho, J., Rezaia, S. (2024). Magnetic carbon nanotubes doped cadmium oxide as heterogeneous catalyst for biodiesel from waste cooking oil. *Chemical Engineering Research and Design*, 201, 176-184. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2023.11.059>
- Ali, S., Shafique, O., Mahmood, S., Mahmood, T., Khan, B. A., Ahmad, I. (2020). Biofuels production from weed biomass using nanocatalyst technology. *Biomass and bioenergy*, 139, 105595. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2020.105595>
- Athar, M., & Zaidi, S. (2020). A review of the feedstocks, catalysts, and intensification techniques for sustainable biodiesel production. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(6), 104523. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104523>
- Aurtherson, P. B., Nalla, B. T., Srinivasan, K., Mehar, K., & Devarajan, Y. (2023). Biofuel production from novel *Prunus domestica* kernel oil: process optimization technique. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 13(7), 6249-6255. <https://doi.org/10.1007/s13399-021-01551-5>
- Babadi, A. A., Rahmati, S., Fakhlaei, R., Barati, B., Wang, S., Doherty, W., Ostrikov, K. K. (2022). Emerging technologies for biodiesel production: processes, challenges, and opportunities. *Biomass and Bioenergy*, 163, 106521. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2022.106521>

- Boro, M., Verma, A. K., Chettri, D., Yata, V. K., Verma, A. K. (2022). Strategies involved in biofuel production from agro-based lignocellulose biomass. *Environmental Technology & Innovation*, 28, 102679. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102679>
- Chen B., Zheng, D., Xu, R., Leng, S., Han, L., Zhang, Q., Liu, N., Dai, C., Wu, B., Yu, G., Cheng, J. (2022). Disposal methods for used passenger car tires: One of the fastest growing solid wastes in China. In *Green Energy & Environment*, 7(6), 1298–1309. <https://doi.org/10.1016/j.gee.2021.02.003>
- Dahiya, A. (2020, January). Cutting-edge biofuel conversion technologies to integrate into petroleum-based infrastructure and integrated biorefineries. In *Bioenergy* (pp. 649-670). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-815497-7.00031-2>
- Devarajan, Y., Munuswamy, D. B., Subbiah, G., Vellaiyan, S., Nagappan, B., Varuvel, E. G., Thangaraja, J. (2022). Inedible oil feedstocks for biodiesel production: A review of production technologies and physicochemical properties. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 30, 100840. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2022.100840>
- Dey, S., Reang, N. M., Das, P. K., Deb, M. (2021). A comprehensive study on prospects of economy, environment, and efficiency of palm oil biodiesel as a renewable fuel. *Journal of cleaner production*, 286, 124981. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124981>
- Eldiehy, K. S., Daimary, N., Borah, D., Sarmah, D., Bora, U., Mandal, M., Deka, D. (2022). Towards biodiesel sustainability: Waste sweet potato leaves as a green heterogeneous catalyst for biodiesel production using microalgal oil and waste cooking oil. *Industrial Crops and Products*, 187, 115467. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115467>
- Elgharbawy, A. S., Sadik, W., Sadek, O. M., Kasaby, M. A. (2021). A review on biodiesel feedstocks and production technologies. *Journal of the Chilean Chemical Society*, 66(1), 5098-5109. <https://doi.org/10.4067/s0717-97072021000105098>
- Esmaili, H. (2022). A critical review on the economic aspects and life cycle assessment of biodiesel production using heterogeneous nanocatalysts. *Fuel Processing Technology*, 230, 107224. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2022.107224>
- Gad, M. S., Ağbulut, Ü., Afzal, A., Panchal, H., Jayaraj, S., Qasem, N. A., El-Shafay, A. S. (2023). A comprehensive review on the usage of the nano-sized particles along with diesel/biofuel blends and their impacts on engine behaviors. *Fuel*, 339, 127364. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.127364>
- Ganesan, R., Manigandan, S., Samuel, M. S., Shanmuganathan, R., Brindhadevi, K., Chi, N. T. L., Pugazhendhi, A. (2020). A review on prospective production of biofuel from microalgae. *Biotechnology Reports*, 27, e00509. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2020.e00509>
- Ganesan, R., Manigandan, S., Shanmugam, S., Chandramohan, V. P., Sindhu, R., Kim, S. H., Pugazhendhi, A. (2021). A detailed scrutinize on panorama of catalysts in biodiesel synthesis. *Science of the Total Environment*, 777, 145683. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145683>
- Hazrat, M. A., Rasul, M. G., Khan, M. M. K., Mofijur, M., Ahmed, S. F., Ong, H. C., Show, P. L. (2021). Techniques to improve the stability of biodiesel: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 19, 2209-2236. <https://doi.org/10.1007/s10311-020-01166-8>
- Hosseinizadeh-Bandbafha, H., Li, C., Chen, X., Peng, W., Aghbashlo, M., Lam, S. S., Tabatabaei, M. (2022). Managing the hazardous waste cooking oil by conversion into bioenergy through the application of waste-derived green catalysts: A review. *Journal of Hazardous Materials*, 424, 127636. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127636>
- Jayaraman, J., Dawn, S. S., Appavu, P., Mariadhas, A., Joy, N., Alshgari, R. A., Kumar, J. A. (2022). Production of biodiesel from waste cooking oil utilizing zinc oxide nanoparticles combined with tungsto phosphoric acid as a catalyst and its performance on a CI engine. *Fuel*, 329, 125411. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.125411>

Khan, Z., Javed, F., Shamair, Z., Hafeez, A., Fazal, T., Aslam, A., Rehman, F. (2021). Current developments in esterification reaction: A review on process and parameters. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 103, 80-101. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2021.07.018>

Konur, O. (2021). Biodiesel and petrodiesel fuels: science, technology, health, and the environment. In *Biodiesel Fuels* (pp. 3-36). CRC Press. <https://doi.org/10.4324/9780367456238-2>

Kukana, R., Jakhar, O. P. (2022). Performance, combustion and emission characteristics of a diesel engine using composite biodiesel from waste cooking oil-Hibiscus Cannabinus oil. *Journal of Cleaner Production*, 372, 133503. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133503>

Madden, S., Alles, K., Demirel, Y. (2021). Measuring sustainability of renewable diesel production using a multi-criteria decision matrix. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 15(6), 1621-1637. <https://doi.org/10.1002/bbb.2272>

Maheshwari, P., Haider, M. B., Yusuf, M., Klemeš, J. J., Bokhari, A., Beg, M., Jaiswal, A. K. (2022). A review on latest trends in cleaner biodiesel production: Role of feedstock, production methods, and catalysts. *Journal of Cleaner Production*, 355, 131588. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131588>

Mathew, G. M., Raina, D., Narisetty, V., Kumar, V., Saran, S., Pugazhendhi, A., Binod, P. (2021). Recent advances in biodiesel production: Challenges and solutions. *Science of the Total Environment*, 794, 148751. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148751>

Mushtruk M.M. (2014). Justification of the characteristics of the equipment for the production of liquid biofuel from technical animal fats (dissertation of the candidate of technical sciences, National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine)

Mushtruk, M., Bal-Prylypko, L., Slobodyanyuk, N., Boyko, Y., Nikolaienko, M. (2022). Design of Reactors with Mechanical Mixers in Biodiesel Production. In *Lecture Notes in Mechanical Engineering* (pp. 197–207). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-06044-1_19

Mushtruk, M., Mushtruk, N., Slobodyanyuk, N., Vasylyv, V., Zheplinska, M. (2024). Enhanced energy independence: converting animal fat into biodiesel. In *International Journal of Environmental Studies* (Vol. 81, Issue 1, pp. 134–144). Informa UK Limited. <https://doi.org/10.1080/00207233.2024.2314860>

Pasha, M. K., Dai, L., Liu, D., Guo, M., Du, W. (2021). An overview to process design, simulation and sustainability evaluation of biodiesel production. *Biotechnology for Biofuels*, 14, 1-23. <https://doi.org/10.1186/s13068-021-01977-z>

Pinheiro, C. T., Quina, M. J., Gando-Ferreira, L. M. (2021). Management of waste lubricant oil in Europe: A circular economy approach. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 51(18), 2015-2050. <https://doi.org/10.1080/10643389.2020.1771887>

Razak, N. H., Hashim, H., Yunus, N. A., Klemeš, J. J. (2021). Reducing diesel exhaust emissions by optimisation of alcohol oxygenates blend with diesel/biodiesel. *Journal of Cleaner Production*, 316, 128090. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128090>

Subhash, G. V., Rajvanshi, M., Kumar, G. R. K., Sagaram, U. S., Prasad, V., Govindachary, S., & Dasgupta, S. (2022). Challenges in microalgal biofuel production: A perspective on techno economic feasibility under biorefinery stratagem. *Bioresource Technology*, 343, 126155. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126155>

Suzihaque, M. U. H., Alwi, H., Ibrahim, U. K., Abdullah, S., Haron, N. (2022). Biodiesel production from waste cooking oil: A brief review. *Materials Today: Proceedings*, 63, S490-S495. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.527>

Suzihaque, M. U. H., Syazwina, N., Alwi, H., Ibrahim, U. K., Abdullah, S., Haron, N. (2023). A sustainability study of the processing of kitchen waste as a potential source of biofuel: Biodiesel production from waste cooking oil (WCO). *Materials Today: Proceedings*, 63, S484-S489. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.526>

Tucki, K., Orynycz, O., Wasiak, A., Świć, A., Mruk, R., Botwińska, K. (2020). Estimation of carbon dioxide emissions from a diesel engine powered by lignocellulose derived fuel for better management of fuel production. *Energies*, 13(3), 561. <https://doi.org/10.3390/en13030561>

Vickram, S., Manikandan, S., Deena, S. R., Mundike, J., Subbaiya, R., Karmegam, N., Awasthi, M. K. (2023). Advanced biofuel production, policy and technological implementation of nano-additives for sustainable environmental management—A critical review. *Bioresource Technology*, 387, 129660. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.129660>

Yildiz, I., Caliskan, H., Mori, K. (2022). Assessment of biofuels from waste cooking oils for diesel engines in terms of waste-to-energy perspectives. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 50, 101839. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101839>

Zhao, Y., Wang, C., Zhang, L., Chang, Y., Hao, Y. (2021). Converting waste cooking oil to biodiesel in China: environmental impacts and economic feasibility. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 140, 110661. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110661>

Zulqarnain, Mohd Yusoff, M. H., Ayoub, M., Ramzan, N., Nazir, M. H., Zahid, I., Butt, T. A. (2021). Overview of feedstocks for sustainable biodiesel production and implementation of the biodiesel program in Pakistan. *ACS omega*, 6(29), 19099-19114. <https://doi.org/10.1021/acsomega.1c02402>

Отримано 15.07.2024 р., прийнято до публікації 07.08.2024 р.

УДК 621.646

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.3.2024.35>**ТЕХНОЛОГІЯ ПРИГОТУВАННЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ КВАСУ ІЗ СТОЛОВОГО БУРЯКА ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ У ХЛІБОПЕЧЕННІ****Кравченко Ростислав Юрійович,***Аспірант,*<https://orcid.org/0009-0007-1974-5001>,*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,
46001, Гоголя 6, Тернопіль, Україна.***Стадник Ігор Ярославович,***Доктор технічних наук, професор,*<https://orcid.org/0000-0003-4126-3256>,*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,
46001, Гоголя 6, Тернопіль, Україна.*

Анотація. У зв'язку з погіршенням стану здоров'я населення України першочерговим завданням має бути збагачення звичайного харчування продуктами функціонального призначення та додаванням натуральних біологічно активних добавок, що сприяють виведенню радіонуклідів, токсинів, нормалізації роботи систем організму та підвищенню імунітету. Дана робота присвячена дослідженню процесу переробки столового буряка та подальше використання в хлібопекарській та кондитерській галузях. Для визначення вмісту розчинних сухих речовин користувалися рефрактометричним методом. Вміст мікроелементів визначали з використанням атомно-адсорбційного методу. При приготуванні квасу із столового буряка було внесена додаткова сировина: пророщене насіння льону, сиворотка, дріжджі, порошок калини, сухарики житнього хліба. Встановлено, що сорт голландської селекції Рокет відрізняється від сортів Бордо 237 і Циліндра за сухими речовинами, органічними кислотами, барвників і цукрів. Важливо зазначити, що при удосконаленні технології приготування квасу враховано оптимальні умови ферментації та дозування добавок, щоб максимально продовжити термін зберігання продукту без втрати його якості. З огляду на зростання кількості генетичних та алергічних захворювань, розглянуто впровадження спеціалізованих дієтичних програм, які набувають все більшої актуальності. Встановлено, що такі програми повинні забезпечувати безпеку харчування та задовольняти всі необхідні потреби організму в поживних речовинах. Розглянуто задачу про необхідність постійного вдосконалення рецептур харчових продуктів, вивчення нових безглютенових альтернатив та забезпечення доступу до якісних безглютенових продуктів. Дослідження довели, що використання природної сировини у виробництві бурякового квасу є ефективним засобом підвищення його якісних характеристик. Тому перспективним напрямком виробництва борошняного виду продукції є вдосконалення рецептури існуючого асортименту за рахунок використання натуральних рослинних інгредієнтів, підвищеної біологічної цінності. Джерелом природних біологічно активних речовин (БАР) може виступати квас із буряка столового. Столовий буряк має багатий хімічний склад. Поживна цінність буряка визначається збалансованим вмістом цукрів і кислот (лимонної та щавлевої), вмістом органічних речовин, мінеральних речовин та вітамінів. Саме виробництво хлібобулочних виробів із використанням квасу із буряка столового, як натуральної харчової добавок, є актуальним на сьогоднішній день.

Ключові слова: буряк столовий, рослинні інгредієнти, харчові добавки, глютен.

UDC 621.646

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.3.2024.35>**TECHNOLOGY OF PREPARATION AND DETERMINATION OF THE PROPERTIES
OF KVAS FROM TABLE BEET FOR USE IN BAKERY****Kravcheniuk Rostyslav Yurovych,**

Postgraduate,

<https://orcid.org/0009-0007-1974-5001>,

Ternopil Ivan Puluj National Technical University,

46001, Hohol str. 6, Ternopil, Ukraine.

Stadnyk Ihor Yaroslavovych,

Doctor of Science, Professor,

<https://orcid.org/0000-0003-4126-3256>,

Ternopil Ivan Puluj National Technical University,

46001, Hohol str. 6, Ternopil, Ukraine.

Abstract. In connection with the deterioration of the health of the population of Ukraine, the primary task should be to enrich the usual diet with products of functional purpose and to add natural biologically active additives that contribute to the removal of radionuclides, toxins, normalization of the body's systems and increased immunity. This work is devoted to the study of the process of beet processing and its further use in the bakery and confectionery industries. The refractometric method was used to determine the content of soluble solids. The content of trace elements was determined using the atomic adsorption method. When preparing kvass from table beets, additional raw materials were added: sprouted flax seeds, whey, yeast, viburnum powder, rye bread crackers. It was established that the variety of the Dutch selection Rokat differs from the varieties Bordeaux 237 and Cylindra in terms of dry matter, organic acids, dyes and sugars. It is important to note that when improving kvass preparation technology, optimal fermentation conditions and dosing of additives are taken into account in order to maximize the shelf life of the product without losing its quality. In view of the increase in the number of genetic and complicated diseases, it is worth noting the introduction of specialized dietary programs, which are gaining more and more relevance. Such programs have been found to ensure food security and meet all essential nutrient needs. Considered the problem of the need for constant improvement of recipes of food products, study of new gluten-free alternatives and provision of access to high-quality gluten-free products. Studies have proven that the use of natural raw materials in the production of beet kvass is an effective means of improving its quality characteristics. Therefore, a promising direction in the production of flour products is the improvement of the recipe of the existing assortment due to the use of natural plant components of increased biological value. Kvass from table beet can be a source of natural biologically active substances (BAR). Table beets have a rich chemical composition. The nutritional value of beets is additionally balanced by the content of sugars and acids (citric and oxalic), the content of organic substances, minerals and vitamins. The production of bakery products using kvass from table beet as a natural food additive is relevant today.

Key words: beetroot, vegetable ingredients, food additives, gluten.

ВСТУП. У сучасному світі дієтичне харчування стає все більш важливим через збільшення кількості людей, які страждають від генетичних та алергічних захворювань. Особливе значення це має для пацієнтів, які потребують специфічних корекцій у своєму раціоні. Одним із найпоширеніших таких захворювань є целиакія, яка також відома як глютеніна ентеопатія. Вона є хронічним генетичним захворюванням, яке проявляється пошкодженням слизової оболонки тонкого кишечника під впливом глютену – рослинного білка, що міститься у злакових культурах.

У контексті зростаючого усвідомлення про здоров'я та харчування, важливість дотримання спеціальних дієт для людей із целиакією стає ще більш очевидною. Поширеність цього захворювання вимагає суворого виключення з раціону продуктів, що містять глютен, таких як пшениця, жито та ячмінь. Це необхідно для запобігання серйозним ускладненням, які можуть виникнути внаслідок споживання глютену.

Сьогодні існує широкий асортимент безглютенінових продуктів, що значно полегшує дотримання спеціальної дієти. Проте, пацієнти з целиакією повинні бути надзвичайно уважними до свого раціону, ретельно перевіряючи склад продуктів харчування. Незважаючи на це, життя з целиакією може бути повноцінним та активним, якщо дотримуватися відповідних дієтичних рекомендацій.

Офіційні дані свідчать, що на целиакію страждає приблизно один із 165 осіб у світі, відповідно до скринінгових обстежень. Завдяки широкому застосуванню імунологічних методів діагностики вдалося визначити частину хворих, які мають алергічну реакцію на глютен. Однак, сьогодні не існує єдиної думки назви цього стану, тому використовуються різні терміни: (*gluten sensitivity, GS*), глютеніна непереносимість.

Кількість людей, які страждають від цих станів, перевищує кількість хворих целиакією. Глютеніна непереносимість, як і целиакія, пов'язана із вживанням їжі, що містять глютен. Проте механізми розвитку цих станів відрізняються. У той час як целиакія є аутоімунним захворюванням, непереносимість глютену не супроводжується специфічними аутоімунними реакціями і не призводить до пошкодження слизової оболонки тонкого кишечника.

Таким чином, проблема непереносимості глютену є важливим аспектом сучасної медицини, що потребує подальших досліджень та вдосконалення методів діагностики і лікування. Підвищення обізнаності про цей стан та впровадження ефективних діагностичних підходів дозволить значно покращити життя багатьох пацієнтів, які страждають від непереносимості глютену, та запобігти можливим ускладненням, пов'язаним з його вживанням.

Перспективним напрямом виробництва є вдосконалення рецептури існуючого асортименту борошняних виробів за рахунок натуральних рослинних інгредієнтів із підвищеною біологічною цінністю. Джерелом біологічно активних природних речовин (БАР) є екстракти лікарських трав, пюре, соки, підварки з фруктів та овочів, культурних та дикорослих ягід, тощо. Також є пюре, сік та квас із буряка столового.

При розробці нової технології виробництва хлібобулочних виробів необхідно враховувати всі аспекти, що впливають на якість кінцевого продукту. Зокрема, велика увага має приділятися вибору сировини, яка не тільки ефективно перешкоджає росту патогенних мікроорганізмів, але й зберігає органолептичні властивості виробу. Важливо забезпечити, щоб добавка залишалася безпечною для споживачів та зберігала свої поживні та смакові характеристики.

Столовий буряк містить значну кількість барвних речовин і БАР. Він займає особливе місце серед рослинної сировини. У працях (Mazorenko D., & Mazneva G. 2011) відзначено, що він поширений на всіх континентах Землі. Широке використання буряка і в традиційній медицині завдяки корисним та цілющим властивостям. За калорійністю столовий буряк перевищує всі інші соковиті овочі. Корисні властивості буряка обумовлені наявністю в коренях різних вітамінів (С, В, РР), органічних кислот, солей Са, Mg, Fe, пектину та вуглеводів.

Вміст фосфору та калію дозволяє йому посідати одне з перших місць серед овочів. Адже столовий буряк, як одна з коренеплідних культур, споживається практично повністю. Починаючи із молодих листків, черешки й коренеплідів. Під кінець вегетації – тільки коренеплоди

Сьогодні є цілий ряд доступних безглютенових продуктів, але вони зазвичай мають низьку поживність і не завжди задовільно впливають на сенсорні та харчові потреби споживачів (Pavlenkova P.P., & Torog G.A. 2010). У зв'язку з цим актуальним є розробка технології нових добавок із столового буряка. Автор (Samilyk M, 2020) у своїх дослідженнях розкриває найбільші прогресивні способами переробки рослинної сировини та столового буряка. В своїх працях (Kitchenko L., et al., 2017) науковці доводять можливість використання продуктів переробки столового буряка при приготуванні йогуртів, а дослідник (Petrova Zh. O., 2014) у приготуванні хлібобулочних виробів. Поширені способами переробки: сублімаційна (СС) і вакуумна сушка (ВС), криогенне подрібнення (КП) одержання БАД у вигляді порошку, соку, пюре та квасу. Однак у науковій літературі практично відсутні дані про дослідження технології приготування якісного квасу із столового буряка та його використання у хлібопекарській галузі.

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ. Сьогодні активно проводяться дослідження щодо використання біологічно активних рослинних компонентів у складі борошняних виробів. Це робиться з метою надання їм функціональних та імуномодельюючих властивостей, покращення органолептичних характеристик та підвищення ефективності виробництва через включення рослинної сировини (Lisovska et al., 2020). Аналіз літератури (Yarovy H. & Romanov O, 2017; Gulamovich, 2022) показав, що різні сорти столового буряка відрізняються формою коренеплідів, вмістом поживних і біологічно активних речовин, інтенсивністю накопичення барвників та їх стійкістю до технологічних впливів.

Буряк столовий (*Beta vulgaris L.*) є цінною овочевою культурою. Столовий буряк належить до родини Лободові (*Chenopodiaceae*), роду *Beta*, який поділяється на два культурних підвиди: 1) *Beta vulgaris ssp. garpaceae* – буряк столовий коренеплідний темно-червоного різновиду *var. atrorubra* Krass.; 2) *B. vulgaris ssp. cida* – листкова форма, або мангольд, який поділяється на п'ять різновидів за забарвленням черешків. В Україні частка коренеплідних рослин становить 18 % загальної площі під овочевими, серед яких буряк столовий займає в середньому – 44,1 тис. га. При цьому врожайність коренеплідів досягає в середньому – 20,3 т/га, валовий збір – 894,1 тисяч тонн (Inyinbor et al., 2019). Столові буряки в Україні вирощують у всіх областях.

Червоний буряк відрізняється унікальним і збалансованим біохімічним складом, а також високою антиоксидантною активністю. Це робить його важливою частиною дієтичного раціону, сприяючи здоровому харчуванню. Столовий буряк є високоврожайною коренеплідною культурою, яка забезпечує організм необхідними поживними речовинами протягом усього року. Однією з основних переваг столового буряка є його висока лежкість, що дозволяє споживати його у свіжому вигляді протягом цілого року.

Згідно з даними (Shutyuk et al., 2016; Stadnyk Igor et al., 2023), овочі, фрукти, ягоди, прянощі та їхні концентрати й екстракти є основними джерелами вітамінів, мінералів та інших біологічно активних речовин для людини. Тому столовий буряк часто використовується в дієтичному харчуванні, зокрема для людей, що страждають на захворювання нирок, печінки, кишечника, гіпертонію, атеросклероз тощо. Коренеплоди буряка вживаються у вигляді салатів, борщів, соку та квасу. Нестандартні коренеплоди і бадилля буряка використовуються як корм для худоби. Буряк містить 82,2% води, 1,8% азотистих речовин, 14,4% вуглеводів, 0,6% жиру, 0,7% клітковини, 0,1% органічних кислот (в перерахунку на яблучну кислоту) та 1,0% золи. Мінеральні речовини в буряку включають (в мг на 100 г їстівної частини): натрій – 86, калій – 288, кальцій – 37, магній – 43, фосфор – 43, залізо – 1,4. Вітаміни, що містяться в

коренеплодах буряка (в мг на 100 г їстівної частини): β -каротин – 0,01, вітамін В1 – 0,02, вітамін В2 – 0,04. Яскравий фіолетово-червоний колір столового буряка та продуктів з нього зумовлений наявністю беталаїнових пігментів, які належать до поліфенолів із групи антоціанів.

Використання бурякового соку для підфарбовування харчових продуктів відоме здавна. Дослідження змін бурякового соку та розчинів порошкоподібного бурякового барвника (Samilyk M. et al., 2020) показали, що стабільність пурпурно-червоного кольору залежить від рН середовища та його окисно-відновного потенціалу. Сушені фрукти та овочі застосовуються для приготування перших, других і десертних страв як у харчовій промисловості, так і на підприємствах громадського харчування та в домашніх умовах. Сушені фрукти та овочі мають ряд переваг перед свіжими: їх можна зберігати в звичайних умовах більше 12 місяців. Для сушіння плодів, овочів та продуктів їх переробки використовуються різні методи теплового сушіння (конвективне, інфрачервоне, вакуумне, ТВЧ тощо) та сублімаційного сушіння (Samilyk M. et al., 2020; Vdovenko S. & Palamarchuk I. I., 2020; Igor Stadnyk et al., 2020).

У харчовій промисловості, відповідно до класифікації харчових добавок (Lastukhin Yu.O. 2009), продукти переробки рослинної сировини відносяться до речовин, що поліпшують нутрієнтний склад борошняних виробів. Адже вони можуть містити розширений хімічний склад природним чином, або можуть бути додані в процесі виробництва для відновлення природніх властивостей, втраченого в процесі технологічного оброблення або зберігання. Саме виробництво хлібобулочних виробів із використанням квасу із буряка столового, як натуральної харчової добавок, є актуально.

Метою цього дослідження є визначення найефективніших технологічних методів обробки столового буряка для виробництва квасу, який згодом буде використаний у створенні нових видів хлібобулочних виробів оздоровчого призначення.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ. Матеріалами дослідження був столовий буряк, відібраний за різною кольоровою гамою та хімічним складом біологічно активних речовин. (Savchenko, O., & Kalinichenko, Y. 2019; Yakovenko K et al., 2001). Для дослідження обрані наступні сорти столового буряка: Бордо 237, Циліндра і Рокет. Вони відрізняються високою врожайністю, рівномірним забарвленням і мають відмінні смакові характеристики. Показники, що характеризують хімічний склад цих сортів буряка наведені в табл. 1.

Таблиця 1. Показники хімічного складу досліджуваних сортів буряка столового

Назва показників	Рокет	Бордо 237	Циліндра
Масова частка сухих речовин, Градус Brix,	13±0,1 5,96±0,03	10±0,1 6,14±0,01	11±0,1 6,08±0,04
Активна кислотність (pH)	0,4±0,01	0,4±0,01	0,4±0,02
Титрована кислотність, %			
Органічні кислоти, г/дм ³			
янтарна	~0,28	~0,02	~0,24
яблучна	~1,07	~0,93	~0,99
лимонна	~1,01	~1,01	~1,01
щавлева	~2,366	1,908±0,004	2,345±0,006
Зола, %	1,02±0,02	1,05±0,02	1,00±0,03
Масова доля цукрів, %			
загальних	10,4±0,03	7,2±0,03	8,8±0,03
редукуючих	0,8±0,01	1,1±0,01	0,7±0,01

Бетанін, г/100г	1,32±0,01	1,27±0,02	1,27±0,02
-----------------	-----------	-----------	-----------

Джерело: розроблено авторами на основі досліджень Д. М. Мазоренка (2011).

До зразків при приготуванні квасу із столового буряка була внесена додаткова сировина: пророщене насіння льону, сироватка, дріжджі, порошок калини, сухарики житнього хліба. Згідно з даними табл.1, видно, що сорт голландської селекції Рокет відрізняється від сортів Бордо 237 і Циліндра за кількома показниками: він містить більше сухих речовин, органічних кислот, барвників і цукрів. Важливо зазначити, що недостатня кількість цукрів може призвести до більш інтенсивного руйнування беталаїнових пігментів під час зберігання коренеплодів (Savchenko, O., & Kalinichenko, Y., 2019). Враховуючи найкращі дані селекції Рокет можна було проводити дослідження взявши його за основу приготування квасу. Але є ряд причин, пов'язаних із умовами вирощування. Тому взято сорт Бордо 237, як більш розповсюджений столовий буряк.

Приготування квасу. Для проведення досліджень використовували коренеплоди середньої маси, з поперечним діаметром 50-100 мм. При приготуванні екстракту відповідний буряк подрібнювали на кубики до розмірів, що були не більшими за 2-3 см. Подрібнення буряка – це необхідна передумова для прискорення процесу екстрагування і збільшення кількості екстрагованих речовин у витяжці. Подрібнений буряк поміщали у літрові скляні банки, заливали певну кількість води при температурі від 35 до 45°C, закривали кришкою і вистоявали протягом 5-7 годин при частковому періодичному перемішуванні.

Перед дробленням коренів столового буряка проходила технологічна операція інтенсивної обробки його поверхні. Вона включала попередню водяну обробку за температури 30°C. Подальше висушування, додаткове очищення і повторну водяну обробку за температури 30-35°C. Ретельно вимитий буряк очищували і подрібнювали з отриманням шматочків величиною 2–3 см.

Така обробка дозволяє не створювати сприятливих умов для розвитку різноманітної мікрофлори, включаючи патогенну. Авторами (Demchenko St. 2002; Palamarchuk I. I. 2021; Savchenko, O., & Kalinichenko, Y. 2019) при виробництві соку із буряка, проводили дослідження асептичності властивості природного вуглицево-місного адсорбенту шунгіта щодо різних видів мікроорганізмів.

При розробці технології виробництва квасу із різними добавками враховувалися всі аспекти, що впливають на якість кінцевого продукту. Зокрема, велика увага приділялася вибору добавок, які не тільки ефективно перешкоджають росту патогенних мікроорганізмів, але й зберігають органолептичні властивості та підсилюють хімічний склад бурякового квасу. Було важливо забезпечити, щоб добавка залишалася безпечною для споживачів, не погіршувала реологічні та органолептичні властивості тіста й виробу. Однозначно, зберігала свої поживні та смакові характеристики.

В процесі вдосконалення технології приготування квасу було також враховано оптимальні умови ферментації та дозування добавок, щоб максимально продовжити термін зберігання продукту без втрати його якості. Крім того, методика виробництва дозволяє зберегти всі корисні властивості буряку, включаючи вітаміни, мінерали та антиоксиданти, що робить квас цінним компонентом здорового харчування (рис.1).



Рисунок 1. Зразки приготовленого квасу: 1 – квас з додаванням калини; 2 – квас з додаванням пророщеного насіння льону; 3 – квас з додаванням сухого житнього хліба; 4 – квас з додаванням дріжджів; 5 – квас з додаванням молочної сироватки і дріжджів

Визначення вмісту сухих речовин. Із використанням рефрактометричного методу (Zheplinska et al., 2021; Yushchenko & Morozova, 2017), визначали вміст сухих розчинних речовин (СРР) Вміст мікроелементів визначали з використанням атомно-адсорбційного методу (Zhang, J et al., 2020). Визначали рефрактометром (0...10 % Brix) для визначення низьких концентрацій WALCOM REF 101.

РЕЗУЛЬТАТИ. Вибір овочевої сировини для розроблення хлібобулочних виробів функціонального призначення здійснено з урахуванням органолептичних характеристик та економічної доцільності. Важливо відзначити, що столовий буряк не використовується в промислових умовах для виготовлення квасу, оскільки його пігменти дуже чутливі до температурної обробки і окислюються при високих температурах та контакті з повітрям. Бетаїн може добре переносити пастеризацію лише у випадку, коли продукція містить значну кількість цукру, і стійкість відтінку зберігається при рН 3–5.

Для лікарських цілей екстракти готують шляхом тривалого настоювання буряка при кімнатній температурі у рідкій фазі (Zhang et al., 2020). Низька температура екстрагента суттєво знижує вихід біологічно активних речовин (БАР) із буряка. Тому нами проведені дослідження по настоюванню у воді, температура якої підвищувалася від 20 до 45°C.

Технологічні прийоми отримання квасу із добавками повинні частково забезпечувати знищення мікроорганізмів і руйнацію ферментів. Адже вони можуть впливати на якість готового продукту. При цьому добавки, біологічно активні, від негативних змін не повинні потерпати. Унаслідок ретельного аналізу фізіолого-гігієнічного значення різноманітних сировинних добавок та аналізу сучасних способів підвищення ефективності виробництва хлібобулочної продукції запропоновано використовувати добавку до квасу. Тому для досягнення таких технологічних заходів вибрано якісні добавки: молочна сироватка, льон, порошок калини і дріжджі, які при використанні та застосуванні високих режимів теплової обробки не змінюють своїх властивостей. Хімічний склад подано у табл. 2.

Таблиця 2. Хімічний склад на 100 грам

Показник	Калина	Льон	Молочна сироватка
Вода	83-88%	6-8%	93-95%
Фруктоза	9-10%	-	-
Цукроза	-	1-2%	-
Лактоза	-	-	4-5%

Клітковина	5-6%	20-25%	0.1-0.2%
Жири	0.1-0.5%	35-45% (ліноленова кислота)	0.1-0.5%
Білки	0.6-1%	18-22%	0.6-0.8%
Органічні кислоти	2-3% (яблучна, лимонна)	0.5-1% (щавлева)	0.2-0.3% (молочна)
Вітаміни	Вітамін С, А, Е, К	Вітамін Е, В1, В2, В6	Вітамін В2, В12

Джерело: розроблено авторами на основі досліджень І.Я. Стадник (2020).

Отже, розроблений буряковий квас можна вважати функціональною харчовою добавкою (продуктом), виготовленим на основі природної сировини без штучних барвників. Для наочного сприйняття результатів дані зведено у таблицю. Аналіз табл.3 дає можливість виявити оптимальний зразок, а також відзначити, які позитивні характеристики він досягнув.

Таблиця 3. Рецептатура квасу з буряка сорту Бордо (140 грам)

№	Сировина	Зразок				
		1	2	3	4	5
1	Вода (мл.)	500	500	500	500	500
2	Цукор (г.)	12	12	12	12	12
3	Дріжджі хлібопекарські. пресовані(г.)	-	-	-	20	20
4	Молочна сироватка (мл.)	-	-	-	-	10
5	Сухий житній хліб (г.)	-	-	20	-	-
6	Льон (г.)	-	20	-	-	-
7	Калина (г.)	20	-	-	-	-
8	Температура зберігання квасу в холодильнику	4 °C	4 °C	4 °C	4 °C	5 °C

Джерело: розроблено авторами на основі досліджень М. М. Самілик (2020).

ОБГОВОРЕННЯ. Впровадження у виробництво бурякового квасу додаткових інгредієнтів дозволяє створити умови для ефективного підвищення його якості та безпеки. Адже продукти з високим вмістом вуглеводів, такі як квас, можуть бути сприятливим середовищем для розвитку різної мікрофлори, включаючи патогенні мікроорганізми. Вуглеводи слугують живильним середовищем, яке підтримує ріст і розмноження бактерій та дріжджів, тобто забезпечують енергію, необхідну для росту та метаболізму мікроорганізмів. Дріжджі та деякі бактерії (наприклад, молочнокислі бактерії) можуть ферментувати вуглеводи, утворюючи кислоти, гази та інші сполуки, які можуть змінювати смак, запах і структуру. Вологість також сприяє росту мікроорганізмів. Тому враховуючи небажані активності мікроорганізмів та насичення квасу додатковим хімічним складом, було вибрано сировину і рецептuru приготування зразків квасу подана в таблиці 3.

Отже до основних мікроорганізмів, що можуть розвиватися у високовуглеводних продуктах і яких варто позбутися при підготовці коренів буряка, або у готовому квасі є:

- дріжджі: *Saccharomyces cerevisiae*; *Candida spp.*
- молочнокислі бактерії: *Lactobacillus spp*; *Leuconostoc spp.*
- патогенні бактерії: *Salmonella spp*; *Escherichia coli*; *Staphylococcus aureus*.

Автори (відзначають, що згідно даних таблиці 1 та 2 сировина часто покращує сенсорні властивості харчових продуктів, але також може проявляти специфічні властивості адсорбції/поглинання/десорбції ряду різних молекул, включаючи рідини, такі як вода та олія, біоактивні молекули та ароматизатори.

Додавання сироватки до квасу впливає на його хімічний склад і мікробіологічні властивості. Тому деякі аспекти нами враховано. Так, у хімічному складі є білки та амінокислоти, цукри та мінерали і вітаміни. Додавання сироватки, що містить білки та амінокислоти, стає джерелом поживних речовин для мікроорганізмів. Лактоза також може служити джерелом вуглеводів для дріжджів під час бродіння, а мінерали і вітаміни також можуть підсилити ріст мікроорганізмів.

До мікробіологічних аспектів (лактобактерії) позитивними є молочнокислі бактерії, які можуть бути корисними для процесу бродіння квасу, оскільки вони сприяють утворенню кислоти і можуть конкурувати з патогенними мікроорганізмами. Важливо враховувати, що сироватка також може бути джерелом контамінації, якщо не зберігати її належним чином або якщо вона була забруднена патогенними мікроорганізмами. Додавання сироватки до квасу призводить до покращення смакових якостей та корисних властивостей продукту, але вимагає дотримання високих стандартів гігієни та контролю за процесом виробництва.

Льон містить розчинні й нерозчинні волокна, які корисні для підтримання здорової травної системи. Пророщене насіння льону є джерелом цінних омега-3 жирних кислот, які корисні для серцево-судинної системи та загального здоров'я. Для додавання пророщеного льону до квасу є важливим, щоб він був добре вимитий і оброблений перед використанням та зберігався в сухому і прохолодному місці, щоб запобігти забрудненню та псуванню.

Додавання сухарів житнього хліба до квасу додає цікаві смакові та текстурні нотки, а також покращує харчові властивості продукту. Адже житні сухарі містять вуглеводи і волокна, які можуть збагатити квас корисними речовинами. Також залежно від рецептури, сухарі можуть додаватися під час ферментації або після неї, щоб зберегти смак і текстуру квасу. Важливо дотримуватися високих стандартів якості та безпеки під час його виготовлення.

Додавання дріжджів, впливає на процес бродіння і характеристики готового продукту. Так додані дріжджі починають ферментувати цукри у квасі, утворюючи спирт і вуглекислий газ. Дріжджі прискорюють процес бродіння і скорочують час необхідний для готовності квасу та додають характерний дріжджовий смак і аромат. В результаті досліджень встановлено, що необхідно уважно контролювати температуру і час бродіння, щоб забезпечити стабільність якості і безпеки продукту. Відповідно визначено оптимальну кількість дріжджів з урахуванням рецептури і бажаного смаку. Також додавання дріжджів проводили на початковій стадії ферментації або і можна впродовж неї, залежно від технології виготовлення квасу.

Дотримання технології виготовлення квасу сприяло збереженню пігментів столового буряку та отримати продукт із високими органолептичними показниками. Крім того, квас практично на 90% складається із харчових волокон. Волокна є субстратом для корисних бактерій, що містяться при бродінні тіста. Їм також притаманна гідрофільність і здатність до набухання й структуроутворення. Це дозволяє використовувати квас з буряку як і стабілізатор.

Враховуючи вище сказане та із урахуванням результатів органолептичного аналізу стану квасу (рис. 1), можна також відзначити, що зразки 1 та 5 мали інший колір у порівнянні зі зразками відносно 2, 3, 4. Також зразок 5 мав більш виражений колір – темно-червоний. Органолептичні показники зведено у таблиці 4.

Таблиця 4. Органолептичні показники квасу столового буряка з доданою сировиною

Таблиця 4. Органолептичні показники квалітетового буряка з доданого сировинного						
№	Назва показника	Зразок				
		1	2	3	4	5
1	Зовнішній вигляд	прозорий і без сторонніх домішок та завислих часток				
2	Колір	темно-червоний, притаманний соку буряка	світло-бордовий без сторонніх домішок та включень		ярко світло-бордовий без сторонніх домішок та включень	без сторонніх домішок та включень
3	Консистенція	гомогенний розчин без розшарування				
4	Смак	притаманний буряку-	Властивий столовому буряку без іншого запаху і присмаку			
5	Загальна кислотність	0.0267	0.0265-	0.0019	0.0273-	0.0278

Джерело: розроблено авторами на основі досліджень І. Я. Стадник (2020).

Дані таблиці свідчать про те, що зразки квасу з додаванням пророщеного насіння льону, сухого житнього хліба мали колір світло-бордовий без сторонніх домішок та включень, а із додаванням дріжджів і сироватки - яскраво світло-бордовий. Кислотність практично для усіх зразків мала схожі дані, крім 5 зразка.

ВИСНОВКИ. Проведені експерименти показали, що використання природної сировини як добавку до квасу із столового буряка є ефективною щодо посилення хімічного складу та екологічної безпеки. Проаналізовано, як продукти із вмістом вуглеводів є сприятливим середовищем для розвитку мікроорганізмів. Встановлено дотримання оптимальних умов підготовки коренів столового буряка і дозуючої сировини, згідно стандартів гігієни і контролю за технологічним процесом виробництва квасу. Основою є дотримання стандартів гігієни і контролю за технологічним процесом виробництва квасу.

Використання природної сировини у технології виробництва квасу, як харчової добавки, дозволило вдосконалити існуючої технології виробництва бурякового квасу, а також зберігати всі корисні властивості та натуральний або частково змінений колір бурякового квасу. Крім того, дослідження довели, що використання природної сировини у виробництві бурякового квасу є ефективним засобом підвищення його якісних характеристик. Це дозволяє не лише зберегти корисні властивості та органолептичні характеристики, але й забезпечити додатковий захист від небажаних мікроорганізмів, роблячи квас безпечним для подальшого використання в хлібобулочній продукції. Визначено умови зберігання готового квасу при температурі 4-5 °C та терміну 6-10 діб.

Отже, запропоновані зразки квасу можемо вважати як функціональний харчовий продукт, виготовлений на основі природної сировини та інших добавок.

ПОДЯКИ. Автори статті вдячні кафедрі органічної хімії КНУ імені Тараса Шевченка за сприяння на атомному спектрофотометрі при визначенні вмісту мікроелементів.

References

- Demchenko St. (2002) The influence of chemical preservatives on the biochemical and transformational changes in succulent plant material during storage. (Doctoral dissertation, National University "Odesa Law Academy", Odesa, Ukraine).
- Gulamovich, S. G. (2022). Perspectives of using standards based on management systems for increasing the competitiveness of fruit and vegetable products in the republic of Uzbekistan. *Journal of Pharmaceutical Negative Results*, 779–784. https://doi.org/10.55439/eced/vol23_iss5/a64
- Inyinbor, A. A., Bello, O. S., Oluyori, A. P., Inyinbor, H. E., & Fadiji, A. E. (2019). Wastewater conservation and reuse in quality vegetable cultivation: Overview, challenges and future prospects. *Food Control*, 98, 489–500. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.12.008>
- Karpyk, M. Kukhtyn, V. Selskyi, I. Nazarko, O. Pokotylo, M. Haidamaka (2021). Research of technological properties of bread made with the addition of beet kvass. *Scientific Messenger LNUVMB. Series: Food Technologies*, 23, 3–7.
- Kitchenko L.M., Nazarenko Yu.V., Okunevska S.O., Tsygura V.V. (2017). Ways to extend the storage period churning yogurt. All-Ukrainian scientific and technical magazine "Technology, energy, transport of agricultural industry", 2 (97), 56–58.
- Lastukhin Yu. O. (2009). Food supplements. E-codes. Building Obtaining. Properties. Education manual. - Lviv: Center of Europe, 836 p.
- Lisovska, T., Stadnik, I., Piddubnyi, V., & Chorna, N. (2020). Effect of extruded corn flour on the stabilization of biscuit dough for the production of gluten-free biscuit. *Ukrainian Food Journal*, 9(1), 159–174. <https://doi.org/10.24263/2304-974x-2020-9-1-14>
- Mazorenko D., Mazneva G. (2011). Table beets: progressive technologies and cost standards. Kharkiv: "Miskdruk" publishing house. 2011. 28 p.
- Palamarchuk I. I. (2021). Growth, development and yield of table beet using water-retaining granules in the conditions of the forest-steppe of the right bank of Ukraine. *Vegetable and melon growing*, 70. 45–52.
- Pavlenkova P.P., Topor G.A. (2010). Study of the possibility of using a coloring concentrate from beets in the production of jelly products. *Scientific works of the Odessa National Academy of Food Technology*, 38(2), 55–59.
- Petrova Zh. O. (2014). Innovative technologies of functional production plant powders. *Scientific works of the Odessa National Academy food technologies*, 46(2), 64–69.
- Samilyk M., Helikh A., Bolgova N., Ryzhkova T., Sirenko I., Fesyun O. (2020). Substantiation of the choice of fillers for cottage cheese mass. *EUREKA: Life Sciences*. Vol. 3. P.38–45. DOI:10.21303/2504-5695.2020.001210.
- Samilyk, M., Helikh, A., Bolgova, N., Ryzhkova, T., Sirenko, I., & Fesyun, O. (2020). Substantiation of the choice of fillers for cottage cheese masses. In *EUREKA: Life Sciences*, 2, 38–45. <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2020.001210>
- Savchenko, O., & Kalinichenko, Y. (2019). Technology of making rye-wheat sourdough bread using basil. *Technical sciences and technologies*, 4(18), 183–191. [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2019-4\(18\)-183-191](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2019-4(18)-183-191)
- Shutyuk, S., Vasylenko, A., Bessarab, O. (2016). The research of the amount of heavy metals and nitroso compounds in concentrated tomato products. *Journal of Food science and Technology*, 10(3), 56–60.
- Stadnyk, I., Kolomiets, O., Dziana, O. (2020). Substantiation of foamy structure formation in a gluten-free biscuit. In *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 14, 1008–1019. <https://doi.org/10.5219/1399>
- Stadnyk, I., Piddubnyi, V., Chahaida, A., Fedoriv, V., Hushtan, T., Kraievska, S., Kahanets-Havrylko, L., & Okipnyi, I. (2023). Energy Saving Thermal Systems on the Mobile Platform of the

Mini-Bakery. In *Strojnícky časopis – Journal of Mechanical Engineering*, 73(1), 169–186.
<https://doi.org/10.2478/scjme-2023-0014>

Vdovenko S., Palamarchuk I. (2020). Climate change and its effect on the formation of vegetable plant yield in the conditions of Ukraine. *The scientific heritage*, 3(56), 12–16.

Vikhruk T.I. (2001) Comparative assessment of betaine content in red beets// *Storage and processing of agricultural raw materials*, 1, 36–37.

Yakovenko K. Horova T., Yashchuk A. and others (2001) *Modern technologies in vegetable production*; under the editorship K. I. Yakovenka Kharkiv: IOB of the Ukrainian Academy of Sciences. 2001. 128 p.

Yarovy H., Romanov O. (2017). *Vegetable growing: a study guide*. Kharkiv: KHNAU, 376 p.

Zhang, J., Wen, C., Zhang, H., Duan, Y., Ma, H. (2020). Recent advances in the extraction of biologically active compounds using subcritical water: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 95, 183–195. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.11.018>

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

Отримано 26.06.2024 р., прийнято до публікації 10.08.2024 р.

УДК 664.8/9

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.3.2024.47>**БІОКОНСЕРВУВАННЯ ТВЕРДОГО СИЧУЖНОГО СИРУ З ВИКОРИСТАННЯМ БАКТЕРІОФАГІВ****Кухтин Микола Дмитрович,**

доктор ветеринарних наук, професор,

<https://orcid.org/0000-0002-0195-0767>,Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,
46001, вул. Руська, 56, Тернопіль, Україна.**Цісарик Оріся Йосипівна,**

доктор сільськогосподарських наук, професор,

<https://orcid.org/0000-0002-0286-7463>,Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій
імені С. З. Гжицького,
79010, вул. Пекарська, 50, Львів, Україна.**Салата Володимир Зеновійович,**

доктор ветеринарних наук, професор,

<https://orcid.org/0000-0002-7175-493X>,Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій
імені С. З. Гжицького,
79010, вул. Пекарська, 50, Львів, Україна.**Коваль Галина Михайлівна,**

кандидат ветеринарних наук, доцент,

<https://orcid.org/0000-0002-8503-3412>,Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій
імені С. З. Гжицького,
79010, вул. Пекарська, 50, Львів, Україна.**Климик Віра Теодозіївна,**

кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник,

<https://orcid.org/0000-0002-0197-4988>,Тернопільська дослідна станція Інституту ветеринарної медицини НААН,
46023, вул. Тролейбусна, 12, Тернопіль, Україна.

Анотація. Для підвищення безпечності швидкопсувних харчових продуктів під час їх виробництва та реалізації використовують декілька технологічних підходів. Зокрема, це застосування температури, високого тиску, ультрафіолетового опромінення та додають консерванти. Одним із загальновизнаним і спільним недоліком усіх цих способів є те, що вони впливають на всі мікроорганізми, тобто інгібують, як патогенні, так і потенційно корисні автохтонні молочнокислі бактерії «нормальної» мікрофлори ферментованих продуктів. Метою дослідження було провести контроль твердих сичужних сирів за вмістом золотистого стафілококу та розробити технологію їх консервування за допомогою літичного стафілококового бактеріофагу. Контамінацію молока-сировини та Голландського сиру золотистим стафілококом визначали шляхом посіву відібраних проб та проведених десятикратних розведень на селективне середовище гемоагар з 5 % натрію хлориду з наступним термостатуванням за +37 – 48 год. Виділення бактеріофагів з молочної сировини проводили шляхом фільтрації через бактеріальні фільтри з порами 0,45 мкм. Під час удосконалення технології сиру Голландського зі стафілококовим бактеріофагом було вироблено два зразки сиру – один дослідний із бактеріофагом, а другий контрольний – без бактеріофагу.

Встановлено, що в молоці-сировині, яке надходить на переробку для виробництва твердих сирів, у 25 до 40 % проб золотистий стафілокок не виявлявся, в середньому 45 % проб молока були контаміновані цим патогеном до 5×10^2 КУО/мл та від 18 до 30 % проб мали вміст стафілококів більше 5×10^2 КУО/мл. У твердих сирах, які реалізуються у торговельній мережі, в середньому в 25 % проб не виділяли золотистий стафілокок, водночас цим мікроорганізмом контаміновані приблизно 30 % проб у кількості більше 5×10^2 КУО/г, що перевищує вимоги стандарту. Відібрано два бактеріофаги, які проявляли в 75,0 – 80,0 % літичну активність відносно культур золотистого стафілококу з молока та з твердих сирів. Ці бактеріофаги були використані у технології консервування твердого сиру Голландського. Розроблено технологію сиру Голландського із стафілококовим бактеріофагом для підвищення його безпечності під час реалізації. Застосування для біоконтролю золотистого стафілококу у сичужному сирі літичних бактеріофагів дозволяє практично повністю знешкодити їх у технології виробництва.

Отже, використання літичних бактеріофагів для підвищення безпечності молочних продуктів є екологічно чистим способом стримування розвитку патогенних бактерій, тим самим не впливаючи на закваскову мікрофлору продукту.

Ключові слова: молоко-сировина, твердий сир, літичні бактеріофаги, золотистий стафілокок, безпечність.

UDC 664.8/9

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.3.2024.47>

BIOCONSERVATION OF HARD RENT CHEESE USING BACTERIOPHAGES

Mykola Kukhtyn,

Doctor of Veterinary Sciences, professor,

<https://orcid.org/0000-0002-0195-0767>,

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

Orysia Tsisaryk,

Doctor of Agricultural Sciences, professor

<https://orcid.org/0000-0002-0286-7463>,

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv,
79010, Pekarska Str., 50, Lviv, Ukraine.

Volodymyr Salata,

Doctor of Veterinary Sciences, professor,

<https://orcid.org/0000-0002-7175-493X>

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv,
79010, Pekarska Str., 50, Lviv, Ukraine.

Halyna Koval,

PhD, Associate Professor,

<https://orcid.org/0000-0002-8503-3412>,

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv,
79010, Pekarska Str., 50, Lviv, Ukraine.

Vira Klymyk,

PhD, senior researcher,

<https://orcid.org/0000-0002-0197-4988>,

Ternopil Research Station of the Institute of Veterinary Medicine,
46012, Trolleybusna Str., 12, Ternopil, Ukraine.

Abstract. Several technological approaches are used to increase the safety of perishable food products during their production and realization. In particular, it is the use of temperature, high pressure, ultraviolet radiation and added preservatives. One of the generally recognized and common disadvantages of all these methods is that they have an influence on the microorganisms indiscriminately, that is, they inhibit both pathogenic and potentially beneficial autochthonous lactic acid bacteria of the "normal" microflora of fermented products. The purpose of this investigation was to monitor hard rennet cheeses for the content of *Staphylococcus aureus* and to develop a technology for its preservation using a lytic staphylococcal bacteriophage. Contamination of milk-raw material and Dutch cheese with *Staphylococcus aureus* was determined by inoculating the selected samples and carrying out tenfold dilutions on a selective hemoagar medium with 5% sodium chloride, followed by thermostating for +37-48 hours. Isolation of bacteriophages from milk raw materials was carried out by filtering through bacterial filters with pores of 0.45 μm . During the improvement of the technology of Dutch cheese with staphylococcal bacteriophage, two samples of cheese were produced - one experimental with bacteriophage, and the second control - without bacteriophage.

It was set up that in milk-raw material, which is processed for the production of hard cheeses, *Staphylococcus aureus* was not detected in 25 to 40% of the samples, on average 45% of the milk samples were contaminated with this pathogen up to 5×10^2 CFU/ml and from 18 to 30% samples had a staphylococci content of more than 5×10^2 CFU/ml. In hard cheeses which are realized in the retail network, *Staphylococcus aureus* was not isolated in an average of 25% of the samples, while approximately 30% of the samples were contaminated with this microorganism in the amount of more than 5×10^2 CFU/g, which exceeds the requirements of the standard. Two bacteriophages were selected that showed 75.0-80.0% lytic activity against cultures of *Staphylococcus aureus* from milk and hard cheeses. These bacteriophages were used in the technology of preserving hard Dutch cheese. The technology of Dutch cheese with staphylococcal bacteriophage has been developed to increase its safety during implementation. The use of lytic bacteriophages for the biocontrol of *Staphylococcus aureus* in rennet cheese makes it possible to almost completely neutralize them in the technology of production.

Therefore, the use of lytic bacteriophages to increase the safety of dairy products is an environmentally clean way of restraining the development of pathogenic bacteria, thereby not influencing on the fermentation microflora of the product.

Key words: raw milk, cheese, lytic bacteriophages, *Staphylococcus aureus*, safety.

Вступ. Тверді сичужні сири характеризуються високою поживною цінністю, біологічним складом та є джерелом добре засвоєного білка. Більша частка сичужних сирів виробляється з коров'ячого молока, а технологічний процес є досить тривалим (Zheng et al., 2021; Zhao et al., 2021). Основну мікрофлору цього молочного продукту становить молочнокисла мікробіота внесеного заквашувального препарату, незначну частину становить залишкова мікрофлора пастеризованого молока, технологічного обладнання та предметів, які мають контакт під час усього технологічного процесу (Korena et al., 2023; Arutiunian & Kukhtyn, 2023). Тому якісний твердий сир вважається не тільки цінним завдяки харчовим компонентам молока, але й завдяки життєдіяльності його закваскової мікрофлори, яка селекціонується та виживає під час складного технологічного процесу дозрівання (Fox et al., 2017; Vacca et al., 2024). Згідно ДСТУ 6003:2008 Сири тверді. Загальні технічні умови, в ньому контролюють такі мікробіологічні показники безпечності: БГКП, *S. aureus*, *Salmonella* та *Listeria monocytogenes*. Зокрема, БГКП не допускаються в 0,01 г, золотистий стафілокок в 1 г не більше 5×10^2 КУО, сальмонели й лістерії в 25 г (DSTU, 2008). Незважаючи на контроль твердого сиру, як і інших молочних продуктів за мікробіологічними показниками ця категорія продуктів віднесена до тих, які найчастіше є причиною аліментарних інфекцій та отруєнь у споживачів (Akineden et al., 2008; Rahimi,

2013; Tilocca et al., 2020). За даними Європейського управління з безпечності харчових продуктів і Європейського центру профілактики та контролю захворювань, у 2021 році в усіх країнах ЄС та Великобританії було зареєстровано 4005 харчових спалахів, у яких постраждали 32 543 людини (EFSA, ECDC, 2021). Аналогічна статистика в США, де приблизно 56 000 людей госпіталізуються щороку через хвороби харчового походження (IFSAC, 2019). За оцінками ВООЗ, у всьому світі протягом року небезпечна їжа є причиною 600 мільйонів випадків захворювань харчового походження, що спричиняє 420 000 смертей (Pires et al., 2021). При цьому найбільш небезпечні харчові патогени – це *Campylobacter*, *Salmonella* та збудниками, що виробляють токсини – *Staphylococcus aureus* (Kukhtyn, et al., 2021; Murray et al., 2022).

Враховуючи таку тенденцію, питання підвищення мікробіологічної безпечності молочних продуктів, в тому числі й твердого сиру, є постійно актуальним, а розроблення нових безпечних способів гальмування розвитку патогенної мікрофлори в ньому або зниження їх у процесі зберігання протягом реалізації є завжди перспективним.

Для підвищення безпечності швидкопсувних харчових продуктів під час їх виробництва та реалізації використовують декілька технологічних підходів. Зокрема, це температурна обробка (пастеризація, стерилізація, заморожування) (Cheng et al., 2017; Kukhtyn et al., 2017; Azizi-Lalabadi et al., 2023), обробка під високим тиском (Wolbang et al., 2008), ультразвуком (Bajovic et al., 2012), ультрафіолетовим опроміненням (Moye et al., 2018), тощо. Водночас досить значного поширення має використання антимікробних речовин синтетичного чи природнього походження для впливу на мікрофлору харчового продукту (хімічні консерванти, природні ефірні олії, тощо) (Awuchi et al., 2020; Martí-Quijal et al., 2021). Кожен із цих способів має свої переваги та недоліки щодо впливу як на мікробіоту продукту, так і на основні інгредієнти харчової матриці.

Одним із загальноновизнаних і спільним недоліком усіх цих способів є те, що вони впливають на всі мікроорганізми, тобто інгібують, як патогенні, так і потенційно корисні автохтонні молочнокислі бактерії «нормальної» мікрофлори ферментованих продуктів (Moye et al., 2018). До того ж, навіть за використання цих доступних способів знешкодження мікрофлори, спалахи харчового походження все ще відбуваються відносно часто (Pires et al., 2021). Наведені чинники сукупно ілюструють необхідність цілеспрямованого антимікробного підходу, який можна використовувати у харчовій технології окремо або в поєднанні з іншими способами для встановлення додаткових бар'єрів з метою запобігання потраплянню харчових бактеріальних патогенів до споживачів.

Екологічно безпечним способом пригнічення та знищення мікробіоти у харчовому продукті може бути технологія «біологічного консервування» за допомогою літичних фагів специфічних до конкретного патогена продукту без шкідливого впливу на нормальну закваскову мікрофлору. Цей підхід називають «біоконтролем бактеріофага» або «біоконтролем фага» (Moye et al., 2018; Połaska & Sokołowska, 2019; Agún et al., 2024).

Бактеріофаги – це віруси, які поширені повсюдно в природі і вражають лише бактеріальні клітини. Ці організми характеризуються високою специфічністю, що є важливою ознакою, яка дозволяє використовувати їх у харчовій промисловості. Фаги застосовуються в трьох секторах харчової промисловості: первинне виробництво, біосанітарія та біоконсервація. Під час біосанітарії фаги або ферменти (ендолізени), які вони виробляють, в основному використовуються для запобігання утворенню біоплівки на поверхні обладнання, що використовується у виробничих приміщеннях. У разі біоконсервації фаги використовуються для продовження терміну зберігання продуктів шляхом боротьби з патогенними бактеріями, які псують їжу (Połaska & Sokołowska, 2019). Крім того, в останні роки все частіше поширюється тенденція про споживання корисної без хімічних консервантів харчових продуктів, а бактеріофаги можуть бути доброю альтернативою цьому процесу (Hussain et al., 2017).

Отже, застосування специфічних бактеріофагів проти конкретних збудників харчових інфекцій та токсикозів у технології виробництва молочних продуктів для підвищення їхньої безпечності без шкідливого впливу на самі продукти та корисну мікрофлору є актуальним та потребує ґрунтовного дослідження.

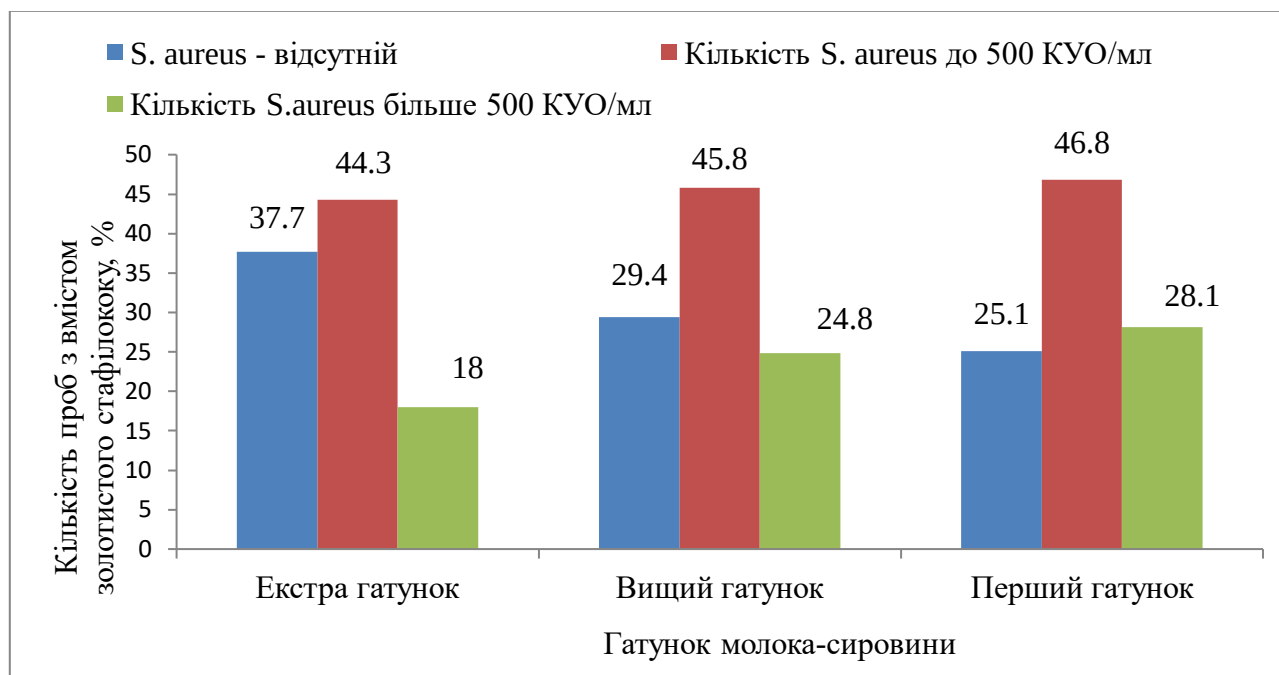
Метою роботи було провести контроль твердих сичужних сирів за вмістом золотистого стафілококу та розробити технологію їх консервування за допомогою літичного стафілококового бактеріофагу.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ. Контамінацію молока-сировини ($n=72$) та Голландського сиру ($n=21$) золотистим стафілококом визначали шляхом посіву відібраних проб ($n=93$) та проведених десятикратних розведень на селективне середовище гемоагар з 5 % натрію хлориду з наступним термостатуванням за $+37 - 48$ год та підрахунком колоній з інтерпретацією на 1 мл/г продукту. Культури золотистого стафілококу – це гемолітичні, які ферментують глюкозу зі здатністю до плазмакоагуляції кролячої плазми (Kukhtyn et al., 2017).

Виділення бактеріофагів з молочної сировини проводили шляхом використання бактеріальних клітин золотистих стафілококів як специфічних господарів відповідно до загальних методик (Horiuk et al., 2020). Відділення бактеріофагів від клітин мікроорганізмів здійснювали шляхом фільтрації через бактеріальні фільтри з порами 0,45 мкм. Спектр літичної дії виділених з молочної сировини протистафілококових фагів визначали до культур стафілококів із твердих сирів.

Під час удосконалення технології сиру Голландського зі стафілококовим бактеріофагом було вироблено два зразки сиру – один дослідний із бактеріофагом, а другий контрольний – без бактеріофагу. Усі отримані результати піддавалися загально визнаним методам статистичної обробки з використанням програми Statistica 10, при цьому за $P \leq 0,05$ цифрові дані вважали вірогідними.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ. Поряд із проблемою харчового токсикозу, спричиненого ентеротоксигенними стафілококами, ще більшою загрозою ці бактерії становлять для громадського здоров'я як резистентні до антимікробних препаратів. Адже стійкість до протимікробних препаратів стала однією з головних загроз громадському здоров'ю двадцять першого століття. Згідно з останніми оцінками, у 2019 році 1,27 мільйона смертей були спричинені бактеріями стійкими до антибіотиків (Turchi et al., 2024). Серед них *Staphylococcus aureus* посідає друге місце в списку мікроорганізмів, відповідальних за смертність внаслідок стійкості до антибіотиків у країнах з високим рівнем доходу (Murray et al., 2022). Оскільки, *S. aureus* є відповідальним за безліч інфекцій, які варіюються від нозокоміальних інфекцій, що пов'язані з високим рівнем захворюваності та смертності серед людей, до інфекцій у продуктивних тварин, які використовуються людиною (Lee et al., 2012). Отже, враховуючи наслідки, які може спричинити молочна продукція, яка надмірно контамінована цим убіквітарним мікроорганізмом, нами на першому етапі дослідження було визначено рівень обсіменіння молока-сировини на переробних підприємствах золотистим стафілококом. Це молоко приймається за державним стандартом і використовується для виробництва твердих сирів (рис. 1).



Рисунк 1. Контамінація молока-сировини на молокопереробних підприємствах золотистим стафілококом залежно від гатунку

З результатів досліджень (рис. 1) спостерігаємо, що найменшу кількість проб сирого молока, у якому не виявлявся золотистий стафілокок, реєстрували серед гатунку екстра – $37,7 \pm 1,8$ %. При цьому кількість проб гатунку екстра, яка містила золотистий стафілокок до 5×10^2 КУО/мл була $44,3 \pm 2,2$ %, а проб молока сировини цього гатунку більше 501 КУО/мл – $18,0 \pm 1,3$ %. Тобто навіть серед гатунку екстра молоко сире, яке приймається на перероблення та використовується для виробництва твердого сиру, контаміноване золотистим стафілококом становить 62,3 % проб. Такою ситуацією можна пояснити допустимість у твердих сичужних сирах згідно ДСТУ 6003 : 2008 (DSTU, 2008) наявність золотистого стафілококу у кількості 5×10^2 КУО/г (500 КУО).

У пробах молока-сировини нижчих гатунків (вищого й першого) реєструємо обсіменіння цим мікроорганізмом у більшій кількості. Зокрема кількість проб, у яких золотистий стафілокок був відсутній, була на 8,3 та 12,6 %, відповідно, менша, ніж у пробах гатунку екстра. При цьому зростає кількість проб молока-сировини, у яких виявляли вміст коагулазопозитивних стафілококів більше 5×10^2 КУО/мл, так серед проб вищого гатунку на 6,8 %, а серед першого на 10,1 %, порівнюючи з молоком найвищого – екстра гатунку. Такі дані вказують, що стафілококи, в тому числі й золотистий, можна віднести до «нормальної» автохтонної мікрофлори молочної сировини, які практично постійно присутні в ній (Kukhtyn et al., 2017). Тому під час виробництва молочних продуктів, такі заходи як пастеризація спрямовані на знищення цієї умовно-патогенної мікрофлори. Водночас все ж таки, у готових виробках, таких як тверді сири, у зв'язку зі складною технологією виробництва відбувається вторинне забруднення золотистим стафілококом під час усього процесу.

Отже, молоко-сировина є беззаперечним джерелом контамінації твердих сичужних сирів золотистим стафілококом тому розроблення технології біоконсервації за допомогою фагів є перспективним для контролю цього патогена у готовому продукті.

Наукову зацікавленість становили результати досліджень відносно виявлення рівня контамінації золотистим стафілококом твердих сичужних сирів вітчизняного виробництва, які реалізуються в Україні (n=21). Результати наведено на рисунку 2.

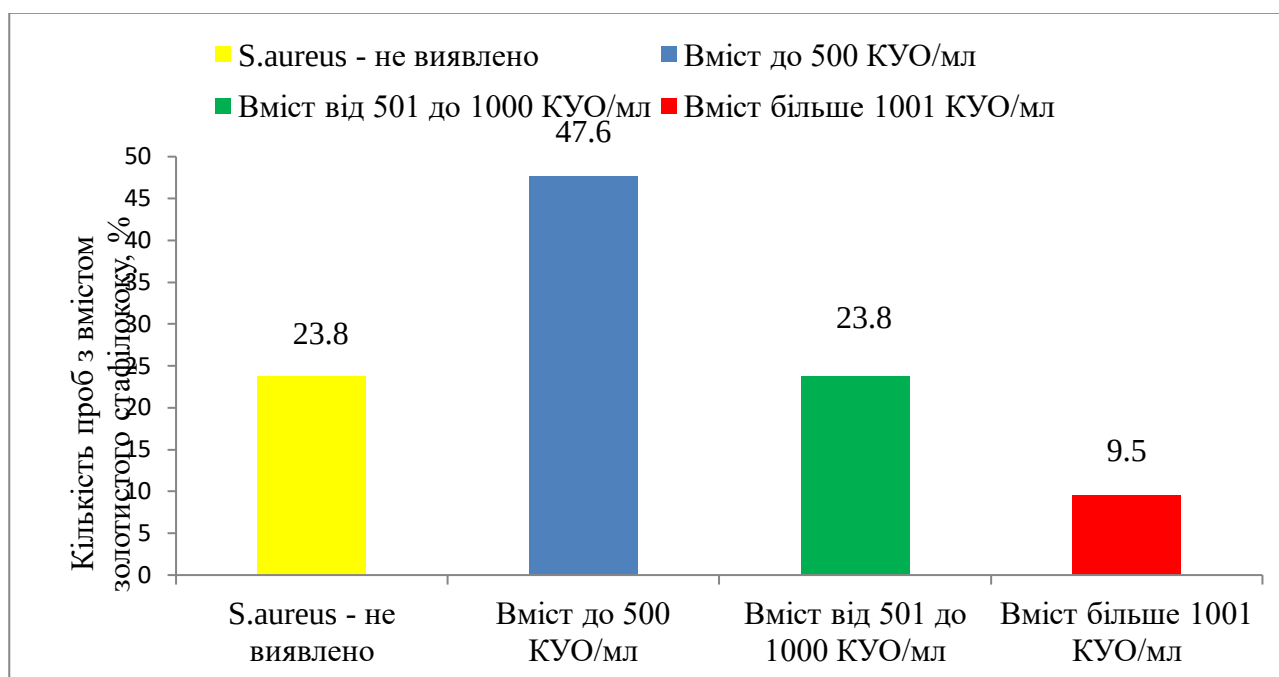


Рисунок 2. Контамінація золотистим стафілококом твердих сичужних сирів, які реалізуються в Україні

З результатів досліджень (рис. 2) спостерігаємо, що частка твердих сирів, у яких не виявляли доступними мікробіологічними методами наявності золотистого стафілококу, становила $23,8 \pm 1,7$ %. Водночас найбільше було сирів, які мали обсіменіння цим мікроорганізмом у діапазоні від 1 до 5×10^2 КУО/г – $47,6 \pm 3,3$ %. Тобто з досліджених нами твердих сирів кількість проб, які були забруднені коагулазопозитивними стафілококами, проте не перевищували допустимий рівень відповідно до національного стандарту ДСТУ 6003 : 2008 (DSTU, 2008) 5×10^2 КУО/г, становила 71,4 %. До того ж виявлено $23,8 \pm 1,6$ % проб твердих сирів, у яких рівень забруднення золотистим стафілококом був у дещо більшому діапазоні (501 – 1000 КУО/г) від дозволеного стандартом рівня. Близько 10 % проб досліджених сирів були контаміновані коагулазопозитивними стафілококами у кількості більше 10^3 КУО/г, тобто більше як в два рази допустимого стандартом рівня. Це може бути наслідком розвитку стафілококів під час реалізації у торговельній мережі або під час транспортування. Водночас більшість дослідників вважають (Obeso et al., 2008; Akineden et al., 2008), що для виникнення харчового токсикозу, спричиненого ентеротоксигенними стафілококами, необхідно, щоб їх кількість у продукті сягала близько 10^6 КУО/г/мл. Проте, на нашу думку, більше значення має не остаточна кінцева кількість золотистого стафілококу в продукті, а з якої кількості вони розмножилися. У випадку першого варіанту, кількість у 10^6 КУО може бути наслідком контамінації на завершальній стадії технологічного процесу або реалізації, тоді стафілококи не встигнуть накопичити достатню кількість ентеротоксину відповідального за токсикоз. У другому випадку, якщо створюються сприятливі умови для розвитку стафілококів, то навіть за незначної початкової кількості 10^2 КУО/г їх кількість поступово зростає та накопичується ентеротоксин.

Отже, тверді сири, які реалізуються в торговельній мережі, контаміновані золотистим стафілококом приблизно в 30 % у кількості більше 5×10^2 КУО/г, що не відповідає вимогам стандарту.

Зазвичай, найбільшою технічною проблемою фагового біоконтролю харчових продуктів є його ефективність, тобто для обробки харчових продуктів маємо використовувати тільки літичні, а не лізогенні бактеріофаги. Іншими словами, фаги можуть ефективно знижувати рівень цільових бактерій у харчових продуктах, але вони не завжди повністю їх усувають, коли перебувають у лізогенному стані. До того ж для активної дії

бактеріофагу він повинен контактувати з чутливими до лізису бактеріальними клітинами. У такому випадку необхідно його вносити у середовище у великих концентраціях не менше 10^7 БУО/мл, при цьому буде відбуватися пасивна імунізація бактеріальних клітин. Якщо у харчовій системі буде велика кількість цільових бактеріальних клітин то може проходити й активна фагова інфекція із зараженням їх та виділенням у середовище значної кількості віріонів, які будуть заражувати нові бактерії (Hussain et al., 2017).

Найкраще фаги проявляють літичну активність до своїх бактерій-господарів якщо вони виділені з того ж самого середовища, що й їхні цільові клітини (Turchi et al., 2024). Тому нами виділено 10 культур золотистого стафілококу з молока-сировини та 8 із твердих сичужних сирів. Ці виділені культури були вибрані як господарі для репродукції стафілококових бактеріофагів. У результаті проведених досліджень було виділено з молока-сировини 7 літичних штамів бактеріофагів, які лізували культури золотистого стафілококу з твердих сирів та молока сирого. Оцінка літичної активності цих бактеріофагів наведена в табл. 1.

Таблиця 1. Оцінка літичної активності бактеріофагів до культур золотистого стафілококу з молока-сировини й сиру твердого, $n=7$, %

Штами фагів, №	Літична активність фагів у методі «стікаючої краплі»							
	<i>S.aureus</i> з молока-сировини, $n=10$				<i>S.aureus</i> з твердого сиру, $n=8$			
	+	++	+++	++++	+	++	+++	++++
Фаг 1	–	10	40	50	–	–	25,0	75,0
Фаг 2	–	–	30	70			37,5	62,5
Фаг 3	–	–	20	80	–	–	25,0	75,0
Фаг 4	–	20	20	60	12,5	12,5	25,0	50,0
Фаг 5	–	10	30	60	–	25,5	37,5	37,5
Фаг 6	–	30	20	50	–	25,0	12,5	62,5
Фаг 7	–	–	20	80	–	–	25,0	75,0

Примітка: міра лізису фагу: «++++» – повний лізис – відсутній ріст колоній *S.aureus*; «+++» – напівзливний лізис, наявність кілька колоній *S.aureus*; «++» – плямистий лізис, виявляємо ≥ 50 фагів; «+» – виявляємо близько 20–50 фагів; У випадку лізису в «+++» та «++++» результат є позитивним [87].

З даних таблиці 1 спостерігаємо, що виділені сім фагів лізували всі культури золотистого стафілококу, однак їх літична активність характеризувалася різною інтенсивністю. Зокрема фаги №2, №3 та №7 у 100 % випадків лізували культури золотистого стафілококу, виділених з молока-сировини у три та чотири хрести. Культури *S.aureus* з твердого сиру також добре лізувалися виділеними фагами, зокрема міра лізису в три та чотири хрести була у вище перерахованих фагів та у фагу №1. Це дає підставу до використання цих виділених фагів у технології консервування молочних продуктів, які контаміновані *S.aureus*, що походить з коров'ячого молока-сировини. При цьому, на нашу думку, найдоцільніше використати для створення фагової композиції високолітичні фаги №3 та №7.

Отже, фаг №3 та фаг №7 проявляли в 75,0 – 80,0 % літичну активність у вигляді трьох та чотирьох хрестів як відносно культур золотистого стафілококу з молока, так і виділених з твердого сичужного сиру. Це вказує на можливість їх використання у якості біоконсервантів для зменшення рівня стафілококів у твердих сирах під час реалізації.

Під час технології виробництва твердого сичужного сиру із стафілококовим бактеріофагом ми за основу взяли класичну технологію сиру Голландського. Вона передбачала такі стандартні технологічні операції й режими. Приймання – оцінка кількості та за вмістом жиру, білку, кислотності, тощо з наступним визначенням мікробіологічних показників та сиропридатності молока-сировини. Очищення, охолодження та тимчасове

резервування молока з наступним його дозріванням до 12 год за температури від + 8 до 10°C. Нормалізація з гомогенізацією та пастеризацією за $t \approx +77^\circ\text{C}$ протягом 20 с. Потім пастеризовану суміш піддають охолодженню до температури зсідання ($37 \pm 2^\circ\text{C}$). Водночас відмінність технології полягала в тому, що на такий технологічний операції як внесення в молочну суміш заквашувального препарату, солей кальцію, сичужного ферменту ми додатково додавали композицію стафілококового бактеріофагу у кількості 1 мл на 1 л молочної суміші. При цьому концентрація фагів у бактеріофаговій композиції становила не менше 10^8 БУО/мл. Таку концентрацію бактеріофагів для біоконтролю та консервації харчових продуктів пропонують ряд вчених (Kazi & Annapure, 2016; Hussain et al., 2017; Połaska & Sokołowska, 2019; Agún et al., 2024), які застосовували протисальмонельозні та протилістеріозні бактеріофаги для забезпечення мікробіологічної стійкості харчових продуктів. У подальшому технологія виробництва твердого Голландського сиру мала стандартні технологічні операції (рис. 3). Зокрема перевірка готовності згустку, обробка його та постановка зерна до нагрівання (температура другого нагрівання 38-42 °C). Надалі формували головки та проводили пресування сиру, соління здійснювали за температури 9-11°C й концентрації кухонної солі 20 %. Після процесу соління сир обсушували за температури 11 °C протягом двох діб, процес визрівання становив 60 діб. У контрольному зразку сиру технологічні операції були аналогічні, але без додавання протистафілококового бактеріофагу.

Внесення у молочну суміш під час технологічного процесу виробництва сиру виділені нами стафілококові бактеріофаги має на меті лізувати клітини золотистого стафілококу та не допускати їх розвиток до рівня, який вважається критичним для виникнення стафілококового токсикозу та, крім цього, щоб кількість коагулазопозитивних стафілококів у продукті під час реалізації не перевищувала вимоги ДСТУ 6003 : 2008. Тому важливо було проконтролювати кількісні зміни золотистого стафілококу під час 60-ти добового визрівання сиру (рис. 3).

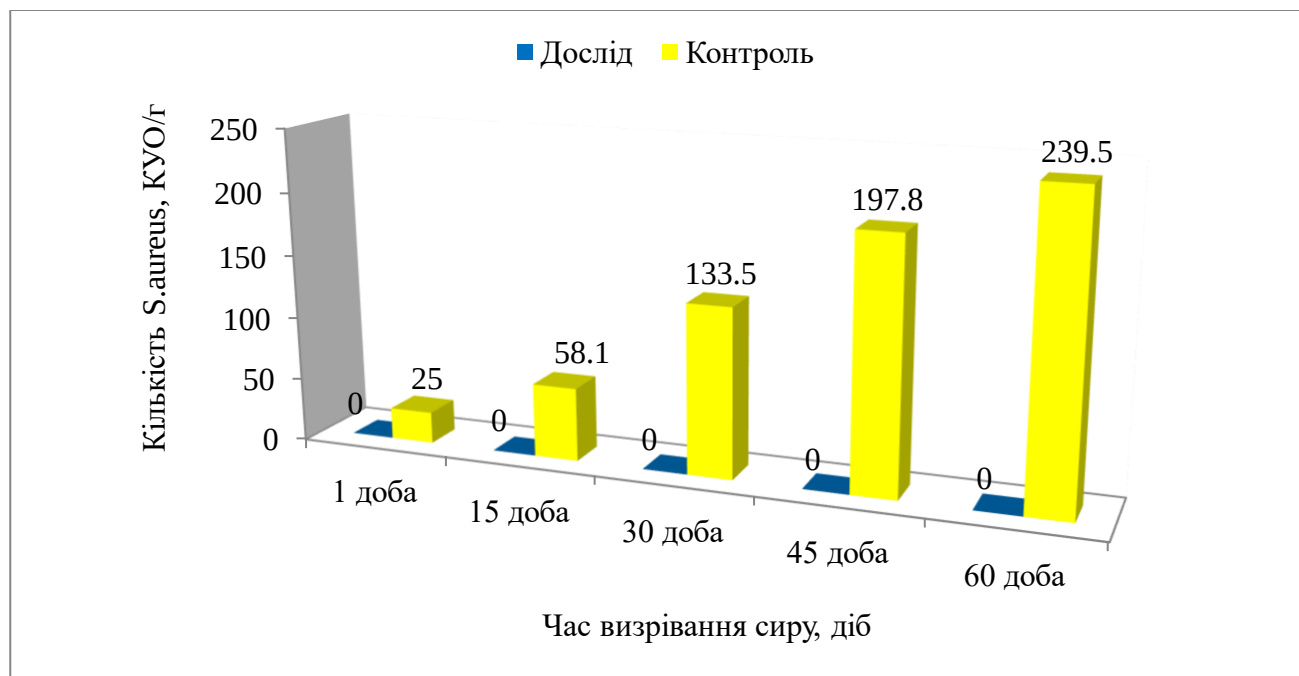


Рисунок 3. Динаміка кількості золотистого стафілококу за дозрівання твердого сиру Голландського із стафілококовим бактеріофагом

Виявлено (рис. 3), що додавання літичних стафілококових бактеріофагів у молочну суміш під час технології твердого сиру дозволяє провести її консервування щодо розвитку золотистого стафілококу у сирі за його визрівання. Так спостерігаємо, що у твердому сирі із стафілококовим бактеріофагом протягом 60-ти добового визрівання клітин золотистого стафілококу не виділяли стандартними мікробіологічними методами. Втім, у контрольному зразку сиру за його дозрівання золотистий стафілокок виявлявся на першу добу у кількості $25,0 \pm 1,7$ КУО/г, а через 60 діб його кількість збільшилася в 9,5 рази і становила $239,5 \pm 14,6$ КУО/г. Хоча вміст стафілококу суттєво збільшився за весь період визрівання, водночас вказана кількість була понад два рази меншою рівня, визначеного стандартом – 5×10^2 КУО/г [2].

Також було проведено органолептичні та фізико-хімічні дослідження дослідного та контрольного зразків сиру на відповідність показникам ДСТУ 6003:2008 Сири тверді. Загальні технічні умови. Встановлено, що обидва зразки відповідали нормативу стандарту за показником масової частки вологи, яка становила $44,3 \pm 0,2$ %, до того ж різниці між дослідним і контрольним зразками за органолептичними властивостями дегустаційна комісія не виявила.

Отже, застосування літичних бактеріофагів для біоконтролю золотистого стафілококу дозволяє практично повністю його знешкодити у твердому сичужному сирі у технології виробництва.

ВИСНОВКИ. 1. У молоці-сировині, яке надходить на перероблення для виробництва твердих сирів, у 25-40 % проб залежно від гатунку золотистий стафілокок не виявлявся, в середньому 45 % проб молока були контаміновані золотистим стафілококом у кількості до 5×10^2 КУО/мл та від 18 до 30 % проб мали вміст коагулазопозитивних стафілококів понад 5×10^2 КУО/мл.

2. У твердих сирах, які реалізуються у торговельній мережі, в середньому в 25 % проб не виділяли золотистий стафілокок, водночас цим мікроорганізмом контаміновані приблизно 30 % проб у кількості більше 5×10^2 КУО/г, що перевищує вимоги стандарту.

3. З молока та з твердого сичужного сиру відібрано два бактеріофаги, що проявляли в 75,0 – 80,0 % літичну активність відносно культур золотистого стафілококу, які були використані у технології консервування твердого сиру Голландського.

4. Розроблено технологію сиру Голландського із стафілококовим бактеріофагом для підвищення його безпечності під час реалізації. Застосування літичних бактеріофагів для біоконтролю золотистого стафілококу дозволяє практично повністю його знешкодити у сичужному сирі. Використання літичних бактеріофагів для підвищення безпечності молочних продуктів є екологічно чистим способом стримування розвитку патогенних бактерій, тим самим не впливаючи на закваскову мікрофлору продукту.

References

Agún, S., Fernández, L., Rodríguez, A., & García, P. (2024). Phage lytic proteins: a natural approach to agro-food safety. *Food Science and Human Wellness*

Akineden, Ö., Hassan, A. A., Schneider, E., & Usleber, E. (2008). Enterotoxigenic properties of *Staphylococcus aureus* isolated from goats' milk cheese. *International journal of food microbiology*, 124(2), 211-216. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.03.027>

Arutunian, D., & Kukhtyn, M. (2023). Microbiological indicators of quality and safety of hard rennet cheese with linseed content during storage. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 25(100), 3–8. <https://doi.org/10.32718/nvlvet-f10001>

Awuchi, C. G., Twinomuhwezi, H., Igwe, V. S., & Amagwula, I. O. (2020). Food additives and food preservatives for domestic and industrial food applications. *Journal of Animal Health*, 2(1), 1–16.

Azizi-Lalabadi, M., Moghaddam, N. R., & Jafari, S. M. (2023). Pasteurization in the food industry. In *Thermal Processing of Food Products by Steam and Hot Water*, pp. 247–273. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818616-9.00009-2>

Bajovic, B., Bolumar, T., & Heinz, V. (2012). Quality considerations with high pressure processing of fresh and value added meat products. *Meat science*, 92(3), 280–289. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.04.024>

Cheng, L., Sun, D. W., Zhu, Z., & Zhang, Z. (2017). Emerging techniques for assisting and accelerating food freezing processes: A review of recent research progresses. *Critical reviews in food science and nutrition*, 57(4), 769–781. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1004569>

DSTU 6003 (2008). Hard cheeses. General technical conditions. National Standard of Ukraine, 22 p.

EFSA, ECDC, The European Union One Health 2019 Zoonoses Report, EFSA Journal. 19 (2021). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6406>

Fox, P.F., Guinee, T.P., Cogan, T.M., McSweeney, P.L.H. (2017). Microbiology of Cheese Ripening. In: Fundamentals of Cheese Science. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7681-9_11

Horiuk, Y., Kukhtyn, M., Horiuk, V., Kernychnyi, S., Tarasenko, L. (2020). Characteristics of bacteriophages of the *Staphylococcus aureus* variant *bovis*. *Veterinárni Medicína*, 65 (10), 421–426. <https://doi.org/10.17221/55/2020-VETMED>

Hussain, M. A., Liu, H., Wang, Q., Zhong, F., Guo, Q., & Balamurugan, S. (2017). Use of encapsulated bacteriophages to enhance farm to fork food safety. *Critical reviews in food science and nutrition*, 57(13), 2801–2810. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1069729>

Interagency Food Safety Analytics Collaboration (IFSAC), Foodborne illness source attribution estimates for 2019 for *Salmonella*, *Escherichia coli* O157, *Listeria monocytogenes*, and *Campylobacter* using multi-year outbreak surveillance data, United States, 2019. <https://www.cdc.gov/foodsafety/ifsac/projects/index.html>

Kazi, M., & Annapure, U. S. (2016). Bacteriophage biocontrol of foodborne pathogens. *Journal of food science and technology*, 53(3), 1355–1362. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1996-8>

Korena, K., Krzyzankova, M., Florianova, M., Karasova, D., Babak, V., Strakova, N., & Juricova, H. (2023). Microbial succession in the cheese ripening process—competition of the starter cultures and the microbiota of the cheese plant environment. *Microorganisms*, 11(7), 1735. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11071735>

Kukhtyn, M. D., Kovalenko, V. L., Pokotylo, O. S., Horyuk, Y. V., Horyuk, V. V., & Pokotylo, O. O. (2017). Staphylococcal contamination of raw milk and handmade dairy products, which are realized at the markets of Ukraine. *Journal for Veterinary Medicine, Biotechnology and Biosafety*, (3, Iss. 1), 12–16.

Kukhtyn, M., Berhilevych, O., Kravcheniuk, K., Shynkaruk, O., Horiuk, Y., & Semaniuk, N. (2017). Formation of biofilms on dairy equipment and the influence of disinfectants on them. *Eastern-European journal of Enterprise Technologies*, (5 (11)), 26–33. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.110488>

Kukhtyn, M., Horiuk, Y., Salata, V., Klymyk, V., Vorozhbit, N., & Rushchinskaya, T. (2021). Staphylococcus aureus of raw cow's milk. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 23(102), 53–59. <https://doi.org/10.32718/nvlvet10208>

Lee, S. H. I., Camargo, C. H., Gonçalves, J. L., Cruz, A. G., Sartori, B. T., Machado, M. B., & Oliveira, C. A. F. D. (2012). Characterization of Staphylococcus aureus isolates in milk and the milking environment from small-scale dairy farms of São Paulo, Brazil, using pulsed-field gel

electrophoresis. *Journal of Dairy Science*, 95(12), 7377–7383. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5733>

Martí-Quijal, F. J., Khubber, S., Remize, F., Tomasevic, I., Roselló-Soto, E., & Barba, F. J. (2021). Obtaining antioxidants and natural preservatives from food by-products through fermentation: A review. *Fermentation*, 7(3), 106. <https://doi.org/10.3390/fermentation7030106>

Moye, Z. D., Woolston, J., & Sulakvelidze, A. (2018). Bacteriophage applications for food production and processing. *Viruses*, 10(4), 205. <https://doi.org/10.3390/v10040205>

Murray, C. J., Ikuta, K. S., Sharara, F., Swetschinski, L., Aguilar, G. R., Gray, A., ... & Tasak, N. (2022). Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis. *The lancet*, 399(10325), 629–655. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)02724-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02724-0)

Obeso, J. M., Martínez, B., Rodríguez, A., & García, P. (2008). Lytic activity of the recombinant staphylococcal bacteriophage ΦH5 endolysin active against *Staphylococcus aureus* in milk. *International journal of food microbiology*, 128(2), 212–218. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.08.010>

Pires, S. M., Desta, B. N., Mughini-Gras, L., Mmbaga, B. T., Fayemi, O. E., Salvador, E. M., ... & Devleeschauwer, B. (2021). Burden of foodborne diseases: Think global, act local. *Current Opinion in Food Science*, 39, 152–159. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.01.006>

Pońska, M., & Sokołowska, B. (2019). Bacteriophages—a new hope or a huge problem in the food industry. *AIMS microbiology*, 5(4), 324. <https://doi.org/10.3934/microbiol.2019.4.324>

Rahimi, E. (2013). Enterotoxigenicity of *Staphylococcus aureus* isolated from traditional and commercial dairy products marketed in Iran. *Brazilian Journal of Microbiology*, 44, 393–399. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822013000200008>

Tilocca, B., Costanzo, N., Morittu, V. M., Spina, A. A., Soggiu, A., Britti, D., ... & Piras, C. (2020). Milk microbiota: Characterization methods and role in cheese production. *Journal of Proteomics*, 210, 103534. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2019.103534>

Turchi, B., Campobasso, C., Nardinocchi, A., Wagemans, J., Torracca, B., Lood, C., ... & Di Luca, M. (2024). Isolation and characterization of novel *Staphylococcus aureus* bacteriophage Hesat from dairy origin. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 108(1), 299. <https://doi.org/10.1007/s00253-024-13129-y>

Vacca, M., Celano, G., Serale, N., Costantino, G., Calabrese, F. M., Calasso, M., & De Angelis, M. (2024). Dynamic microbial and metabolic changes during Apulian Caciocavallo cheese-making and ripening produced according to a standardized protocol. *Journal of Dairy Science*. In Press, Journal Pre-proof. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-24049>

Wolbang, C. M., Fitos, J. L., & Treeby, M. T. (2008). The effect of high pressure processing on nutritional value and quality attributes of *Cucumis melo* L. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9(2), 196–200. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2007.08.001>

Zhao, Z., Ning, C., Chen, L., Zhao, Y., Yang, G., Wang, C., ... & Li, S. (2021). Impacts of manufacture processes and geographical regions on the microbial profile of traditional Chinese cheeses. *Food Research International*, 148, 110600. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110600>

Zheng, X., Shi, X., & Wang, B. (2021). A review on the general cheese processing technology, flavor biochemical pathways and the influence of yeasts in cheese. *Front. Microbiol.* 12: 703284. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.703284>

Отримано 02.08.2024 р., прийнято до публікації 12.08.2024 р.

УДК 634.22:631.558-023.651

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.3.2024.59>**МІНІМІЗАЦІЯ ВТРАТ СПОЖИВЧОЇ ЯКОСТІ ПРИ ЗБЕРІГАННІ ПЛОДІВ ВИШНІ ПІД ЧАС ГІДРООХОЛОДЖЕННЯ ТА ЗАХИСНОЇ КОМПОЗИЦІЇ****Іванова Ірина Євгенівна,**

Кандидат сільськогосподарських наук, доцент,

<https://orcid.org/0000-0003-2711-2021>,Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
69002, вул. Жуковського, 66, м. Запоріжжя, Україна.**Сердюк Марина Єгорівна,**

Доктор технічних наук,

<https://orcid.org/0000-0002-6504-4093>,Національний університет біоресурсів та природокористування України,
03041, вул. Героїв оборони 15, Київ, Україна.**Кривонос Ірина Анатоліївна,**

Старший викладач,

<https://orcid.org/0000-0001-7079-5150>,Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
69002, вул. Жуковського, 66, м. Запоріжжя, Україна.**Зінов'єва Ольга Геннадіївна,**

Старший викладач,

<http://orcid.org/0000-0003-3760-8952>,Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
69002, вул. Жуковського, 66, м. Запоріжжя, Україна.**Басанець Сергій Вікторович,**

Аспірант,

<https://orcid.org/0009-0004-6158-7367>,Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
69002, вул. Жуковського, 66, м. Запоріжжя, Україна.

Анотація. Потреба в споживанні плодової продукції, зокрема черешні та вишні, в Україні щороку зростає. Це зумовлено національними традиціями, потребами стейкхолдерів та запитами населення на здорове харчування. Вишня — поживний плід, що в своєму складі має такі функціональні інгредієнти як: незамінні амінокислоти, вітаміни, мінеральні речовини, харчові волокна тощо. Нажаль, з точки зору тривалого зберігання плодів вони швидко втрачають свою якість та мають стислий період збору та переробки врожаю. Для збільшення терміну зберігання продукції доцільним є розробка та удосконалення методів зберігання та переробки плодів вишні. Оптимізація методів охолодження вишні перед зберіганням збільшує термін зберігання свіжих плодів та придатність їх споживання у свіжому стані. Удосконалення методів охолодження вишні буде сприяти збільшенню попиту на її плоди всіх зацікавлених сторін ринку Європи.

Мета досліджень полягала у встановленні оптимальної концентрації оцтової та молочної органічних кислот, що входять до складу захисної композиції для обробки плодів вишні і визначенні при зберіганні точки глобального оптимуму рівня щодобових втрат плодів вишні під час використання гідроохолодження.

Для встановлення ефективного способу охолодження визначали втрати плодів, що виникли за рахунок виникнення захворювань мікробіологічного походження та розладів

фізіологічного характеру. В ході зберігання досліджено вплив концентрацій захисної композиції на показники втрати маси та середній рівень щодобових втрат плодів.

Проведено побудову регресійної моделі і визначено оптимальні значення показників за етапами: побудовано регресійну модель на основі експериментальних даних та визначено на основі моделі точку глобального оптимуму та побудовано довірчий інтервал для оптимуму.

За результатами досліджень найменший показник щодобових втрат плодів на рівні 0,117–0,121% зафіксовано при гідроохолодженні плодів вишні з застосуванням органічних композицій молочної та оцтової кислот у співвідношенні компонентів їх концентрацій 1,25–2,25:1,50–2,25 та 1,75–2,25% при кількості оцтової кислоти 1,25% – відповідно.

Проведення регресійного аналізу показало оптимальне значення середнього рівня щодобових втрат при зберіганні плодів вишні модельного сорту «Встрєча» – 0,106% при значенні факторів x_1 (концентрація молочної кислоти)=2,217 та x_2 (концентрація оцтової кислоти)=1,966.

Ключові слова: природні втрати, мікробіологічні захворювання, фізіологічні розлади, регресійна модель, критерій мінімізації, щодобові втрати плодів.

UDC 634.22:631.558-023.651

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.3.2024.59>

MINIMISATION OF LOSSES OF CONSUMER QUALITY DURING STORAGE OF CHERRY FRUITS UNDER THE INFLUENCE OF HYDROCOOLING AND PROTECTIVE COMPOSITION

Iryna Ivanova,

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,

<https://orcid.org/0000-0003-2711-2021>,

Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University,

69002, Zhukovskoho str., 66, Zaporizhzhia, Ukraine.

Maryna Serdyuk,

Doctor of Engineering Sciences, Professor,

<https://orcid.org/0000-0002-6504-4093>,

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,

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

Iryna Kryvonos,

Senior teacher of Foreign Languages department,

<https://orcid.org/0000-0001-7079-5150>,

Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University,

69002, Zhukovskoho str., 66, Zaporizhzhia, Ukraine.

Olha Zinovieva,

Senior teacher,

<http://orcid.org/0000-0003-3760-8952>,

Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University,

69002, Zhukovskoho str., 66, Zaporizhzhia, Ukraine.

Basanets Sergii,

Postgraduate Student,

<https://orcid.org/0009-0004-6158-7367>,

Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University,

69002, Zhukovskoho str., 66, Zaporizhzhia, Ukraine.

Abstract. The need for consumption of fruit products, in particular sweet cherries and cherries, is growing every year in Ukraine. This is driven by national traditions, stakeholder needs, and the population's demand for healthy eating. Cherries are a nutritious fruit that contains such functional ingredients as essential amino acids, vitamins, minerals, dietary fiber, etc. Unfortunately, in terms of long-term storage, cherries quickly lose their quality and have a short harvest and processing period. To increase the shelf life of products, it is advisable to develop and improve methods of storage and processing of cherries. Optimisation of chilling methods for cherries before storage increases the shelf life of fresh fruit and the suitability for fresh consumption. Improving the methods of chilling cherries will help to increase the demand for its fruits by all stakeholders in the European market.

The aim of the research was to establish the optimal concentration of acetic and lactic organic acids, which are included in the protective composition for processing cherry fruits, and to determine the level of daily losses of cherry fruits during hydrocooling while maintaining the global optimum point.

To establish an effective cooling method, fruit losses caused by diseases of microbiological origin and physiological disorders were determined. During storage, the effect of the concentrations of the protective composition on the indicators of weight loss and the average level of daily fruit loss was studied.

A regression model was built and the optimal values of the indicators were determined by stages: a regression model was built on the basis of experimental data and the global optimum point was determined on the basis of the model and a confidence interval for the optimum was built.

According to the results of the research, the lowest rate of daily fruit losses at the level of 0,117%-0,121% was recorded during hydrocooling of cherry fruits using organic compositions of lactic and acetic acids in the ratio of their components of 1,25-2,25:1,50-2,25 and 1,75-2,25% with the amount of acetic acid at 1,25%, respectively.

The regression analysis showed the optimal value of the average level of daily losses during storage of cherry fruits of the model variety 'Vstrecha' – 0,106% at the value of factors $x_1=2,217$ and $x_2=1,966$.

Keywords: natural losses, microbiological diseases, physiological disorders, regression model, minimisation criterion, daily fruit losses.

ВСТУП. У сучасному світі спостерігається в найближчі 30 років стрімке зростання населення світу до 9,7 мільярдів (Panda and Amaratunga, 2019; Hasan et al., 2023).

Підвищення рівня захворювань населення пов'язані з незбалансованим харчуванням, а також зниженням якості продуктів за рахунок їх нетривалого періоду зберігання і зменшенням споживання плодово-ягідної сировини, тому питання їх залучення в раціон харчування набуває особливої актуальності. Серед різноманіття сировини плодів та ягід особливе місце займає вишня та вишнево-черешневі гібриди (дюки), які не тільки задовільняють смакові потреби населення, але й будуть сприяти покращенню здоров'я споживачів за рахунок спектру корисних макро- та мікроелементів, наявності підвищеного вмісту Р-вітаміноактивних речовин в своєму складі. Як компонент здорового харчування плоди повинні надходити в організм людини кожен день цілорічно (Agriopoulou, 2020). Проблема якості плодів широко обговорюється вченими в науковій літературі (Viljevac-Vuletić et al., 2017; Vasylyshyna, 2019; Chailoo and Asghari, 2011).

В період подовженого холодильного зберігання плодів кісточкових культур науковцями відмічені втрати природного походження, які викликані хворобами різного походження. Розповсюдженими захворюваннями мікробіологічного рівня вишні та черешні є плямистість дірчаста та гниль сіра. В'янення плодів є проявом їх фізіологічного розладу. Воно залежить

від морфології, фізичних, хімічних особливостей плоду, рівня вологості в сховищі, а також від якісного складу і концентрацій речовин якими плоди обробляють після збору врожаю (Serdyuk et al., 2017).

Збереження якості свіжих плодів черешні та вишні після збору врожаю є питанням яке потребує вирішення для всіх зацікавлених сторін. Саме комплексна робота дослідників з виробничниками дозволить подолати питання великих втрат плодової продукції яка викликана ризиками різного рівня під час її просування від «саду до споживача»

З врахуванням вищенаведеного, коло наукових інтересів дослідників спрямовані на з'ясування доцільності та удосконалення технологій що дозволять не тільки керувати, а й спрогнозувати якість плодів після їх збирання на всіх етапах постачання продукції до споживача (Hasan et al., 2023; Vasylyshyna, 2020; Dubinina et al., 2016).

Одним із перспективних напрямів досліджень є розробка захисних органічних композицій з властивостями що спричиняють збереженню плодів при створенні тривалого безперервного циклу переробки плодово-ягідної сировини.

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ. Проблема харчової безпеки потребує забезпечення стійких продовольчих систем. На сьогодні, згідно до рекомендацій Міжнародної організації охорони здоров'я ФАО/ВООЗ на 70% склад добового раціону харчування повинен складатися як із рослинної сировини, так і продуктів її переробки. В умовах сьогодення потреба у плодах в Україні задовольняється лише на 50 % (Blando and Oomah, 2019; Shkinder-Barmina, 2014; Ukrainets et al., 2018).

Унікальними харчовими продуктами є плодово-ягідна продукція. Саме вони, як компонент здорового харчування постачають організм споживача вуглеводами, вітамінами, мінеральними і полі- фенольними сполуками. Низка державних установ рекомендує споживання плодової продукції завдяки її лікувальній і енергетичній привабливості (Berger et al., 2010; Charlton et al., 2014). Як елемент здорового харчування кожен день цілорічно плодова продукція повинна надходити в організм людини. Але, плоди кісточкових культур, а саме вишні, мають достатньо короткий період збирання врожаю і обмежене маркетингове вікно (Vasylyshyna, 2020; Vasylyshyna, 2020;).

Шляхом формування безперервного або подовженого виробничого циклу підприємств можна вирішити збільшення терміну споживання плодової продукції. Науковцями доведено, що збільшення терміну споживання плодової продукції можна вирішити шляхом формування безперервного або подовженого виробничого циклу підприємств (Vinichenko, 2020; Vasylyshyna, 2018).

Як відмічає Trusova et al. (2020) зазначений підхід підвищить конкурентоспроможність суб'єктів харчової галузі у форматі забезпечення економічної безпеки областей України для відновлення у післявоєнний період

Втратам якості плодів вишні сприяє її склад, а саме на 60% він представлений водою. Також причиною щодобових втрат маси під час післязбирального зберігання плодової сировини, як зазначають автори Cabañas et al. (2023), є мікробіологічні захворювання і фізіологічні розлади.

Шляхом управління мікробіологічними і фізіологічними показниками плодів до і після збирання урожаю можна досягти збереження споживчої якості свіжих фруктів і відтермінування початку їх псування протягом тривалого періоду (Porat et al., 2018).

Зменшить відходи фруктів та підвищить доступність і якість їжі для споживачів шляхом забезпечення ланцюжка «збір врожаю плодової сировини – транспортування – зберігання – реалізація» можливо за рахунок запобігання фізіологічним пошкодженням і мікробіологічному псуванню продукції (Villavicencio et al., 2023).

Встановлено, що за рахунок зменшення вільної та зв'язаної форми води, втрат маси і зменшення інтенсивності дихання використання гідроохолодження впливає на термін

зберігання плодів та їх якість (Lomeiko et al., 2019; Zhi et al., 2022). Саме гідроохолодження сприяє подовженню терміну зберігання плодів завдяки ефективному транспортуванню і експорту плодів черешні на великі відстані (Thompson et al., 2002).

Після збору врожаю для забезпечення якісних характеристик плодової продукції та подовження термінів її зберігання зусилля науковців спрямовані на пошук та дослідження ефективних комбінацій органічних речовин для охолодження сировини.

Вченими багатьох країн досліджено вплив комбінованого способу охолодження на якісні характеристики кісточкових плодів з додаванням гідрохлориду натрію, хлору, лимонної кислоти, хлориду кальцію та саліцилової кислоти тощо. (Serradilla et al., 2012; Bahar and Dundar, 2001; Smilanick et al., 2002; Børve and Stensvand, 2019; Hajilou and Fakhimrezaei, 2013; Ennab et al., 2020).

Ще однією антибактеріальною органічною кислотою, що заслуговує подальшого дослідження, є молочна кислота. Інтерес до неї пояснюється тим, що органічна кислота є безпечною і визнаною нешкідливою (Mari et al., 2004).

Отже, враховуючи світову тенденцію до поступового переходу до органічного виробництва, дослідження впливу та підбір оптимальних концентрацій органічних кислот в поєднанні з гідроохолодженням набуває актуальності у боротьбі з патогенними мікроорганізмами та фізіологічними розладами при зберіганні плодів.

Метою досліджень було встановлення оптимальної концентрації оцтової та молочної органічних кислот, що входять до складу захисної композиції для обробки плодів вишні, та визначити точку глобального оптимуму середнього рівня щодобових втрат при зберіганні плодів вишні на етапі гідроохолодження.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ. Для дослідження біло обрано плоди вишні. Стиглість плодів відповідала споживчій стадії. При відборі плодів користувались нормативним документом DSTU 8325:2015 Вишня свіжа. Технічні умови (Fresh cherries, 2017).

Якісні показники плодової продукції відповідали нормативам стандарту DSTU 8153:2015 (Fresh cherries, 2017) на плоди вишні.

Період збирання плодів вишні було визначено за ознаками: зовнішній вигляд продукції аналізували за їх кольором та формою, проводили визначення наявності або відсутності плодоніжки, оцінювали рівень механічних пошкоджень шкірки плоду, відмічали пошкодження шкідниками і ураження грибними хворобами, визначали розмір плодів за найбільшим поперечним діаметром. Після збору врожаю плодову продукцію пакували насипом. Розмір пластикових ящиків становив 600x400x116 мм. Маса тари 10 кг. Вивчення запланованих показників якості проводили на базі лабораторій НДІ АТЕ в межах ТДАТУ імені Дмитра Моторного (м. Мелітополь).

Для збільшення термінів зберігання продукції і збереження їх якості було досліджено вплив гідроохолодження на плоди вишні у комплексі з розробленими органічними захисними композиціями. Захисні композиції включали молочну (МК) та оцтову (ОК) кислоти. Як модельний сорт були використані плоди вишні сорту «Встреча».

Для гідроохолодження був використаний палетний стаціонарний гідрокулер MAS-НС-2000-PAL-ST продуктивність якого становила 2 т/год. Реалізація попереднього охолодження дослідних плодів вишні проводилась одразу після їх збирання у два кроки комбінованим способом.

Крок 1. Охолодження плодів вишні проводили льодяною водою ($1,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$). В ході охолодження до води додавали різні композиції органічних кислот (МК і ОК). Період охолодження становив 10 ± 2 хв і тривав до встановлення в середині плоду температури $4 \pm 1^\circ\text{C}$. Для вимірювання температури всередині плоду було використано цифровий термометр ТМ-902 СР з термопарою К-типу.

В ході першої частини експерименту було створено комплексні композиції в кількості 10 шт. Ефективність захисних органічних композицій досліджували шляхом аналізу впливу комбінацій органічних кислот МК і ОК в наступних концентраціях: 0,00; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00; 1,25; 1,50; 1,75 і 2,00%. Співвідношення МК:ОК у комплексних органічних захисних композиціях було 1:1. Контрольним варіантом виступала партія плодів, де проводили тільки гідроохолодження.

Крок 2. Доохолодження плодової сировини відбувалось у камерах. Інтенсивне охолодження було холодним повітрям (швидкість руху 3,0 м/с) впродовж 30 ± 2 хв до встановлення температури плодів $2 \pm 0,5^\circ\text{C}$. Кратність повітрообміну становила 90 об'ємів за 1 годину. Температура у камерах інтенсивного охолодження була $0 \pm 1^\circ\text{C}$ при відносній вологості повітря підтримувалася на рівні $90 \pm 1\%$.

Термін попереднього охолодження плодів комбінованим способом становив 40 ± 2 хв. В ході попереднього охолодження проводили вимірювання температури в середині плоду. Закінчення охолодження відбувалось після встановлення температури в середині плоду біля кісточки $2 \pm 0,5^\circ\text{C}$. Повторність кожного варіанту дорівнювала п'ять разів. Її розмір становив – один ящик.

Після завершення проведення охолодження дослідні варіанти плодів вишні закладали на зберігання в модернізованих холодильних камерах КХ – 48, де температура повітря становила $1,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$. Відносна вологість повітря була $93 \pm 1\%$. Контроль фізичних умов зберігання в камерах проводили згідно з DSTU ISO 2169:2003 (Fruits and vegetables, 2004).

Періодичність проведення контрольних ревізій при зберіганні вишні становила 1 раз на 10 діб. Термін зберігання плодової сировини становив 40 діб. Перед перевіркою плодів на якість проводили їх обігрів до температури $15\text{--}20^\circ\text{C}$.

Для встановлення ефективного способу охолодження визначали такі показники за стандартними методиками: втрати плодів від мікробіологічних захворювань та фізіологічних розладів, природні втрати маси при зберіганні, середній рівень щодобових втрат при зберіганні плодів вишні з використанням захисної композиції на основі оцтової та молочної кислот.

Визначення кількості плодів вишні з ознаками фізіологічних розладів та мікробіологічних захворювань проводили за методикою авторів Serdiuk et al. (2020). Проводили візуальний огляд плодів вишні через 40 діб після того як модельний сорт був закладений на зберігання. Проба плодів становила 5 кг.

Визначення природних втрат маси (%) проводили методом відбору фіксованих проб через 40 діб після зберігання плодів (Naichenko and Zamorska, 2010). Маса проби становила 5 кг. Зберігання проб плодів було в сітках з етикеткою де зазначали її номер сітки, варіант охолодження, назву сорту, масу нетто та дату проведення інспекції плодів. По кожному варіанту кількість фіксованих проб – 5. Втрати маси (В,%) розраховували за формулою (1):

$$B = \frac{(a-b) \times 100}{a} \quad (1)$$

де a – маса продукції при закладанні на зберігання, г;

b – маса продукції після зберігання, г.

Ефективність впливу різних концентрацій органічних кислот визначали за середнім рівнем щодобових втрат плодів вишні протягом зберігання за формулою 2.

$$P = \frac{B_M + B_{M.B.X. + \Phi.P.}}{\tau} \quad (2)$$

де P – середній рівень щодобових втрат, % за добу,

B_M – втрати маси, %,

$B_{M.B.X. + \Phi.P.}$ – сумарні втрати, що спричинені мікробіологічними хворобами та фізіологічними розладами, %,

τ – тривалість зберігання, діб.

Розробка моделі регресії та знаходження оптимальних значень показників здійснювалася у кілька етапів.

Етап 1. Створення моделі регресії на базі експериментальних даних

Етап 2. Виявлення точки глобального оптимуму з використанням моделі

На першому етапі проводилася розробка регресійної моделі. Модель регресії будується з використанням методу найменших квадратів, заснованим на мінімізації суми квадратів різниць між експериментальним та теоретичними значеннями результативної ознаки:

$$F = \min \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2, \quad (3)$$

де y_i – експериментальні значення результативної ознаки,

$\hat{y}_i$ – теоретичні значення результативної ознаки, отримані по регресійній моделі.

В даному випадку регресійна модель представляється як поліном другого порядку:

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_1^2 + b_4 x_2^2 + b_5 x_1 x_2, \quad (4)$$

де $\hat{y}_i$ – теоретичні значення результативної ознаки,

$b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5$ – коефіцієнти регресії, які визначають вплив кожного фактору на результативну ознаку,

x_1, x_2 – значення факторів

Коефіцієнти моделі визначаються шляхом розв'язання системи лінійних рівнянь:

$$\begin{cases} \sum y_i = b_0 n + b_1 \sum x_{1i} + b_2 \sum x_{2i} + b_3 \sum x_{1i}^2 + b_4 \sum x_{2i}^2 + b_5 \sum x_{1i} x_{2i}, \\ \sum x_{1i} y_i = b_0 \sum x_{1i} + b_1 \sum x_{1i}^2 + b_2 \sum x_{1i} x_{2i} + b_3 \sum x_{1i}^3 + b_4 \sum x_{1i} x_{2i}^2 + b_5 \sum x_{1i}^2 x_{2i}, \\ \sum x_{2i} y_i = b_0 \sum x_{2i} + b_1 \sum x_{1i} x_{2i} + b_2 \sum x_{2i}^2 + b_3 \sum x_{1i}^2 x_{2i} + b_4 \sum x_{2i}^3 + b_5 \sum x_{1i} x_{2i}^2, \\ \sum x_{1i}^2 y_i = b_0 \sum x_{1i}^2 + b_1 \sum x_{1i}^3 + b_2 \sum x_{1i}^2 x_{2i} + b_3 \sum x_{1i}^4 + b_4 \sum x_{1i} x_{2i}^2 + b_5 \sum x_{1i}^3 x_{2i}, \\ \sum x_{2i}^2 y_i = b_0 \sum x_{2i}^2 + b_1 \sum x_{1i} x_{2i}^2 + b_2 \sum x_{2i}^3 + b_3 \sum x_{1i}^2 x_{2i}^2 + b_4 \sum x_{2i}^4 + b_5 \sum x_{1i} x_{2i}^3, \\ \sum x_{1i} x_{2i} y_i = b_0 \sum x_{1i} x_{2i} + b_1 \sum x_{1i}^2 x_{2i} + b_2 \sum x_{1i} x_{2i}^2 + b_3 \sum x_{1i}^3 x_{2i} + b_4 \sum x_{1i} x_{2i}^3 + b_5 \sum x_{1i}^2 x_{2i}^2. \end{cases} \quad (5)$$

Щоб встановити зв'язок між факторами та цільовою ознакою, розраховуємо множинний коефіцієнт кореляції, використовуючи формулу.

$$R = \frac{\sum_{i=0}^n (y_i - \bar{y})(\hat{y}_i - \bar{\hat{y}})}{\sqrt{\sum_{i=0}^n (y_i - \bar{y})^2 \sum_{i=0}^n (\hat{y}_i - \bar{\hat{y}})^2}} \quad (6)$$

де y_i – експериментальні значення результативної ознаки,

$\hat{y}_i$ – теоретичні значення результативної ознаки, отриманих по регресійній моделі,

$\bar{y}$ – середнє значення y .

Для перевірки значимості коефіцієнта множинної кореляції використовується критерій Стьюдента. При встановленому рівні значимості $\alpha=0,05$ формулюється нульова гіпотеза H_0 : $\rho=0$, де ρ позначає коефіцієнт множинної кореляції для всієї генеральної сукупності. Для підтвердження або скасування гіпотези визначаємо t – статистику за формулою (7):

$$t = \frac{R \sqrt{n-p-1}}{\sqrt{1-R^2}}, \quad (7)$$

де R – вибірковий коефіцієнт множинної кореляції,

n – кількість спостережень,

p – кількість факторів.

Оцінку значимості отриманих коефіцієнтів регресійної моделі проводили на основі критерію Стюдента. Для кожного параметра моделі перевіряємо нульову гіпотезу щодо значущості кожного параметра моделі регресії:

$H_0: \beta_j = 0$, де β_j – коефіцієнти узагальненої регресії.

t-статистика обчислюється за формулою (8), враховуючи число ступенів волі ($n-p-1$):

$$t = \frac{[b_j]}{\hat{\sigma}_{b_j}}, \quad (8)$$

де $\hat{\sigma}_{b_j}^2 = \frac{\hat{\sigma}_\varepsilon^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$ – оцінка дисперсії коефіцієнта b_j ,

$\hat{\sigma}_{b_0}^2 = \frac{\hat{\sigma}_\varepsilon^2 \sum_{i=1}^n x_i^2}{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$ – оцінка дисперсії коефіцієнта b_0 ,

$\hat{\sigma}_\varepsilon^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-p-1}$ – оцінка дисперсії помилок,

n – кількість спостережень,

p – кількість факторів.

За формулою (9) визначаємо довірчі інтервали для параметрів β_j узагальненої регресійної моделі:

$$[b_j \pm t_{кр} \hat{\sigma}_{b_j}], (j = \overline{0,5}), \quad (9)$$

де b_j – параметри регресійної моделі,

$t_{кр}$ – критичне значення критерію Стюдента,

$\hat{\sigma}_{b_j}$ – середнє квадратичне відхилення параметрів регресії.

Для оцінки якості моделі розраховано узагальнений коефіцієнт детермінації за формулою (10):

$$R_{yx_1x_2\dots x_i}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}, \quad (10)$$

де $\hat{y}_i$ – теоретичні значення результативної ознаки,

$\bar{y}$ – середнє значення y

Для оцінки адекватності отриманої моделі застосовуємо критерій Фішера. Нами була висунута нульова гіпотеза $H_0: \hat{\sigma}_{\hat{y}}^2 = \hat{\sigma}_\varepsilon^2$, яка передбачає, що побудована модель не є адекватною. Для підтвердження або скасування гіпотези обчислюємо F -статистику:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2 / p}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 / (n-p-1)}, \quad (11)$$

де $\hat{y}_i$ – теоретичні значення результативної ознаки,

$\bar{y}$ – середнє значення результативної ознаки y ,

n – кількість спостережень,

p – кількість факторів.

На другому етапі визначаємо точку глобального оптимуму на основі побудованої регресійної моделі.

Стационарну точку функції $\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_1^2 + b_4x_2^2 + b_5x_1x_2$ знаходимо за умови

$$\nabla f(X_0) = 0 \quad (12)$$

Для знаходження точки глобального оптимуму необхідно провести аналіз матриці Гессе (Grippe & Sciandrone, 2023).

Перевіряємо достатню умову існування екстремуму в точці X_0 . Розраховуємо матрицю Гессе

$$H = \begin{pmatrix} \frac{\partial^2 y}{\partial x_1^2} & \frac{\partial^2 y}{\partial x_1 x_2} & \dots & \frac{\partial^2 y}{\partial x_1 x_n} \\ \frac{\partial^2 y}{\partial x_1 x_2} & \frac{\partial^2 y}{\partial x_2^2} & \dots & \frac{\partial^2 y}{\partial x_2 x_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial^2 y}{\partial x_1 x_n} & \frac{\partial^2 y}{\partial x_2 x_n} & \dots & \frac{\partial^2 y}{\partial x_n^2} \end{pmatrix} \quad (13)$$

Якщо матриця Гессе має негативну визначеність, то точка X_0 є точкою мінімуму. У разі коли матриця Гессе позитивно визначена, це вказує на те, що точка X_0 є точкою максимуму.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ. Дослідження втрат від мікробіологічних захворювань та фізіологічних розладів при зберіганні плодів вишні за обробки захисними композиціями.

Після зберігання плодів вишні модельного сорту Встреча впродовж 40 діб втрати від мікробіологічних захворювань та фізіологічних розладів за обробки композиціями органічних кислот становили від 2,271% до 14,860 %, що можна спостерігати в табл. 1.

Таблиця 1. Втрати від мікробіологічних захворювань та фізіологічних розладів при зберіганні плодів вишні після обробки органічною композицією в різних концентраціях

Втрати (%) після 40 діб зберігання за відповідних концентрацій складових композиції										
МК/ОЦК	0**	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25
0	14,860	13,936	13,347	12,903	12,305	11,774	11,451	11,389	11,579	11,823
0,25	14,449	13,225	12,259	11,233	10,273	8,776	8,199	8,060	8,392	8,654
0,5	13,989	12,825	11,479	9,866	8,349	6,539	5,517	5,402	5,728	6,277
0,75	13,022	11,489	9,760	8,247	7,078	5,842	4,411	3,915	4,060	4,430
1,0	12,389	11,259	8,764	5,768	4,730	3,018	2,642	2,271	2,433	2,514
1,25	11,612	9,389	7,880	5,664	4,362	3,260	2,674	2,668	2,682	2,847
1,5	11,436	9,881	7,429	5,304	4,258	2,661	2,638	2,680	2,673	2,729
1,75	11,913	10,753	8,359	5,459	4,509	2,673	2,668	2,688	2,538	5,587
2,0	11,965	10,864	8,622	5,841	4,954	2,605	2,601	2,670	5,572	5,591
2,25	12,121	11,028	9,048	6,042	5,326	2,670	2,677	2,660	5,598	5,587

Примітка: $НІР_{05} МК - 0,131\%$; $НІР_{05} ОК - 0,131\%$.

Джерело: розроблено авторами.

Найбільше відсоток природних втрат плодів на рівні 14,860% визначено в варіанті, де було проведено тільки гідроохолодження. Найменший відсоток природних втрат плодів від мікробіологічних захворювань та фізіологічних розладів відмічено після 40 діб зберігання за обробки МК/ОК у співвідношенні 1,00%:1,75% на рівні 2,271% при $НІР_{05} - 0,131\%$. Також низькі втрати плодів (від 2,601 і 2,688%) під час зберігання відмічено за дії гідроохолодження з використанням композиції МК/ОК при ідентичній концентрації двох компонентів кислот 1,25:2,25 (різниця є статистично недостовірною при $НІР_{05} - 0,131\%$).

В ході проведення досліджень встановлено, що із збільшенням концентрації компонентів органічних кислот в захисній композиції в інтервалі 1,25-2,25% визначено найменші та мінімальні показники втрати від мікробіологічних захворювань та фізіологічних розладів при зберіганні плодів вишні сорту «Встреча».

Дослідження втрати маси при зберіганні плодів вишні за обробки захисними композиціями

За даними науковців (Lomeiko et al., 2019; Zhi and Dong, 2022) було встановлено, що гідроохолодження позитивно впливає на якість плодів. Визначено, що термін зберігання та придатність плодів до збереження збільшується за причинами: мінімізації води, втрати маси і сповільнення дихання. Це забезпечує збереження якості плодової сировини при транспортуванні і їх експорті на великі відстані (Thompson, 2002).

Показник втрат маси при зберіганні плодів за обробки розчинами 10 композицій органічних кислот впродовж всього терміну зберігання становив 3,180–1,991 % (табл. 2).

Таблиця 2. Втрати маси при зберіганні плодів вишні після обробки органічною композицією в різних концентраціях

Втрати (%) після 40 діб зберігання за відповідних концентрацій складових композицій										
МК/ОЦК	0**	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25
0	3,180	3,144	3,133	3,097	2,975	2,986	2,989	2,971	2,981	2,937
0,25	3,111	3,175	3,141	3,127	3,007	2,984	2,961	2,940	2,928	2,906
0,5	3,091	3,095	3,081	3,054	3,051	3,021	3,003	2,958	2,952	2,883
0,75	3,098	3,071	3,040	2,993	2,922	2,958	2,909	2,885	2,830	2,810
1,0	3,051	3,021	3,036	3,032	3,030	3,022	2,878	2,769	2,767	2,766
1,25	2,988	2,851	2,800	2,696	2,598	2,300	2,006	2,012	1,998	1,993
1,5	2,844	2,839	2,771	2,656	2,582	2,099	2,002	2,000	2,007	1,991
1,75	2,807	2,807	2,761	2,581	2,371	2,007	2,012	1,992	2,065	2,013
2,0	2,795	2,776	2,778	2,519	2,206	2,075	2,079	2,010	2,028	2,009
2,25	2,719	2,652	2,632	2,438	2,034	2,010	2,003	2,020	2,002	2,013

Примітка: $HIP_{05} MK = 0,072\%$; $HIP_{05} OK = 0,072\%$.

Джерело: розроблено авторами.

Як видно з табл. 2 найбільший відсоток втрати маси плодів 3,180% було визначено у варіанті, де гідроохолодження проводили без додавання органічних кислот.

Обробка плодів вишні співвідношенням концентрацій органічних кислот МК (1,50–2,25) та ОК (1,25–2,25) забезпечили найменші втрати плодової сировини (1,991–2,099%). Різниця між значеннями втрат в зазначеному інтервалі концентрацій органічних кислот варіантів захисних композицій становить 0,001–0,108% ($HIP_{05} = 0,072\%$). Необхідно відмітити, що під час зберігання спостерігається позитивний вплив захисних композицій та невеликі втрати маси плодів (2,034%) при використанні композиції МК (2,25%) до ОК (1,00%). Мінімальні втрати маси плодів 1,991% зафіксовано у варіанті дослідження, де гідроохолодження поєднували з додаванням композиції МК (1,5%)/ОК (2,25%).

Дослідження середнього рівня щодобових втрати маси при зберіганні плодів черешні за обробки захисними композиціями

Середній рівень щодобових втрат плодів вишні модельного сорту за обробки розчинами кислот різної концентрації впродовж 40 діб зберігання становив від 0,451–0,117 %, про що наглядно видно з табл. 3.

Таблиця 3. Середній рівень щодобових втрат при зберіганні плодів вишні після обробки органічною композицією в різних концентраціях

Втрати (%) після 40 діб зберігання за відповідних концентрацій складових композицій										
МК/ОЦК	0	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25
0	0,451	0,427	0,412	0,400	0,382	0,369	0,361	0,359	0,364	0,369
0,25	0,439	0,409	0,385	0,359	0,332	0,294	0,279	0,275	0,283	0,289
0,5	0,427	0,398	0,364	0,323	0,285	0,239	0,213	0,209	0,217	0,229

0,75	0,403	0,364	0,320	0,281	0,250	0,211	0,183	0,170	0,173	0,181
1	0,386	0,357	0,295	0,220	0,194	0,151	0,138	0,126	0,130	0,132
1,25	0,365	0,306	0,267	0,209	0,174	0,139	0,117	0,117	0,117	0,121
1,5	0,357	0,318	0,255	0,199	0,171	0,119	0,117	0,117	0,117	0,118
1,75	0,367	0,339	0,278	0,201	0,172	0,117	0,117	0,117	0,119	0,119
2	0,369	0,341	0,285	0,209	0,179	0,117	0,117	0,117	0,119	0,119
2,25	0,371	0,342	0,292	0,212	0,184	0,117	0,117	0,117	0,119	0,119

Джерело: розроблено авторами.

Проведення гідроохолодження без комбінації органічних кислот призвело до найбільших щодобових втрат плодів, які становили 0,451%.

Мінімальні втрати плодів при зберіганні були відмічені при застосуванні гідроохолодження в комплексі з композицією МК – (1,25–2,25%) до ОК – (1,50–2,25%) Зазначена комбінація забезпечили найменші втрати плодової сировини що становили 0,117–0,121%. Найменший показник щодобових втрат плодів вишні на рівні 0,117% був отриманий при використанні комплексу органічних кислот, де концентрація молочної кислоти була в діапазоні 1,75–2,25%, а оцтової – 1,25%.

Результати експериментальних досліджень Smilanick et al. (2002) свідчать про позитивний вплив гідроохолодження, що було застосовано в комплексі з додаванням гіпохлориту натрію при рН промивної води 6,5–7. Науковцями було зроблено висновок, що накопичення органічних сполук і збільшення величини рН призвело до інактивації гіпохлорид-іону і втрати його антимікробної дії.

Науковцями (Ennab et al., 2020; Hajilou and Fakhimrezaei, 2013) було проведено дослідження альтернативних методів контролю хвороб і фізіологічних розладів ряду плодів. Було проаналізовано вплив дезінфікуючих засобів на післязбиральну якість врожаю.

Дослідження вчених Іспанії були спрямовані на визначення впливу абсцизової кислоти на дозрівання та якість черешні (Tijero et al., 2016; Mari et al., 2004).

Побудова регресійної моделі та визначення оптимальних значень досліджуваних компонентів захисної композиції

Реалізацію першого та другого етапів побудови регресійної моделі та визначення оптимального значення показника та досліджуваних компонентів оцтової та молочної кислот проводили шляхом аналізу середнього рівня щодобових втрат при зберіганні плодів вишні сорту «Встреча» з використанням захисної композиції, що представлена в табл. 3.

На 1 етапі розрахунків та побудови регресійної моделі її будували за методом найменших квадратів за умовою (3).

Для експериментальних даних виконували згладження даних поліномом другої степені (4).

З розв'язання системи рівнянь (5) були отримані значення параметрів b_j , $j = \overline{0,5}$.

Таким чином, отримана регресійна модель має вигляд:

$$\hat{y} = 0,5154 - 0,2079x_1 - 0,2033x_2 + 0,0606x_1^2 + 0,0679x_2^2 - 0,0281x_1x_2$$

x_1 – концентрація молочної кислоти, %;

x_2 – концентрація оцтової кислоти, %.

$\hat{y}$ (розрахункове значення витрат при оптимальних концентраціях) = 0,1064%.

Оптимальна концентрація молочної кислоти становить 2,217%; оцтової – 1,966%.

Для отриманих експериментальних даних була побудована регресійна модель у вигляді поліному другого порядку, яка показує залежність середніх щодобових витрат плодів вишні від концентрацій молочної та оцтової кислоти:

$$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_1^2 + b_4x_2^2 + b_5x_1x_2,$$

де $\hat{y}$ – розрахункові значення щодобових витрат, отримані на основі регресійної моделі (%);

x_1 – концентрація молочної кислоти;

x_2 – концентрація оцтової кислоти.

Коефіцієнти $b_0, b_1, \dots, b_5$ визначали методом найменших квадратів за умовою мінімізації суми квадратів відхилень теоретичних значень щодобових витрат від експериментальних. Для визначення коефіцієнтів розв'язана система лінійних рівнянь (5).

З розв'язання системи були отримані значення коефіцієнтів моделі і остаточно модель регресії представлена у вигляді:

$$\hat{y} = 0,5154 - 0,2079x_1 - 0,2033x_2 + 0,0606x_1^2 + 0,0679x_2^2 - 0,0281x_1x_2.$$

На основі значення коефіцієнта детермінації $R^2 = 0,968$ зроблено висновок, дані що концентрації молочної та оцтової кислоти мають позитивний вплив на щодобові витрати плодів вишні в порівнянні з іншими неврахованими факторами та випадковостями.

Адекватність побудованої моделі була перевірена за критерієм Фішера-Снедекора при заданому рівні значимості $\alpha = 0,05$. На основі розрахункового значення F -статистики ($F = 577,64$) зроблено висновок про адекватність побудованої моделі регресії.

Для отриманої моделі була побудована поверхня відгуку, яка відображає залежність рівня середніх щодобових втрат плодів вишні у від концентрацій молочної кислоти x_1 та оцтової кислоти x_2 (рис. 1).

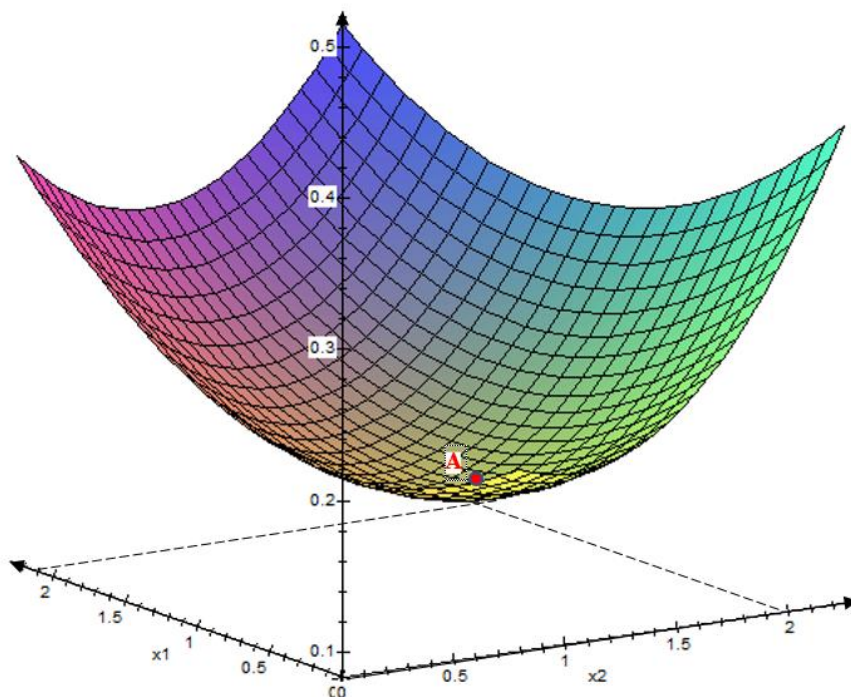


Рисунок 1. Поверхня відгуку залежності рівня середніх щодобових втрат плодів вишні у від концентрацій молочної кислоти x_1 та оцтової кислоти x_2

Джерело: розроблено авторами.

Графік поверхні був побудований за допомогою програмного пакету Maple5

Точка оптимуму є розв'язанням системи:

$$\begin{cases} \frac{\partial y}{\partial x_1} = 0, \\ \frac{\partial y}{\partial x_2} = 0 \end{cases}$$

Після обчислень була знайдена точка локального оптимуму $x_1 = 2,217$; $x_2 = 1,966$.

Оскільки $\Delta = \left(\frac{\partial^2 y}{\partial x_1 \partial x_2} \right)^2 - \frac{\partial^2 y}{\partial x_1^2} \cdot \frac{\partial^2 y}{\partial x_2^2} > 0$, $\frac{\partial^2 y}{\partial x_1^2} > 0$, то дана функція є опуклою і має єдину точку мінімуму.

Тому оптимальна концентрація молочної кислоти $x_1 = 2,217$, оцтової кислоти $x_2 = 1,966$.

При цьому мінімальне значення щодобових витрат вишні в точці оптимуму становить 0,1064%.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ. Встановлено максимальний показник втрат плодів вишні від мікробіологічних захворювань та фізіологічних розладів, що відповідає 14,860% для контрольних зразків, де гідроохолодження проводили без додавання молочної та оцтової кислот.

Встановлено мінімальні природні втрати від мікробіологічних захворювань та фізіологічних розладів після 40 діб зберігання у модельного сорту «Встреча» на рівні 2,271% за обробки МК/ОК у співвідношенні 1,00:1,75%.

Отримано мінімальний показник втрат маси плодів 1,991% при гідроохолодженні з додаванням композиції МК/ОК у співвідношенні 1,5:2,25%.

Досліджено, що найменший показник щодобових втрат плодів 0,117–0,121% зафіксовано при гідроохолодженні плодів вишні з застосуванням композицій МК/ОК у співвідношенні концентрацій органічних кислот 1,25–2,25:1,50–2,25 та 1,75–2,25% при значенні оцтової кислоти 1,25% – відповідно.

Аналіз регресійної моделі показав оптимальне значення показника середнього рівня щодобових втрат при зберіганні плодів вишні сорту «Встреча» – 0,106% при значенні факторів $x_1=2,217$ та $x_2=1,966$. Модель адекватна дослідним даним. Значення коефіцієнту детермінації свідчить про істотний вплив основних факторів на результуючу ознаку в порівнянні з іншими неврахованими факторами та випадковостями.

Отримані результати дозволяють зробити підсумок про те, що пошук нових комплексних методів попереднього охолодження допоможе оптимізувати термін придатності вишні для споживання у свіжому вигляді та сприяють зростанню попиту на плодову продукцію споживачами на європейському ринку. Ця інформація корисна для комплексної оцінки плодів вишні, але необхідні подальші дослідження для визначення їх придатності для післязбиральної переробки.

REFERENCES

Agriopoulou, S., Stamatelopoulou, E., Sachadyn-Król, M., & Varzakas, T. (2020). Lactic Acid Bacteria as Antibacterial Agents to Extend the Shelf Life of Fresh and Minimally Processed Fruits and Vegetables: Quality and Safety Aspects. *Microorganisms*, 8, 952. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8060952>.

Bahar, A., Dundar, O. (2001). The effects of hydrocooling and modified atmosphere packaging system on storage period and quality criteria of sweet cherry cv. Aksehir Napolyonu. *Acta Horticulturae*, 553, 615–616.

Berger, C. N., Sodha, S. V., Shaw, R. K., Griffin, P. M., Pink, D., Hand, P., & Frankel, G. (2010). Fresh fruit and vegetables as vehicles for the transmission of human pathogens. *Environmental microbiology*, 12(9), 2385–2397. <http://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2010.02297.x>.

Blando, F., Dave Oomah, B. (2019). Sweet and Sour Cherries: Origin, Distribution, Nutritional Composition and Health Benefits. *Trends in Food Science & Technology*, 86, 517–529.

Børve, J., Stensvand, A. (2019). Postharvest fungal fruit decay in sweet cherry graded in water with low chlorine content. *European Journal of Horticultural Science*, 84(5), 274–281. <https://doi.org/10.17660/eJHS.2019/84.5.3>.

Cabañas, C. M., Hernández, A., Serradilla, M. J., Moraga, C., Martín, A., Córdoba, M. de G., & Ruiz-Moyanóm S. (2023). Improvement of shelf-life of cherry (*Prunus avium* L.) by combined application of modified-atmosphere packaging and antagonistic yeast for long-distance export. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 103(9), 4592–4602. <http://doi.org/10.1002/jsfa.12532>.

Chailoo M. J., Asghari M. R. (2011). Hot water and chitosan treatment for the control of postharvest decay in sweet cherry (*Prunus avium* L.) cv. Napoleon (Napolyon). *Journal of Stored Products and Postharvest Research*, 2(7), 135–138.

Charlton, K., Kowal, P., Soriano, M. M., Williams, S., Banks, E., Vo, K., & Byles, J. (2014). Fruit and Vegetable Intake and Body Mass Index in a Large Sample of Middle-Aged Australian Men and Women. *Nutrients*, 6, 2305–2319. <https://doi.org/10.3390/nu6062305>.

Dubinina, A. A., Letuta, T. M., Novikova, V. V., Frolova, T. V. (2016). Current state of development of fruit and vegetable storage technologies. *Molodyi vchenyi*, 11(38), 23–29.

Ennab, H.A., El-Shemy, M.A., Alam-Eldein, S.M. (2020). Salicylic Acid and Putrescine to Reduce Post-Harvest Storage Problems and Maintain Quality of Murcott Mandarin Fruit. *Agronomy*, 10, 115. <http://doi.org/10.3390/agronomy10010115>.

Fresh cherries. (2017). DSTU 8325: 2015 from 01.07.2017. Kyiv, 2017.

Fresh cherries. (2017). DSTU 8153: 2015 from 01.07.2017. Kyiv, 2017.

Fruits and vegetables. Physical conditions of cold storage. Definition and measurement (ISO 2169-1981, IDT). (2004). DSTU ISO 2169:2003 from 01.07.2004. Kyiv, 2003.

Grippo, L., Sciandrone M. (2023). Introduction to Methods for Nonlinear Optimization. Publisher: Springer Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-26790-1>.

Hajilou, J., Fakhimrezaei, S. (2013). Effects of post-harvest calcium chloride or salicylic acid treatments on the shelf-life and quality of apricot fruit. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 88(5), 600–601. <https://doi.org/10.1080/14620316.2013.11513012>.

Hasan, M., Singh, Z., Shoaib Shoh, H., Kaur, J., Woodward, A., Afrifa-Yamoah, E., & Malik, A.U. (2023). Oxalic acid: A blooming organic acid for postharvest quality preservation of fresh fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Tehnology*, 206, 112574. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2023.112574>.

Ivanova, I., Serdyuk, M., Malkina, V., Priss, T., Herasko, & T., Tymoshchuk, T. (2021). Investigation into sugars accumulation in sweet cherry fruits under abiotic factors effects. *Agronomy Research*, 19(2), 444–457. <http://doi.org/10.15159/ar.21.004>.

Ivanova, I., Serdyuk, M., Malkina, V., Tymoshchuk, T., Vorovka, M., Mrynskyi, I., & Adamovych, A. (2022). Studies of the impact of environmental conditions and varietal features of sweet cherry on the accumulation of vitamin C in fruits by using the regression analysis method. *Acta agriculturae Slovenica*, 118 (2), 1–12. <http://dx.doi.org/10.14720/aas.2022.118.2.2404>.

Ivanova, I., Serdyuk, M., Malkina, V., Tymoshchuk, T., Kotelnyska, A., & Moisiienko, V. (2021). The forecasting of polyphenolic substances in sweet cherry fruits under the impact of weather factors. *Agraarteadus*, 32(2), 239–250. <http://doi.org/10.15159/jas.21.27>.

- Karoney, E. M., Molelekoa, T., Bill, M., Slyoum, N., & Kosten, L. (2024). Global research network analysis of fresh produce postharvest technology: Innovative trends for loss reduction. *Postharvest Biology and Technology*, 208, 112642. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2023.112642>.
- Lomeiko, O., Yefimenko, L., Tarasenko, V. (2019). Vacuum Cooling Technology for Pre-cooling of Cherry Fruits. *Modern Development Paths of Agricultural Production*, II, 281–289. http://doi.org/10.1007/978-3-030-14918-5_29.
- Mari, M., Gregori, R., Donati, I. (2004). Postharvest control of *Monilinia laxa* and *Rhizopus stolonifer* in stone fruit by peracetic acid. *Postharvest Biology and Technology*, 33 (3), 319–325. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2004.02.011>.
- Naichenko, V. M., Zamorska, I. L. (2010). Technology of storage and processing of fruits and vegetables. Uman: Sochinskyi.
- Panda, A. & Amaratunga, D. (2019). Resilient cities. In B. J. Gerber, A-M. Esnard, B. Glavovic, C. Wamsler, O. Aginam, T. A. Birkland, T. Sim (Eds.), *Oxford Encyclopedia of Natural Hazards Governance*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199389407.013.321>.
- Porat, R., Lichter, A., Terry, L.A., Harker, R., & Buzby, J. (2018). Postharvest losses of fruit and vegetables during retail and in consumers' homes: Quantifications, causes, and means of prevention. *Postharvest Biology and Technology*, 139, 135–149. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.11.019>.
- Serdiuk, M. E., Priss, O. P., Haprin dashvili, N. A., & Ivanova, I. Ye. (2020). Metody doslidzhennia plodoovochevoi ta yahidnoi produktsii. (Ch. 1). Melitopol : Liuks.
- Serdyuk, M., Stepanenko, D., Priss, O., Kopylova, T., Gaprin dashvili, N., Kulik, A., Atanasova, V., Kashkano, & M., Kozonova, J. (2017). Development of fruit diseases of microbial origin during storage at treatment with antioxidant compositions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3(11 (87)), 45–51. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.103858>.
- Serradilla, M., Martin, A., Hernandez, A., Seco de Herrera, S. (2012). Study of microbiological quality of “Ambrunes” sweet cherry during postharvest storage. *Acta Horticulturae*, 934, 401–404. <https://doi.org/10.1760/ActaHortic.2012.934.51>.
- Shkinder-Barmina, A. M. (2014). Adaptive potential of cherry and duke varieties (*Cerasus Vulgaris* Mill.) in the southern steppe of Ukraine. *Horticulture*, 68, 80-84.
- Smilanick, J. L., Aiyabei, J., Gabler, M. F., Doctor, J., Sorenson, D., & Mackey, B. (2002). Quantification of the toxicity of aqueous chlorine to spores of *Penicillium digitatum* and *Geotrichum citri-aurantii*. *Plant Disease*. 86, 509–514. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2002.86.5.509>.
- Thompson, J. F., Mitchell, F. G., Kasmire, R. F. (2002). Cooling horticultural commodities. *Postharvest technology of horticultural crops*, 3311, 97–112.
- Tijero, V., Teribia, N., Muñoz, P. Munné-Bosch, S. (2016). Implication of Abscissic Acid on Ripening and Quality in Sweet Cherries: Differential Effects during Pre- and Post-harvest. *Frontiers in Plant Science*, 7, 602. <http://doi.org/10.3389/fpls.2016.00602>.
- Trusova, N. V., Hryvkivska, O. V., Yavorska, T. I., Prystemskyi, O. S., Kepko, & V. N., Prus, Y. O. (2020). Innovative development and competitiveness of agribusiness subjects in the system of ensuring of economic security of the regions of Ukraine. *Rivista di Studi sulla Sostenibilita*, 2, 141–156. <https://doi.org/10.3280/RISS2020-002-S1011>.
- Ukrainets, A. I., Simakhina, H. O., Naumenko, N. V. (2018) *Perspective technological processes for the production of new products and dietary supplements*. Kyiv: NUFT.
- Vasylyshyna, O. V. (2018). The influence of post-harvest treatment with salicylic acid solution on the quality of cherry fruit during storage. In *Innovative technologies for growing, storing and processing horticultural and crop production* (pp.36-37). Kyiv.
- Vasylyshyna, O. V. (2019). Preservation of cherry fruit quality at temperatures close to freezing. In *Import-substituting technologies for growing, storing and processing horticultural and crop production* (pp.82-83). Uman: Uman National University of Horticulture.

Vasylyshyna, O. V. (2020). Innovative technologies for the post-harvest application of food coatings to preserve the quality of fruit and vegetable products. In *Innovative technologies for growing, storing and processing horticultural and crop production* (pp.99-100). Uman: Uman National University of Horticulture.

Vasylyshyna, O. V. (2020). Economic and biological evaluation of mid-season cherry varieties. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, 112, 32-37.

Vasylyshyna, O. V. (2020). Establishing the relationship between the physicochemical parameters of cherry fruits during storage by the method of correlation pleiades. *Visnyk of the Uman National University of Horticulture*, 2, 72-78.

Viljevac-Vuletić, M., Dugalić, K., Mihaljević, I., Tomaš, V., Vuković, D., Zdunić, Z., Puškar, B., & Jurković, Z. (2017). Season, location and cultivar influence on bioactive compounds of sour cherry fruits. *Plant, Soil and Environment*, 63, 389–395. <https://doi.org/10.17221/472/2017-PSE>

Villavicencio, J. D., Zoffoli, J. P., Contreras, C. (2023). Postharvest prevalence of the herbaceous off-flavor in ‘Regina’ sweet cherry (*Prunus avium* L.) from central and southern Chilean producers. *Acta Horticulturae*, 71(1364), 369–374. <http://doi.org/10.17660/ActaHortic.2023.1364.47>.

Vinichenko, I. I., Trusova, N. V., Kurbatska, L. M., Polehenka, M. A., Oleksiuk V. O. (2020). Imperatives of quality insuring of the production cycle and effective functioning process of the enterprises of agro-product subcomplex of Ukraine. *Journal of Advanced Research in Law and Economics*, 50, 1462–1481. [https://doi.org/10.14505/jarle.v11.4\(50\).43](https://doi.org/10.14505/jarle.v11.4(50).43).

Zhi, H., Dong, Y. (2022). Evaluation of integrated ultrasound and CaCl₂ in hydrocooling water on the quality of ‘Bing’, ‘Lapins’, and ‘Sweetheart’ cherries stored in modified atmosphere packaging. *Scientia Horticulturae*, 299, 111060. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111060>.

Отримано в редакцію 23.07.2024 р., прийнято до публікації 07.08.2024 р.

УДК 637.5.04/.07:664.931

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.3.2024.75>

АМІНОКИСЛОТНИЙ СКЛАД КОНСЕРВИ ДРУГОЇ СТРАВИ ПІДВИЩЕНОЇ ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ

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,*<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.***Голембовська Наталія Володимирівна,***кандидат технічних наук, доцент,*<https://orcid.org/0000-0001-8159-4020>,*Національний університет біоресурсів і природокористування України,**03041, Україна, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15.***Петриченко Кирило Олексійович,**<https://orcid.org/0009-0006-1819-4255>,*Національний університет біоресурсів і природокористування України,**03041, Україна, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15.*

Анотація. Актуальним є зменшення м'ясної сировини у складі консервів других страв – каш з м'ясом через незадовільний стан тваринництва в Україні. Перспективним є використання в технології консервів других страв нетрадиційної крупи – спельти, яка переважає за амінокислотним складом окремі види традиційно використовуваних круп. Метою статті є дослідження амінокислотного складу консерви другої страви – каші з м'ясом з вмістом крупи спельти. Масову частку незамінних амінокислот у контролі та досліді визначали хроматографічним методом. Амінокислотний скор, коефіцієнт його розбіжності та біологічну цінність визначали розрахунковим методом. За результатами визначення вмісту незамінних амінокислот у каші з м'ясом з вмістом крупи спельти (дослід), встановлено меншу їх кількість порівняно з контролем, а саме ізолейцину – на 44,74 %, лізину – на 23,75 %, лейцину – на 14,64 %, треоніну – на 11,36 %, валіну – на 9,26 %, метіоніну – на 12,00 %, триптофану – на 7,69 %, фенілаланіну – на 2,17 %, гістидину – на 8,57 %. Розроблена консерва другої страви – каша з м'ясом з вмістом крупи спельти є джерелом лейцину та лізину. Розрахунок амінокислотного скору у досліді показав, що усі незамінні амінокислоти мають значення 100 % та вище, а лімітованою амінокислотою є ізолейцин, скор якої складає 100 %, а найбільший скор належить гістидину – 181 %. Встановлено, що коефіцієнт розбіжності амінокислотного скору у досліді є вищим на 2,56 %, а показник біологічної цінності – нижчим на 2,57 % порівняно з контролем, що є не суттєвим. Таким чином, зменшення у рецептурній композиції каші з м'ясом м'ясної сировини дозволило зберегти

амінокислотний склад за рахунок використання крупи спельти, а готовий продукт може бути віднесений до повноцінних харчових продуктів.

Ключові слова: каші з м'ясом, крупа спельти, білок, харчова адекватність, біологічна цінність.

UDC 637.5.04/.07:664.931

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.3.2024.75>

AMINO ACID COMPOSITION OF CANNED MAIN DISH INCREASED FOOD VALUE

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), Associate Professor,

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

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,

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

Nataliia Holembovska,

Ph.D. (Engineering), Associate Professor,

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

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,

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

Kyrylo Petrychenko,

<https://orcid.org/0009-0006-1819-4255>,

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,

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

Abstract. It is relevant to reduce the meat raw material in the composition of canned main dishes – porridge with meat due to the unsatisfactory state of livestock production in Ukraine. It is promising to use in the technology of canned main dishes – porridge with meat of non-traditional cereals – spelt, which is superior in terms of amino acid composition to certain types of traditionally used cereals. The purpose of the article is to study the amino acid composition of the canned main dish – porridge with meat containing spelt groats. The mass fraction of essential amino acids was determined by the chromatographic method. The amino acid score, the coefficient of its discrepancy and the biological value determined by calculation method. According to the results of determining the content of essential amino acids in porridge with meat containing spelt groats (experimental sample), their amount was lower compared to the control, namely isoleucine – by 44.74 %, lysine – by 23.75 %, leucine – by 14.64 %, threonine – by 11.36 %, valine – by 9.26 %, methionine – by 12.00 %, tryptophan – by 7.69 %, phenylalanine – by 2.17 %, histidine – by 8.57 %. The developed canned main dish – porridge with meat containing spelt groats is a source of leucine and lysine. The calculation of the amino acid score in experimental sample showed that all essential amino acids have a value of 100 % and above, and the limited amino acid is isoleucine, the score of which is 100 %, and the highest score belongs to histidine – 181 %. It was established that the coefficient of

divergence of the amino acid score in experimental sample is higher by 2.56 %, and the indicator of biological value is lower by 2.57 % compared to the control, which is not significant. Thus, the reduction of meat raw materials in the recipe composition of porridge with meat made it possible to preserve the amino acid composition due to the use of spelt groats, and the finished product can be classified as a complete food product.

Keywords: porridge with meat, spelt groats, protein, nutritional adequacy, biological value.

ВСТУП. З огляду на зменшення кількості м'ясної сировини через незадовільний стан тваринництва в Україні перспективним є заміна цієї сировини у складі готової продукції, зокрема консервів других страв, шляхом використання замінників м'яса або збільшення кількості сировини рослинного походження (Bal-Prylypko et al., 2022; Bal-Prylypko et al., 2021). Вказане також має деякі позитивні особливості, так як сировина рослинного походження характеризується нижчою вартістю у порівнянні з м'ясною сировиною, що в результаті дозволяє зменшити ціну готової продукції для задоволення харчових потреб усіх соціальних груп населення в умовах світової економічної кризи (Bal-Prylypko et al., 2022a).

Блок займає одне з важливих місць у харчуванні населення і в першу чергу, забезпечує надходження в організм людини незамінних амінокислот (Almeida Sá, et al., 2020), а саме продукція з м'яса є джерелом цих амінокислот (Geletu et al., 2021). Проблеми з надходженням до організму людини білків у структурі харчування населення раніше вирішувалась за рахунок інтенсифікації виробництва продукції тваринництва (Bychkova et al., 2023). Проте, останнім часом для вирішення цих проблем з отриманням повноцінних за амінокислотним складом готової продукції на основі м'яса є використання рослинної сировини, зокрема нетрадиційної (Shvedyuk et al., 2017).

Як рослинна сировина у консервах других страв – каш з м'ясом традиційно використовуються крупи, такі як рисова, гречана тощо (DSTY 6043, 2008). Проте, використання нетрадиційних видів круп та продуктів їх переробки в технології м'ясо-рослинних консервів і варених ковбасних виробів має свої переваги, зокрема, через високу у їх складі масову частку білка у порівнянні з традиційно використовуваними компонентами рослинного походження (Rolandelli et al., 2023). Серед нетрадиційної рослинної сировини, можна виокремити крупу спельти, яка характеризується високим вмістом білка, а також харчових волокон (Kulathunga and Simsek, 2022; Rakszegi et al., 2023).

У зв'язку з цим постає інтерес щодо порівняльної оцінки за вмістом незамінних амінокислот крупи спельти як перспективної біологічно-повноцінної рослинної компоненти з окремими видами круп, які традиційно використовуються в технології консервів других страв – каш з м'ясом. Результати представлено у таблиці 1.

Таблиця 1. Вміст незамінних амінокислот в крупі спельти у порівнянні з окремими видами круп

Назва незамінної амінокислоти	Вміст амінокислоти у крупі, мг/100 г			
	спельти	рисова	горохова	гречана
Валін	840	538	880	648
Гістидин	750	172	150	312
Ізолейцин	840	400	800	529
Лейцин	1310	749	1310	859
Треонін	720	269	700	524
Лізин	620	287	1350	756

Джерело: розроблено автором на основі досліджень (Gospodarenko et al., 2016; Choni, 2009; Voitovska, 2021).

З таблиці 1 видно, що крупа спельти переважає за амінокислотним складом окремі види круп. Так, у порівнянні з крупою рисовою, крупа спельта містить найбільшу кількість валіну, гістидину, ізолейцину, лейцину, треоніну, лізину, у порівнянні з крупою гороховою – гістидину, ізолейцину, треоніну, у порівнянні з крупою гречаною – валіну, гістидину, ізолейцину, лейцину, треоніну.

За результатами попередніх досліджень (Bal-Prylypko et al., 2024), авторами цієї статті підібрано оптимальний склад консерви другої страви – каші з м'ясом з використанням крупи спельти з метою зменшення частки м'ясної сировини з одночасними високими органолептичними показниками якості та підвищеною харчовою цінністю готового продукту. За результатами теоретичного аналізу крупа спельти у складі каші з м'ясом може зберегти амінокислотний склад готового продукту, що слід перевірити експериментально.

Метою статті є дослідження амінокислотного складу консерви другої страви – каші з м'ясом з вмістом крупи спельти.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ. Об'єктом дослідження була консерва другої страви – каша з м'ясом, вироблена за рецептурою, яка наведена у таблиці 2.

Таблиця 2. Рецептури контрольного та дослідного зразка консервів других страв – каш з м'ясом

Найменування сировини	Масова частка компонентів, %	
	контроль	дослід
М'ясо курки подрібнене	44,70	36,0
Крупа рисова	20,50	–
Крупа спельти цільозернова	–	19,50
Вода	26,50	32,00
Жир з курки	1,60	–
Оливкова олія	–	4,50
Морква очищена подрібнена	1,55	1,50
Цибуля ріпчаста	3,80	2,2
Сіль морська із додаванням сухого листа ламінарії	1,30	–
Сіль морська	–	1,00
Насіння льону	–	3,20
Пряний мікс, що містить: мускатний горіх, перець білий мелений, імбир, коріандр, часник	0,05	–
Перець чорний, білий мелений, імбир, коріандр	–	0,1

Джерело: Bal-Prylypko et al., 2024.

Примітка. Контролем слугувала рецептура консерви дієтичної комбінованої м'ясорослинної «Каша рисова з м'ясом курки та ламінарією» (Bal-Prylypko et al., 2019).

Масову частку незамінних амінокислот у кашах з м'ясом (контроль та дослід) визначали хроматографічним методом (DSTU ISO 13903, 2009).

Амінокислотний скор кожної незамінної амінокислоти було розраховано за формулою (1) (Wolfe et al., 2016):

$$C_j = \frac{AK_i}{AK_i^{etal}} \cdot 100 \quad (1)$$

де C_j – амінокислотний скор i -тої незамінної амінокислоти білка, %;

AK_i – вміст незамінної амінокислоти білка, мг/г білка;

AK_i^{etal} – вміст незамінної амінокислоти в “ідеальному” білку, мг/1 г “ідеального” білка (WHO, 2007).

Коефіцієнт розбіжності амінокислотного скору (КРАС) розраховували за формулою (2):

$$КРАС = \frac{\sum_{j=1}^N \Delta PAC}{n}, \quad (2)$$

де ΔPAC – розбіжність амінокислотного скору амінокислоти, яку розраховували за формулою (3):

$$\Delta PAC = C_i - C_{min}, \quad (3)$$

де C_i – надлишок скору i -ої незамінної амінокислоти, %;

C_{min} – мінімальний із скорів незамінної амінокислоти досліджуваного білка відносно еталона, %;

n – кількість незамінних амінокислот.

Розрахунок біологічної цінності зразків здійснювали за формулою (4).

$$БЦ = 100 - КРАС, \% \quad (4)$$

де КРАС – розрахований коефіцієнт розбіжності амінокислотного скору.

РЕЗУЛЬТАТИ. Результати визначення масової частки незамінних амінокислот у контролі та досліді представлено на рисунку 1.

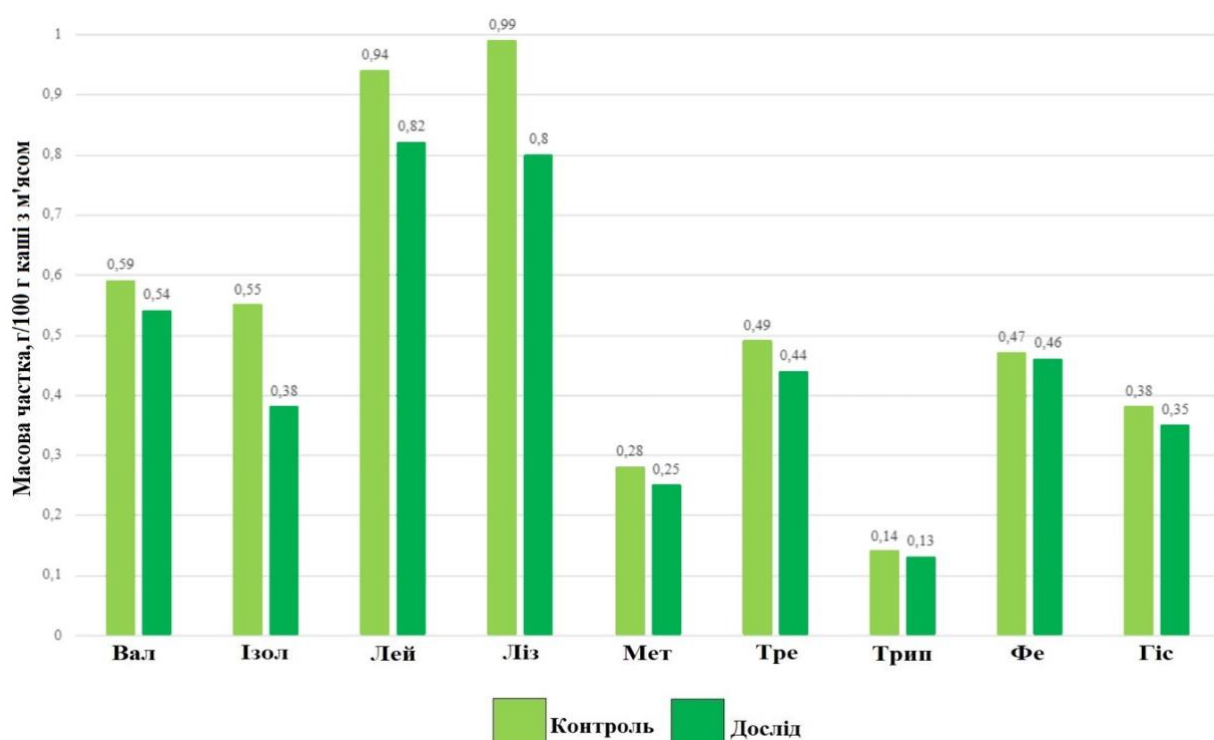


Рисунок 1. Масова частка незамінних амінокислот у контролі та досліді

Примітка: Вал – валін, Ізол – ізолейцин, Лей – лейцин, Ліз – лізин, Мет – метіонін, Тре – треонін, Трип – триптофан, Фен – фенілаланін, Гіс – гістидин.

З даних, представлених на рисунку 1, можна відзначити значно меншу кількість у досліді незамінних амінокислот у порівнянні з контролем – ізолейцину – на 44,74 %, лейцину – на 14,64 % та незначно меншу кількість валіну – на 9,26 %, триптофану – на 7,69 %, гістидину – на 8,57 %.

Ці результати (рисунок 1) є позитивними стосовно вмісту у досліді лізину, фенілаланіну, метіоніну, треоніну – встановлено незначно меншу їх кількість у досліді на 23,75 %, 2,17 %, 12,00 %, 11,36 % відповідно у порівнянні з контролем. Як відомо, ці амінокислоти формують специфічний м'ясний смак готового продукту (Svyridenko et al., 2011).

Також, з отриманих результатів (рисунок 1) можна встановити, що розроблена консерва другої страви – каша з м'ясом з вмістом крупи спельти (дослід) є джерелом лейцину та лізину. Лейцин виконує ключову роль у запобіганні катаболізму – розпаду м'язової тканини, ініціює біосинтез протеїнів у скелетних м'язах (Chen et al., 2021), у тканинах скелетних м'язів функціонує як донор азоту для аланіну та глутаміну, що є корисним для людей з високими фізичними навантаженнями (Holeček, 2017; Levkov et al., 2024). Лізин виконує транспортну функцію – бере участь у транспорті жирних кислот у клітинах та входить до складу колагену (Matthews, 2020). Нестача лізину у харчуванні людини призводить до порушень у кровотворенні, зниження кількості еритроцитів і зменшення вмісту в них гемоглобіну (Sharovalenko et al., 2009).

Результати оцінки якості білка за амінокислотним скором у контролі та досліді представлено на рисунку 2.

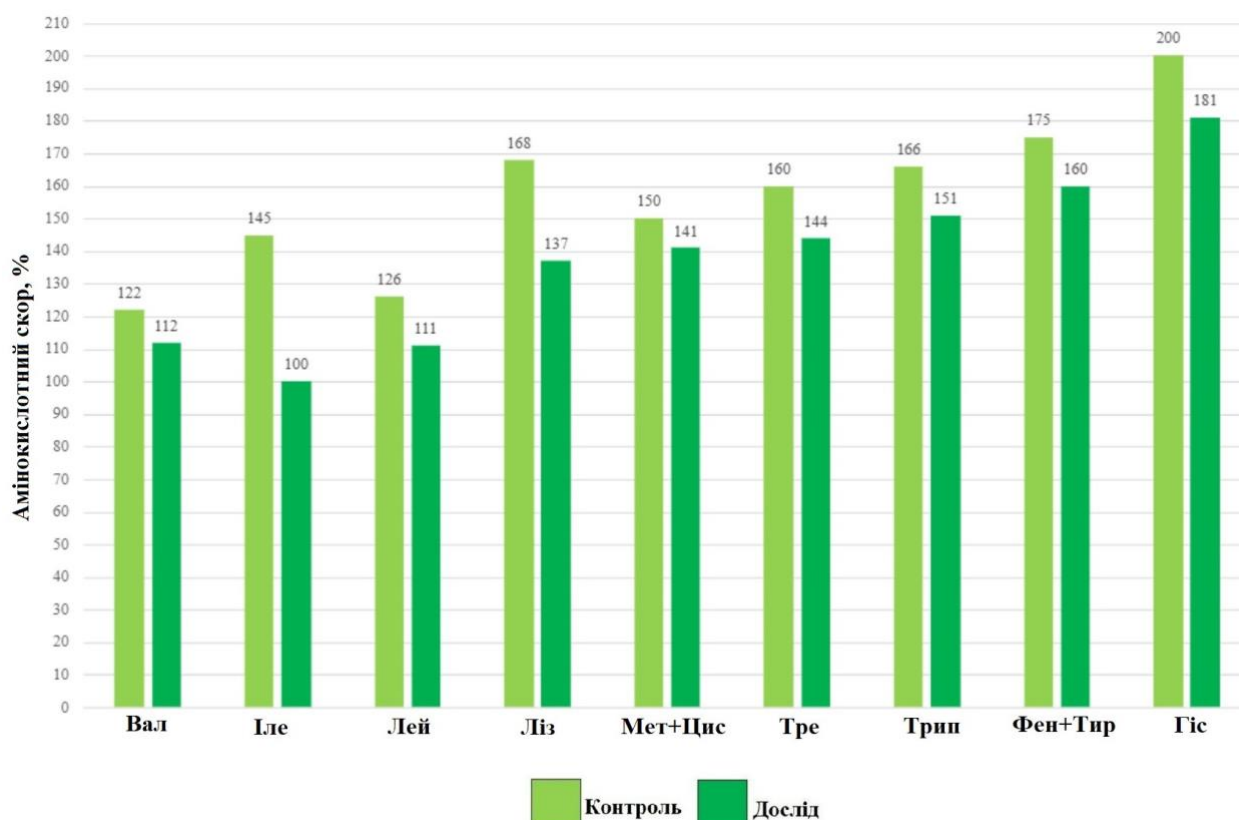


Рисунок 2. Амінокислотний скор досліді порівняно з контролем

Примітка: Вал – валін, Іле – ізолейцин, Лей – лейцин, Ліз – лізин, Мет+Цис – метіонін+цистин, Тре – треонін, Трип – триптофан, Фен+Тир – фенілаланін + тирозин, Гіс – гістидин.

Значення амінокислотного скору (рисунок 2) у досліді корелює із попередніми результатами (рисунок 1) – є меншим у порівнянні з контролем, а саме валіну – на 10 %, ізолейцину – на 45 %, лейцину – на 15 %, лізину – на 31 %, метіоніну та цистину – на 9 %, треоніну – на 14 %, триптофану – на 15 %, фенілаланіну та тирозину – на 15 %, гістидину – на 19 %.

Проте, слід відмітити, що усі незамінні амінокислоти у досліді мають значення скору 100 % та вище. У досліді лімітованою амінокислотою є ізолейцин, скор якої складає 100 %, а найбільший скор належить гістидину – 181 %.

Для оцінки харчової адекватності загального білка каші з м'ясом з крупною спельти щодо ступеня його засвоюваності, розраховані показники та критерії його біологічної цінності, які представлено на рисунку 3.

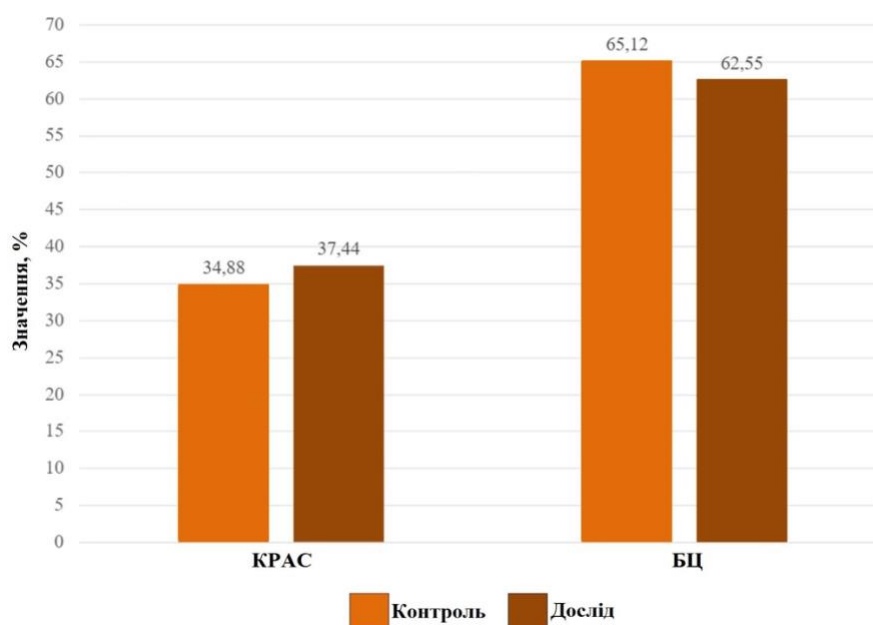


Рисунок 3. Показники біологічної цінності білків у досліді та контролі

Примітка: КРАС – коефіцієнт розбіжності амінокислотного скору, БЦ – біологічна цінність.

З рисунку 3 видно, що коефіцієнт розбіжності амінокислотного скору у досліді становить 37,44 %, що є вищим на 2,56 % у порівнянні з контролем. Це призвело до отримання дещо зниженого значення біологічної цінності у досліді (на 2,57 %) порівняно з контролем. Отже, зменшення у рецептурній композиції каші з м'ясом м'ясної сировини дозволило зберегти амінокислотний склад за рахунок використання нетрадиційної крупи – спельти.

Висновки. 1. Встановлено значно меншу кількість у досліді незамінних амінокислот у порівнянні з контролем, а саме ізолейцину – на 44,74 %, лізину – на 23,75 %, лейцину – на 14,64 %, треоніну – на 11,36 % та незначно меншу кількість валіну – на 9,26 %, метіоніну – на 12,00 %, триптофану – на 7,69 %, фенілаланіну – на 2,17 %, гістидину – на 8,57 %.

2. Встановлено менше значення амінокислотного скору у досліді у порівнянні з контролем, а саме валіну – на 10 %, ізолейцину – на 45 %, лейцину – на 15 %, лізину – на 31 %, метіоніну та цистину – на 9 %, треоніну – на 14 %, триптофану – на 15 %, фенілаланіну та тирозину – на 15 %, гістидину – на 19 %. Усі незамінні амінокислоти у досліді мають значення скору 100 % та вище, лімітованою амінокислотою є ізолейцин – скор складає 100 %, а найбільший скор належить гістидину – 181 %.

3. Коефіцієнт розбіжності амінокислотного скору у досліді становить 37,44 %, що є вищим на 2,56 % у порівнянні з контролем. Показник біологічної цінності у досліді становить 62,55 % проти 65,12 % у контролі.

Таким чином, розроблена консерва другої страви – каша з м'ясом, технологія якої передбачає використання крупи спельти може бути віднесена до повноцінних харчових продуктів.

References

- Almeida Sá, A., Moreno, Y., & Carciofi, B. (2020). Plant proteins as high-quality nutritional source for human diet. *Trends in Food Science & Technology*, 97, 170–184. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.01.011>.
- Bal-Prylypko, L.V., Shvets, O.V., Dereviyanko, L.P., Leonova, B.I., Starkova, E.R., & Gatsenko, K.V. (2019). Patent of Ukraine 134534. Kyiv: Ukrainian Institute of Intellectual Property.
- Bal-Prylypko, L. V., Nikolaenko, M. S., Danilenko, S. G., Ustymenko, I. M., Ryabovol, M. V., & Petrichenko, K. O. (2024). Justification for improving the technology of canning main dish with increased nutritional value. *Food resources*, 12(22), 28–36. <https://doi.org/10.31073/foodresources2024-22-03>
- Bal-Prylypko, L. V., Tolok, G. A., Nikolayenko, M. S., Antonenko, A. V., Brovenko, T. V., & Nazarenko, M. V. (2021). New cereal concentrates of increased biological value in the structure of modern nutrition. *Animal science food technology*, 2, 5–12.
- Bal-Prylypko, L., Nikolaenko, M., Cherednichenko, O., & Stepasyuk, L. (2022a). Trends of the Development of the Meat Processing Industry of Ukraine and Practical Approaches to the Optimization the Recipe of Sausage Products. *Ekonomika APK*, 29(5), 10–19. <http://dx.doi.org/10.32317/2221-1055.202205010>.
- Bal-Prylypko, L.V., Nikolayenko, M. S., & Tkach G. F. (2022). Scientific rationale for improving the technology of special purpose food products. Kyiv: NULES of Ukraine.
- Bychkova, E., Rozhdestvenskaya, L., Podgorbunskikh, E., & Kudachyova, P. (2023). The problems and prospects of developing food products from high-protein raw materials. *Food Bioscience*, 56, 103286. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.103286>
- Chen, J., Ou, Y., & Luo, R. (2021). SAR1B senses leucine levels to regulate mTORC1 signalling. *Nature*, 596(7871), 281–284. doi: 10.1038/s41586-021-03768-w.
- Choni, I. V. (2009). Changes in the grub value of buckwheat and rice cereals in the process of borosha extraction, emulsion-type storage sauces and new grub products. Bulletin of the National Technical University "KhPI": collection of scientific works: New solutions in current technologies (pp. 15-18). Kharkiv: NTU "KhPI".
- DSTU ISO 13903 (2009). Fodder for animals. Method for determining the content of amino acids (ISO 13903:2005, IDT).
- DSTY 6043 (2008). Porridge with meat and poultry offal. Technical conditions.
- Geletu, U. S., Usmael, M. A., Mummed, Y. Y., & Ibrahim, A. M. (2021). Quality of Cattle Meat and Its Compositional Constituents. *Veterinary medicine international*, 7340495. <https://doi.org/10.1155/2021/7340495>.
- Gospodarenko, G. M., Lyubich, V. V., & Polyanetska, I. O. (2016). Amino acid composition of wheat and spelt protein depending on the origin of the variety and line. *Bulletin of the Uman National University of Horticulture*, 2, 44–48.
- Holeček, M. (2017). Branched-chain amino acid supplementation in treatment of liver cirrhosis: Updated views on how to attenuate their harmful effects on cataplerosis and ammonia formation. *Nutrition*, 41, 80–85. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2017.04.003>.
- Kulathunga, J., & Simsek, S. (2022). Dietary fiber variation in ancient and modern wheat species: Einkorn, emmer, spelt and hard red spring wheat. *Journal of Cereal Science*, 104, 103420. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2022.103420>.
- Levkov, A. A., Kletsenko, L. V., & Smoked, A. I. (2024). The importance of a balanced and rational diet in the training of boxers. Problems and prospects for the development of sports games and single combats in the future: international articles XX Sciences. Conf (pp. 30-34). Kharkiv: KhDAFK.

- Matthews, D. E. (2020). Review of Lysine Metabolism with a Focus on Humans. *The Journal of nutrition*, 150(Suppl 1), 2548S–2555S. <https://doi.org/10.1093/jn/nxaa224>.
- Rakszegi, M., Tóth, V., & Mikó, P. (2023). The place of spelt wheat among plant protein sources. *Journal of Cereal Science*, 114, 103813. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2023.103813>.
- Rolandelli, G., Farroni, A., & del Pilar Buera, M. (2023). Raw Materials. Traditional and Non-conventional Cereals, Pseudo-cereals, Oilseeds and Legumes. In: de Escalada Pla, M.F., Genevois, C.E. (eds) *Designing Gluten Free Bakery and Pasta Products*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-28344-4_2.
- Shapovalenko, O. I., Skorikova, G. I., Polovik, L. V., & Kharchenko, E. I. (2009). Investigation of the berries of wheat and pea beard and changes when saving. *Grain storage and processing*, 4, 49–50.
- Shvedyuk, D., Pasichnyi, V., Radzievska, I., & Matsuk, Y. (2017). Amino acid composition and biological value of meat semi-finished products with use of plant raw material and protein-fatty emulsions. *Scientific Messenger LNUVMB*, 19(80), 111–114.
- Svyridenko, T. A., Danylenko, S. G., Korol, T. O., Usatenko, N. F., Zhukova, Y. F., & Kigel, N. F. (2011). Proteolytic processes in broiler chicken fillets under the influence of bacterial preparations. *Bulletin of Agrarian Science*, 4, 60–63.
- Voitovska, V., Storozhyk, L., Liubych, V., & Romanov, S. (2021). Amino acid content in grain of different winter pea varieties and products of its processing. *Plant Varieties Studying and Protection*, 17(4), 312–318. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.4.2021.249013>.
- WHO (2007). Protein and amino acid requirements in human nutrition : report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation (WHO technical report series ; no. 935). Retrieved from http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/43411/1/WHO_TRS_935_eng.pdf
- Wolfe, R. R., Rutherfurd, S. M., Kim, I. Y., & Moughan, P. J. (2016). Protein quality as determined by the Digestible Indispensable Amino Acid Score: evaluation of factors underlying the calculation. *Nutrition reviews*, 74(9), 584–599. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuw022>.

Отримано 16.07.2024 р., прийнято до публікації 10.08.2024 р.

УДК 637.02:637.523:582.263

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.3.2024.84>

РОЗРОБЛЕННЯ РЕЦЕПТУР ВАРЕНИХ КОВБАСНИХ ВИРОБІВ ЗБАГАЧЕНИХ ХЛОРЕЛОЮ

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. М'ясна галузь постійно зазнає трансформацій, та рухається згідно зі світовими тенденціями та основними запитами споживачів. Відповідно виникає проблема щодо підвищення харчової та біологічної цінності звичних харчових продуктів, зокрема варених ковбас. Розроблення оздоровчих м'ясних продуктів, збагачених рослинними компонентами є основною метою, що постала під час виконання цієї роботи. Удосконалення рецептури варених ковбасних виробів за рахунок використання морської водорості хлорели, що є цінним джерелом антиоксидантів, харчових волокон, незамінних амінокислот, вітамінів, поліненасичених жирних кислот та мінералів – є перспективним рішенням. Відмінністю розробленої рецептури фаршу від контролю є використання хлорели, заміна шпиків, що традиційно використовується в подібних рецептурах, лляною та оливковою оліями та повною заміною нітриту натрію на аскорбінову кислоту. Порівняльні дослідження виконані з використанням трьох різних рецептур, які містили 1 % хлорели гідратованої водою та молочною сироваткою у співвідношенні 1:5 упродовж 20 хвилин за температури 40° С. Під час роботи застосовували органолептичні (зовнішній вигляд, колір, текстура, смак та запах) та фізико-хімічні методи дослідження (вміст вологи, жиру, білка, солі). Показано, що дослідні зразки фаршів містили білка у кількостях 13,51 % для зразка № 3; 12,77 % для зразка № 2 та 12,36 % для зразка № 1. Вміст вологи у дослідних зразках перевищує контроль на 2,86 % для зразка №3, на 1,86 % для зразка №2 та 0,69 % для зразка №1. За масовою часткою жиру всі зразки є в межах норми і становлять менше 30 %, що відповідає національному стандарту на такий вид продукції. Модифікація рецептури з використанням хлорели, лляної та оливкової олії відрізняється від контрольного зразка, що відображається в результатах органолептичного оцінювання. За результатами проведених комплексних досліджень до реалізації можна рекомендувати дослідну рецептуру № 3.

Ключові слова: свинина, морські водорості, лляна олія, оливкова олія, молочна сироватка, аскорбінова кислота, органолептичні властивості.

UDC 637.02:637.523:582.263

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.3.2024.84>

DEVELOPMENT OF RECIPES COOKED SAUSAGE PRODUCTS ENRICHED WITH CHLORELLA

Liudmyla Kulakova,*Applicants for higher education with the degree of Doctor of Philosophy,*<https://orcid.org/0009-0004-8499-3886>,*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,**03041, Heroiv Oborony Str., 15, Kyiv, Ukraine.***Yuliia Slyva,***PhD in Technical Sciences, Associate Professor,*<https://orcid.org/0000-0003-2592-6822>,*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,**03041, Heroiv Oborony Str., 15, Kyiv, Ukraine.*

Abstract. The meat industry is constantly undergoing transformations and moves in accordance with global trends and basic consumer requests. Accordingly, there is a problem of increasing the nutritional and biological value of common food products, in particular cooked sausages. Development of health facilities of meat products enriched with plant components is the main goal that arose during the performance of this work. Improvement of the recipe of cooked sausage products due to the use of available chlorella seaweed valuable source of antioxidants, dietary fiber, essential amino acids, vitamins, polyunsaturated fatty acids and minerals is a promising solution. The difference between the developed minced meat recipe and the control is the use of chlorella, the replacement of lard, which is traditionally used in similar recipes, with linseed and olive oils, and the complete replacement of sodium nitrite with ascorbic acid. Comparative studies were performed using three different formulations containing 1% chlorella hydrated with water and milk whey in a ratio of 1:5 for 20 minutes at a temperature of 40° C. During the work, organoleptic (appearance, color, texture, taste and smell) and physical and chemical research methods (moisture, fat, protein, salt content). It was shown that the experimental samples of minced meat contained protein in amounts of 13.51% for sample 3; 12.77% for sample 2 and 12.36% for sample 1. The moisture content of the experimental samples exceeds the control by 2.86% for sample 3, by 1.86% for sample 2, and by 0.69% for sample 1. According to the mass fraction of fat, all samples are within the normal range and amount to less than 30%, which corresponds to the national standard for this type of product. Modification of the recipe using chlorella, linseed and olive oil differs from the control sample, which is reflected in the results of the organoleptic evaluation. According to the results of comprehensive studies, experimental formulation sample 3 can be recommended for implementation.

Keywords: pork, seaweed, linseed oil, olive oil, whey, ascorbic acid, organoleptic properties.

ВСТУП. На сьогоднішній день, основними напрямками розвитку сучасної м'ясопереробної галузі є виробництво безпечних харчових продуктів збагачених функціональними інгредієнтами з мінімальним вмістом харчових добавок. Як зазначають автори (Antoniv et al., 2023) м'ясо та м'ясні продукти є одними із основних продуктів раціону людини, що є джерелом необхідних біологічних та поживних речовин, зокрема макро та мікроелементів, які важливі для повноцінного функціонування організму людини. Саме тому український ринок м'ясопродуктів займає особливе місце на ринку продовольчих товарів завдяки тому, що вони завжди є основою раціону споживачів. Розширення асортименту м'ясних продуктів, які будуть корисні для здоров'я населення є першочерговою задачею м'ясопереробної галузі України.

На ринку м'ясної продукції група варених ковбасних виробів є комбінованими харчовими продуктами, що дають змогу раціонально використовувати тваринну та рослинну сировину. Одночасно з цим до якості варених ковбас, споживачі пред'являють досить високі вимоги. Як наводять у своїй роботі Bal-Prylypko et al. (2022) насамперед, це пояснюється тим, що варені ковбасні вироби належать до продуктів повсякденного вжитку в Україні. Річний обсяг виробництва варених ковбасних виробів складає понад 1,2 млн т, або 65 % всього обсягу виробництва ковбас та м'ясних продуктів. Також за даними Kryzhova et al. (2020) більшість сучасних технологій м'ясних продуктів передбачають використання фосфатів, через їхню здатність підвищувати функціональний і технологічний потенціал м'язових білків. Однак споживання м'ясних продуктів, що містять фосфати, призводить до підвищеного споживання фосфору, що є шкідливим для здоров'я.

З огляду на це значний інтерес, в харчовій промисловості становить удосконалення рецептур варених ковбасних виробів, що збагачені рослинною сировиною з метою гармонізації їх мінерального та вітамінного складу, підвищення біологічної цінності, покращення органолептичних та структурно-функціональних показників готового виробу. Ці дані підтверджуються результатами Bal-Prylypko et al. (2016), тому перспективним напрямом удосконалення технології варених ковбасних виробів є пошук додаткових сировинних джерел та розроблення з їх використанням ресурсозберігаючих технологій. Як зазначають Klymenko et al. (2002) спираючись на сучасні технології та принципи моделювання м'ясних продуктів із заданим хімічним складом, можна виробляти м'ясні продукти з високобалансованим складом та загальним співвідношенням білкової, жирової та водної фаз через підбір пропорцій інгредієнтів у рецептурі продукту, завдяки чому можна виробляти високотехнологічний фарш оптимальної якості.

Розроблення нових рецептур варених ковбас за даними авторів (Bal-Prylypko et al., 2012) та включення до їх складу рослинної сировини, повинно базуватися на функціональності поєднання сировини, підвищенні харчової цінності, збагачення складу та зниження собівартості. А отже, важливим завданням під час розроблення варених ковбасних виробів із заданими споживчими властивостями є пошук нових технологічних рішень, здатних прогнозувати та стабілізувати якість ковбасних виробів.

В попередніх дослідженнях (Kulakova and Slyva, 2024) встановлено, що морські водорості є привабливими для споживачів, які надають перевагу харчовим продуктам з низьким вмістом жиру та цукру, а також продуктам, які у своєму складі містять інгредієнти, природного походження. Одним із перспективних інгредієнтів фаршів удосконаленого складу можна вважати хлорелу. Хлорела відноситься до класу одноклітинних прісноводних зелених водоростей, з хроматофорами зеленого кольору і діаметром клітин від 1,5 до 10 мікрон. Ключовими компонентами хлорели, як зазначають Yaakob et al., (2014) є високий вміст білка 53 %, пігменти та каротиноїди, такі як хлорофіл, лютеїн, астаксантин та β -каротин, поліненасичені жирні кислоти, незамінні амінокислоти, вітаміни та мінерали (табл. 1)

Таблиця 1. Вміст вітамінів в 1 г маси сухої речовини хлорели, мкг

Вітамін	Вміст	Вітамін	Вміст
β -каротин (провітамін А)	1000–1600	Піридоксин (вітамін В6)	9
Ергостерин (провітамін D)	1000	Фолієва кислота (вітамін В9)	485
Тіамін (вітамін В1)	2-18	Ціанокобламін (вітамін В12)	0,025-0,1
Рибофлавін (вітамін В2)	21-28	Аскорбінова кислота (вітамін С)	1300-5000
Нікотинова кислота	110-180	Токоферол	10-350

(вітамін В3)		(вітамін Е)	
Холін (вітамін В4)	3000	Біотин (вітамін Н)	0,1
Пантотенова кислота (вітамін В5)	12–17	Вітамін К	6

Джерело: сформовано авторами за даними Yaakov et al., (2014).

За вмістом незамінних амінокислот (триптофану, метіоніну, фенілаланіну, лейцину, ізолейцину, лізину, гістидину, валіну та треоніну) хлорела знаходяться на одному рівні з іншими джерелами білка, такими як яйця, м'ясо, молоко та соєві боби (табл. 2).

Таблиця 2. Вміст амінокислот у хлорелі

№	Амінокислоти	Вміст, %
1	Валін	2,45-5,5
2	Ізолейцин	1,41 - 4,71
3	Лізін	2,34-10,2
4	Аргінін	7,32-15,8
5	Цистеїн	0,2-6,34
6	Лейцин	5,73-6,85
7	Гліцин	1,32-6,2
8	Метіонін	1,14-1,4

Джерело: сформовано авторами за даними Misurcova et al., 2014).

Макро- і мікроелементний склад містить кальцій, фосфор, магній, калій, мідь, залізо, сірка, цинк, кобальт, марганець, цирконій, йод і інші мікроелементи (табл. 3) (Becker, 2013).

Таблиця 3. Вміст мінералів у хлорелі

№	Найменування показника	Вміст, мг/кг
1	Zn	2,6-5,31
2	Fe	167-910
3	Mg	264-370
4	Na	186-220
5	Cu	3,05-3,4
6	K	129-130
7	Mo	0,069-1,1
8	Co	0,73-0,74
9	I	0,1-0,8

Джерело: сформовано авторами за даними Becker, 2013).

З огляду на вище зазначене, метою цього дослідження було розроблення рецептур варених ковбасних виробів з покращеними фізико-хімічними та органолептичними показниками якості за рахунок додавання хлорели, а також заміни шпиків на лляну та оливкову олії.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ. Об'єктом дослідження були 3 зразки варених ковбас:

№ 1 – із включенням до рецептури хлорели гідратованої водою, повною заміною шпику на лляну олію та повною заміною нітриту натрію на аскорбінову кислоту;

№ 2 – із включенням до рецептури хлорели гідратованої молочною сироваткою, повною заміною шпику на оливкову олію та повною заміною нітриту натрію на аскорбінову кислоту;

№ 3 – із включенням до рецептури хлорели гідратованої молочною сироваткою, повною заміною шпику на лляну олію та повною заміною нітриту натрію на аскорбінову кислоту. За контроль обрано варену ковбасу «Любительська свиняча» (ДСТУ 4436:2005).

Для виробництва дослідних зразків використовували таку сировину: свинину, лляну олію, оливкову олію, хлорелу, молочну сироватку, сіль кухонну, перець чорний мелений, мускатний горіх.

Технологічний процес включав первинне подрібнення, соління м'яса, витримання в розсолі протягом 12 годин, складання фаршу в кутері, внесення хлорели, спецій та олії, підготовку оболонки та її наповнення, формування та в'язання батонів, осаджування батонів впродовж 1 години, варіння за температури 85° С впродовж 1 години, охолодження, контроль якості, зберігання за температури 0–8° С.

Хлорелу перед внесенням в м'ясну масу гідратували водою для зразка № 1 та молочною сироваткою для зразків № 2 та № 3, за постійного перемішування впродовж 20 хвилин за температури 40° С у співвідношенні 1:5.

Готові зразки досліджували за фізико-хімічними показниками, а саме визначали вміст вологи (проводили висушування до постійної маси за температури 103±2° С згідно з ДСТУ ISO 1442:2005, 2007); масову частку жиру (за методом Сокслета, який базується на екстракції жиру розчинником з висушеної наважки продукту і з подальшим видаленням розчинника згідно ДСТУ ISO 1443:2005, 2007); вміст білка (за методом К'ельдаля, де на першому етапі проводили мінералізацію органічних сполук в дослідних зразках, а далі визначали вміст азоту за кількістю утвореного аміаку за допомогою титрування згідно з ДСТУ ISO 937:2005); 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); вологосв'язуюча здатність фаршу та готового продукту (методом пресування досліджуваної проби масою 0,3 г вантажем масою в 1 кг, сорбції виділеної під тиском вологи фільтрувальним папером і визначені кількості відділеної вологи за площею вологої плями на фільтрувальному папері); граничну напругу зсуву (визначали за допомогою пенетрометра Ulab 3-31 М визначенням опору продукту проникненню за визначений час в нього індентора з чітко визначеними розмірами, масою і матеріалом, при нормованому інструкцією тиску і фіксованій температурі. Результатом вважали глибину проникнення); вміст золи в готовому продукті (визначають озоленням наважки в муфельній печі за температури 500–700 °С протягом 1 години). Додатково проводили органолептичне оцінювання за 5 бальною шкалою, де оцінювали зовнішній вигляд, колір, консистенцію, смак та запах згідно з ДСТУ 4823.2:2007.

Отримані результати дослідження статистично опрацьовували за допомогою вбудованих функцій Microsoft Excel 365.

РЕЗУЛЬТАТИ. В процесі роботи були розроблені 3 рецептури варених ковбас з використанням хлорели в однаковій кількості для всіх рецептур – 1 % на 100 % сировини. За контроль було обрано варену ковбасу «Любительська свиняча» (ДСТУ 4436:2005). Зразки контрольної та розроблених рецептур варених ковбас представлені в таблиці 4.

Таблиця 4. Рецептури контрольного та дослідних зразків

Назва інгредієнта	Маса			
	контроль	дослід		
		1	2	3
Сировина несолена, кг/100 кг				
Свинина жилована нежирна	75	75	75	75
Шпик хребтовий	25	–	–	–
Лляна олія	–	25	–	25
Оливкова олія	–	–	25	–
Хлорела	–	1	1	1
Прянощі та матеріали, г/100 кг несоленої сировини				
Сіль кухонна	2500	2500	2500	2500
Нітрит натрію	5,6	–	–	–
Аскорбінова кислота	–	50	50	50
Перець чорний мелений	85	85	85	85
Мускатний горіх	55	55	55	55

Відмінністю розроблених рецептур є повна заміна шпику на лляну та оливкову олії, а також повною заміною нітриту натрію на аскорбінову кислоту, що дає змогу покращити якість готового продукту та потенційно підвищує стійкість їх під час зберігання.

Першим етапом дослідження готового продукту було проведення органолептичного оцінювання. Органолептична оцінка контрольного та дослідних зразків варених ковбас була проведена в умовах лабораторії кафедри технології м'ясних, рибних та морепродуктів НУБіП України. Оцінювання зразків проводилося за показниками регламентованими ДСТУ 4436:2005 «Ковбаси варені, сосиски, сардельки, хліби м'ясні». Результати оцінювання наведено у табл. 5.

Таблиця 5. Результати органолептичного оцінювання контрольного та дослідних зразків варених ковбас

Показник	Контроль	Дослід		
		1	2	3
Зовнішній вигляд	Чиста суха поверхня без пошкодження оболонки			
Консистенція	Ніжна, соковита пружна			
Вид на розрізі	Фарш сіро-рожевий, колір неоднорідний, невеликі порожнини	Фарш сіро-зелений, колір однорідний, невеликі порожнини	Фарш сіро-зелений, колір однорідний, без великих порожнин	
Запах	Властиві даному продукту, без сторонніх запахів та присмаків	Властиві даному продукту, приємний аромат спецій, відчутно легкий морський запах	Властиві даному продукту, приємний аромат спецій, морський запах не відчувається	

Смак	Притаманний даному продукту, відтінок смаку та запаху спецій, відчутна солоність	Притаманний даному продукту, відтінок смаку та запаху спецій, помірна солоність. Відчутний морський присмак	Притаманний даному продукту, відтінок смаку та запаху спецій, відчутна солоність. Морський присмак не відчувається
------	--	---	--

Результати органолептичного оцінювання свідчать, що дослідні зразки № 2 та № 3 до рецептури фаршу яких було внесено хлорелу, лляну та оливкову олії, а також аскорбінову кислоту характеризувалися високими смаковими якість та без характерного морського присмаку. В них відзначена добра консистенція, привабливий зовнішній вигляд, були соковитішими та з більш вираженим ароматом ніж контрольний. Дослідний зразок № 1 який також отримав позитивні характеристики мав відчутний морський присмак та запах, що в подальшому вплинуло на зниження оцінки.

Враховуючи отримані дані органолептичного оцінювання встановлено, що батони готових ковбасних виробів, як контрольного так і дослідних зразків, були високої якості про що говорять результати балової оцінки показані на профілограмі (рис.).

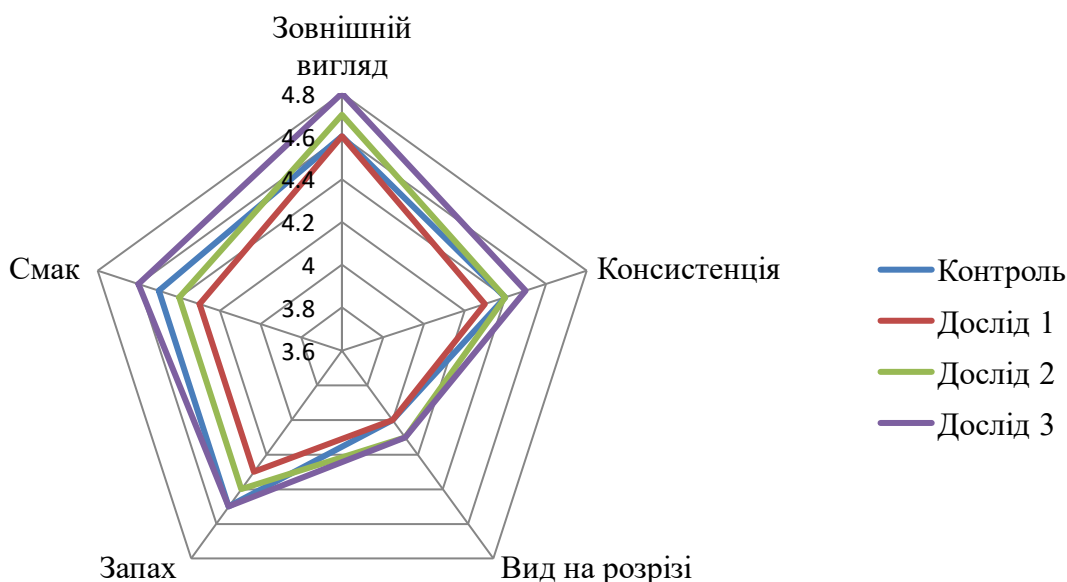


Рисунок. Профілограма органолептичного оцінювання варених ковбас

Однак дослідний зразок №3 мав дещо вищі оцінки у порівнянні з контрольним. Зокрема це стосується показників зовнішнього вигляду, консистенції, смаку та запаху. Забарвлення у дослідних зразках істотно відрізняється від контрольного за рахунок внесення хлорели, що відповідно впливає на зовнішній вигляд. Дегустаційна комісія оцінила їх, як ексклюзивні зразки для сприйняття зоровим органом.

Одним з важливих показників якості варених ковбасних виробів є консистенція, яка об'єктивно характеризує функціонально-технологічні та структурно-механічні характеристики. Оцінку даних властивостей здійснювали за допомогою визначення ВЗЗ та граничної напруги зсуву.

Таблиця 6. Функціонально-технологічні і структурно-механічні властивості контрольного та дослідних зразків варених ковбас

Найменування	Контроль	Дослід		
		1	2	3
ВЗЗ,% до загальної вологи	78,92±3,25	80,03±3,31	72,87±3,37	86,43±3,42
Гранична напруга зсуву, кПа	175	172	171	170

З наведених даних (табл. 6) видно, що дослідні зразки характеризується меншою щільністю та соковитішою консистенцією порівняно з виготовленим за класичною рецептурою контролним зразком, що слідує із зменшення граничної напруги зсуву та підвищенням значенням здатності до зв'язування вологи.

Під час дослідження нових видів готових м'ясних продуктів ключове місце займає вивчення загального хімічного складу дослідних зразків та його порівняльний аналіз з контролем. Аналізуючи результати (табл. 7) контрольного та дослідних зразків варених ковбасних виробів можна зробити висновок, що продукти за розробленою рецептурою відповідають вимогам щодо хімічного складу та є якісними для вживання.

Таблиця 7. Показники хімічного складу варених ковбас контрольного та дослідних зразків

Масова частка, %	Контроль	Дослід			Норми за ДСТУ 4436:2005
		1	2	3	
вологи	55,55±0,11	56,24±0,16	57,41±0,12	58,41±0,14	>60
білка	12,07±0,03	12,36±0,07	12,77±0,06	13,51±0,11	<12
жиру	19,87±0,05	17,39±0,04	23,02±0,03	17,28±0,04	>30
золи	3,01±0,001	3,39±0,001	3,65±0,001	3,84±0,001	не нормується
хлориду натрію	2,02±0,01	1,34±0,01	1,61±0,01	1,43±0,01	>2,5

Відповідно до вимог ДСТУ 4436:2005 виробництво варених ковбасних виробів, вміст білку в продукті не повинен бути меншим 12 %. Відповідно за цим показником і контрольний, і дослідні зразки відповідають нормі. За масовою часткою жиру всі зразки не також в межах норми, що становить менше 30 %. Вміст вологи у дослідних зразках вищий за контроль на 2,86 % для № 3, на 1,86% для № 2 та 0,69 % для № 1, що обумовлює соковитість продукту і пояснюється тим, що водна складова більш міцно зв'язана з білками м'яса. Вміст хлориду натрію у всіх зразках не перевищує гранично допустимих норм, встановлених національним стандартом.

З огляду на отримані результати комплексних досліджень якісних властивостей м'ясного фаршу, видно позитивний вплив додавання хлорели, лляної та оливкової олії та доцільність їхнього застосування у виробництві варених ковбасних виробів. Про це свідчить покращення комплексу функціонально-технологічних характеристик та хімічного складу дослідного м'ясного фаршу у порівнянні з контролем.

ВИСНОВКИ. Враховуючи світові тенденції останніми роками значно розширився асортимент м'ясних продуктів в рецептурах яких використовуються інгредієнти рослинного походження. Вони забезпечують високу харчову і біологічну цінність виробів, сприяють покращенню структури фаршу, рівномірному розподіленні інгредієнтів та мінімізації втрат у

процесі виробництва. Так використання хлорели, лляної та оливкової олії в складі варених ковбасних виробів, дає можливість знизити вміст жиру в готовому продукті, збагати їх макро- та мікроелементами, вітамінами, амінокислотами, харчовими волокнами з мінімізованим вмістом харчових добавок. Також дає можливість відмовитися від використання нітриту натрію, який в нашому випадку замінюється аскорбіновою кислотою, яка має антиоксидантні властивості та здатна подовжувати термін зберігання.

В результаті проведення комплексних досліджень, було розроблено три рецептури варених ковбасних виробів, з використанням хлорели в однаковій кількості для всіх рецептур, та повної заміни шпигу на лляну та оливкову олії, а також повною заміною нітриту натрію на аскорбінову кислоту. Було встановлено технологічні параметри виробництва варених ковбасних виробів. Проведені теоретичні та експериментальні дослідження підтвердили, що за органолептичними, хімічними, функціонально-технологічними та структурно-механічними показниками найкращі результати одержав дослідний зразок рецептури № 3 із включенням до рецептури хлорели гідратованої молочною сироваткою, повною заміною шпигу на лляну олію та повною заміною нітриту натрію на аскорбінову кислоту, який в подальшому буде рекомендований до виробництва. Подальші дослідження даних рецептур полягатимуть у визначенні вмісту жирнокислотного складу, мікробіологічних показників та покращення органолептичних показників.

References

- 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>.
- Bal-Prilipko, L. V., Patyka, N. V., Leonova, B. I., Starkova, E. R., Brona, A. I. (2016). Trends, Achievements and Prospects of Biotechnology in The Food Industry. *Mikrobiolochichnyi zhurnal*, Vol. 78, No. 3, 99–111.
- Bal-Prylypko, L., Yancheva, M., Paska, M., Ryabovol, M., Nikolaenko, M., Israeli, 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*, Vol. 16, 27–41.
- Bal-Prylypko, L. V. (2012). Innovative technologies of high-quality and safe meat products: monograph. Kyiv: Publishing Center of NUBiP of Ukraine. 207 p.
- Becker, E. W. (2013). Microalgae for human and animal nutrition. *Handbook of microalgal culture*, p. 461–503.
- DSTU 4436:2005. Boiled sausages, sausages, anchovies, meat loaves.
- DSTU 4823.1:2007 Meat products. Organoleptic assessment of quality indicators. Part 1. Terms and definitions.
- DSTU 4823.2:2007 Meat products. Organoleptic assessment of quality indicators. Part 2. General requirements.
- DSTU 7992:2015 Meat and meat raw materials. Methods of sampling and organoleptic assessment of freshness.
- DSTU 8380:2015 Meat and meat products. The method of measuring the mass fraction of fat.
- DSTU ISO 1442:2005. (2007). Meat and Meat Products. Determination of moisture content (reference method). Retrieved from https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_iso_1442_2005.pdf
- DSTU ISO 1443:2005. (2007). Meat and Meat Products. Determination of total fat content. Retrieved from https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_iso_1443_2005.pdf
- DSTU ISO 936:2008 Meat and meat products. The method of determining the mass fraction of total ash.

DSTU ISO 937:2005. (2007). Meat and Meat Products. Determination of nitrogen content (Reference method). Retrieved from https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_iso_937_2005.pdf

GOST 25011–81 Meat and meat products. Protein determination methods.

GOST 30469-95. Meat products Methods of determining penetration with a cone and a needle indenter.

GOST 9957-2015 Meat and meat products. Methods of determining the content of sodium chloride.

Klymenko, M. M., Pasichniy, V. M., Shtonda, O. A., & Sosina, O. V. (2002). Combined meat products with protein additives of animal and plant origin. Retrieved from <https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/b3210f4d-8c24-4b87-a08f-8509cda13b27/content/>

Kryzhova, Y., Antoniuk, M., Antoniv, A., & Sydorenko, M. (2020). Investigation of the effect of amylopectin starch on the properties of meat systems. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies, 22(94), 32-36. <https://doi.org/10.32718/nvlvet-f9407>.

Kulakova, L., & Slyva, Y. (2024). Analysis of application possibilities of seaweed and their products during the production of food products. Human and nation's Health, 1, 7–19. <https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2024.7>

Misurcova, L., Bunka, F., Vavra Ambrozov a J., Machů, L., Samek, D., Kracmar, S. (2014). Amino acid composition of algal products and its contribution to RDI. Food Chem, 151:120–5.

Yaakob, Z., Ali, E., Zainal, A., Mohamad, M., Takriff, M. S. (2014). An overview: biomolecules from microalgae for animal feed and aquaculture. J Biol Res, 21:6.

Отримано в редакцію 10.07.2024 р., прийнято до публікації 12.08.2024 р.

УДК 663.053:543.92:664-021.414

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.3.2024.94>

МЕТОДОЛОГІЯ СЕНСОРНОГО АНАЛІЗУ В УДОСКОНАЛЕННІ ТЕХНОЛОГІЇ ФРУКТОВИХ НАПОЇВ

Манолі Тетяна Анатоліївна

Кандидат технічних наук, доцент,

<https://orcid.org/0000-0001-9121-9232>,

Одеський національний технологічний університет,

65039, вул. Канатна, 112, м. Одеса, Україна.

Афанасьєва Тетяна Миколаївна,

Кандидат технічних наук, доцент,

<https://orcid.org/0000-0003-2791-0779>,

Одеський національний технологічний університет,

65039, вул. Канатна, 112, м. Одеса, Україна.

Василик Олександр Васильович,

Кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,

<https://orcid.org/0000-0002-0546-414>,

Одеський національний технологічний університет,

65039, вул. Канатна, 112, м. Одеса, Україна.

Мирошніченко Олена Михайлівна

Кандидат технічних наук, доцент,

<https://orcid.org/0000-0002-7701-2056>,

Одеський національний технологічний університет,

65039, вул. Канатна, 112, м. Одеса, Україна.

Баришев Олександр Сергійович

Магістр зі спеціальності харчові технології,

<https://orcid.org/0009-0007-6086-3237>,

Одеський національний технологічний університет,

65039, вул. Канатна, 112, м. Одеса, Україна.

Баришева Яна Олегівна,

Ph.D, асистент кафедри,

<https://orcid.org/0000-0002-5479-7479>,

Одеський національний технологічний університет,

65039, вул. Канатна, 112, м. Одеса, Україна.

Анотація. Ринок фруктових соків України є конкурентним і споживачі надають перевагу продуктам, що мають високі органолептичні характеристики та зберігають максимальну кількість корисних речовин. Дослідження присвячене аналізу сучасного стану ринку фруктових напоїв, зокрема яблучного соку, в Україні, з акцентом на органолептичні властивості, які впливають на вибір споживачів. Актуальність дослідження полягає у необхідності удосконалення технологій виробництва консервованих фруктових соків, зокрема яблучного соку, для забезпечення відповідності сучасним вимогам споживачів щодо якості та безпечності продукту. Враховуючи зміну споживчих уподобань та підвищений інтерес до здорового харчування, є необхідність у проведенні комплексного аналізу споживчих очікувань та сенсорних властивостей продуктів. Метою роботи було визначення основних факторів, що впливають на вибір споживачами яблучного соку, оцінка якості продукції п'яти провідних торговельних марок на українському ринку («Наш сік», «Jaffa», «Galicia», «Rich» та «Biola»), а також розробка рекомендацій щодо удосконалення органолептичних показників для підвищення конкурентоспроможності продукції.

На підставі розробленої анкети було проведено опитування з визначення споживацьких переваг та формування ринку соків. За результатами проведеного анкетування встановлено високу зацікавленість споживачів у нових видах сортових фруктових соків, що підкреслює важливість досліджень у цьому напрямку. Основні результати дослідження показали, що споживчим очікуванням на сьогоднішній день найбільш відповідає сік торговельної марки «Rich», зокрема за показниками смаку та аромату. Споживачі відзначили важливість натуральності продукції та відсутності штучних добавок, що підкреслює необхідність вдосконалення технологій виробництва для збереження натурального складу та смакових якостей. Розроблено рекомендації щодо покращення якості яблучного соку, які включають оптимізацію технологічних процесів, підвищення вмісту корисних речовин у кінцевому продукті та забезпечення відповідності споживчим очікуванням. Отримані результати можуть бути використані для підвищення конкурентоспроможності продукції на ринку та розширення асортименту фруктових соків з урахуванням сучасних тенденцій здорового харчування.

Ключові слова: сенсорний аналіз, біологічна та харчова цінність, консерви, профіль, ринок соків.

УДК 663.053:543.92:664-021.414

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.3.2024.94>

METHODOLOGY OF SENSORY ANALYSIS IN IMPROVING THE TECHNOLOGY OF CANNED FRUIT BEVERAGES

Manoli Tetiana Anatoliivna,

Ph.D., Associate Professor,

<https://orcid.org/0000-0001-9121-9232>,

Odessa National University of Technology,

65039, Kanatna St., 112, Odesa, Ukraine.

Afanasieva Tetiana Mykolaivna,

Ph.D., Associate Professor,

<https://orcid.org/0000-0003-2791-0779>,

Odessa National University of Technology,

65039, Kanatna St., 112, Odesa, Ukraine.

Vasylyk Oleksandr Vasylovych,

Ph.D., Associate Professor,

<https://orcid.org/0000-0002-0546-4141>,

Odessa National University of Technology,

65039, Kanatna St., 112, Odesa, Ukraine.

Myroshnichenko Olena Mykhailivna,

PhD, Associate Professor,

<https://orcid.org/0000-0002-7701-2056>,

Odessa National University of Technology,

65039, Kanatna St., 112, Odesa, Ukraine.

Baryshev Oleksandr Serhiiovych,

Master's degree in food technology,

<https://orcid.org/0009-0007-6086-3237>,

Odessa National University of Technology,

65039, Kanatna St., 112, Odesa, Ukraine.

Barysheva Yana Olehivna,
Ph.D, assistant,
<https://orcid.org/0000-0002-5479-7479>,
Odessa National University of Technology,
65039, Kanatna St., 112, Odesa, Ukraine.

Abstract. The Ukrainian fruit juice market is competitive and consumers prefer products that have high organoleptic characteristics and retain the maximum amount of nutrients. The study analyses the current state of the fruit beverage market, in particular apple juice, in Ukraine, with a focus on organoleptic properties that influence consumer choice. The relevance of the study lies in the need to improve the technologies for the production of canned fruit juices, in particular apple juice, to ensure compliance with modern consumer requirements for product quality and safety. The fruit juice market in Ukraine is competitive and consumers prefer products with high organoleptic characteristics and retaining the maximum amount of nutrients. Given the change in consumer preferences and increased interest in healthy eating, there is a need for a comprehensive analysis of consumer expectations and sensory properties of products. The aim of the study was to identify the main factors influencing consumers' choice of apple juice, assess the quality of products of the five leading brands in the Ukrainian market (Nash Sik, Jaffa, Galicia, Rich and Biola), and develop recommendations for improving organoleptic characteristics to increase the competitiveness of products. Based on the developed questionnaire, a survey was conducted to determine consumer preferences and the formation of the juice market. The results of the survey revealed a high level of consumer interest in new types of varietal fruit juices, which underlines the importance of research in this area. The main results of the study showed that the juice of the Rich brand meets consumer expectations the best, particularly in terms of taste and aroma. Consumers noted the importance of naturalness of products and the absence of artificial additives, which emphasizes the need to improve production technologies to preserve the natural composition and taste. Recommendations have been developed to improve the quality of apple juice, including optimization of technological processes, increasing the content of nutrients in the final product and ensuring compliance with consumer expectations. The results obtained can be used to increase the competitiveness of products in the market and expand the range of fruit juices in line with current trends in healthy eating.

Keywords: sensory analysis, biological and nutritional value, canned food, profile, juice market.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ. Натуральний фруктовий сік є одним з основних консервованих напоїв, популярний практично у всіх країнах світу. У світі найбільш поширені соки, вилучені з їстівних плодів рослин (фруктів, ягід чи овочів). Однак існують соки, отримані з стебел, коренів, листя різних рослин, що вживаються в їжу, наприклад, сік із стебел селери, сік із стебел цукрової тростини (Angrainy et al., 2024; Vats et al., 2024).

Виробництво соків – це сектор консервного виробництва, який найбільш швидко розвивається. Кожного року збільшуються потужності підприємств, впроваджуються нові технологічні рішення у виробництві та постійно розширюється їх асортимент. Численні виробники фруктових соків усвідомили цю тенденцію і намагаються задовольняти зростаючий попит на нові незвичайні види. Дослідники, які розробляють нові цікаві продукти та концепції, працюють над новими смузі, соками з підвищеним вмістом біологічно-активних речовин, а також однорідними фруктовими соками.

За даними досліджень (Boyko et al., 2016; Kudryk and Steblina, 2011), основними споживачами соків є великі продовольчі супермаркети, а також традиційні ринки. Водночас, світовий ринок соків продовжує зростати, зокрема завдяки збільшенню усвідомлення

споживачів про здоровий спосіб життя та користь натуральних напоїв (Drozdova, 2016). Середньостатистичний українець споживає близько 8 літрів соків на рік, що значно менше, ніж у інших країнах: у країнах Європи – близько 30 літрів, а в США – до 60 літрів. Це свідчить про наявність значного потенціалу для зростання споживання соків в Україні (Melnyk, 2010).

Фруктові напої широко вживаються через їх освіжаючий ефект, поживну цінність та користь для здоров'я. Вони містять кілька важливих терапевтичних властивостей, які можуть знизити ризик виникнення різних захворювань. Вони містять антиоксиданти, вітаміни С і Е, органічні кислоти, мінеральні речовини, а також мають приємний смак та аромат. Фруктові соки легко переробляються і можуть бути приготовлені в домашніх умовах. Також фруктові напої є джерелом численних корисних речовин, таких як вітаміни, мінерали та антиоксиданти, які необхідні для підтримання здоров'я людини. Регулярне вживання соків допомагає зміцнити імунну систему, поліпшити травлення та знизити ризик розвитку багатьох хронічних захворювань (Neveu et al., 2010; Ghanim et al., 2010).

Високий вміст антиоксидантів, особливо в соках з темних ягід, сприяє захисту клітин від окислювального стресу, що може запобігти розвитку ракових захворювань та уповільнити процеси старіння (Prior et al., 2005). Крім того, соки з високим вмістом вітамінів, зокрема вітаміну С, сприяють зміцненню судин і підтримці здоров'я серцево-судинної системи (Kaur and Karoor, 2001).

Значний вплив на ринок соків в Україні надає поширення у суспільстві ідей здорового харчування (Market of juices, smoothies and fruit puree in Ukraine: current situation, 2023). На сучасному світовому ринку боротьба за вибір споживача набула широкого розмаху. Виробникам доводиться використовувати будь-які можливості, щоб викликати позитивну реакцію покупця на свій продукт та змусити його придбати. Для збереження та покращення позицій на ринку соків виробники застосовують різні прийоми, наприклад:

- експериментують зі смаками та пропонують покупцям нові продукти, такі як купажі з лісовими ягодами, травами, імбиром, мелісою, медом та іншими інгредієнтами;
- удосконалюють технології поліпшення споживчих властивостей продукції;
- намагаються підвищити поінформованість покупців про відмінності та сильні сторони різних видів товарів, представлених на ринку соків в Україні.

Споживач під час вибору харчових продуктів обґрунтовує свої рішення на таких показниках, як вартість, переваги, попередній досвід і те, що корисно для здоров'я, але, що, можливо, більш важливо, вони також використовують інформацію, отриману за допомогою органів чуття: зовнішній вигляд, текстура, смак і запах. Ці сенсорні компоненти можуть визначати привабливість харчового продукту, ілюструвати якість або задовольняти переваги та бажання ключових демографічних груп.

Органолептичні властивості продукту – це набагато більше, ніж хімічний склад і харчова цінність, саме вони найбільше впливають на вибір споживачів і, зрештою, формують попит. Сенсорний аналіз – це унікальний науково-практичний інструмент, який потрібно вміти правильно застосовувати, оскільки для отримання надійних об'єктивних результатів органолептичної оцінки харчових продуктів важливо контролювати чотири умови, які можуть змінюватись і впливати на результати: сам продукт, випробувачі, середовище тестування, застосовані методи сенсорного аналізу.

Аналіз сенсорних компонентів харчових продуктів може надати виробникам інформацію, яка може бути використана для розробки продукту, маркетингу та інших вимог. Мотивацією покупки споживачем соку можуть бути наступні фактори (Рис. 1).

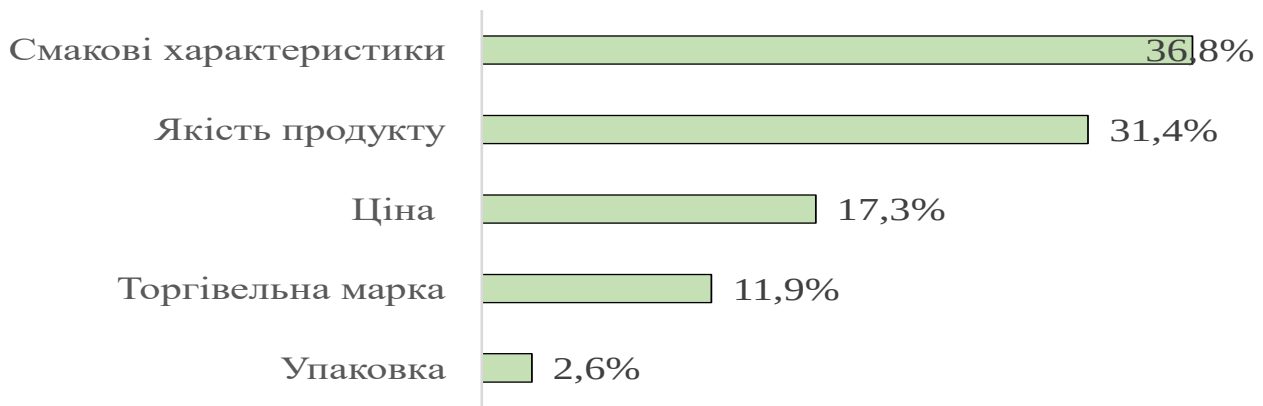


Рисунок 1. Головні фактори, що впливають на вибір соку в Україні
Джерело: Analysis of the juice market in Ukraine, 2021.

Як видно з представлених даних, основним фактором, що впливає на вибір споживача є смакові якості продукту. Часта реклама, а також інформаційний посыл, що запевняє в тому, що споживання соків корисне для організму, залишаються в підсвідомості споживача і можуть бути одним із ключових факторів, що мотивують. Споживачі під час вибору соку віддають перевагу найбільш відомим торговим маркам, що пояснюється рекламою та маркетинговими ходами виробників. Також у виборі товару велику роль грає поінформованість споживача щодо якості продукції.

Структура споживання соків за віком споживача представлена на Рис. 2.

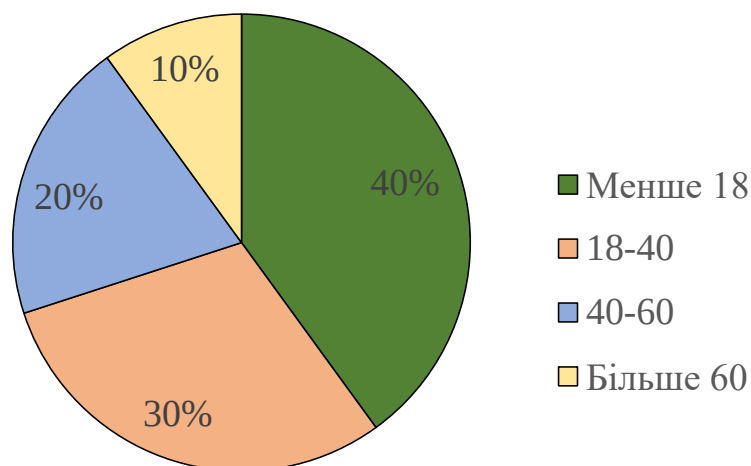


Рисунок 2. Структура споживання соків за віком споживача

Як видно з наведених даних, близько 70% сокової продукції споживається молоддю. Очікується зростання обсягів споживання соків саме молоддю, оскільки здорове харчування є частиною еко-тренду, що набирає популярності серед молодих людей.

Ринок соків в Україні є висококонкурентним, тому для успішного функціонування операторам ринку необхідно ретельно продумувати всі аспекти своєї діяльності. Оскільки критерії смаку та якості (з якої сировини та за якою технологією виготовлений продукт) є первинними для споживача соків, необхідно інвестувати в інноваційне обладнання, яке дозволить підвищити якість продукції та згодом знизити її собівартість. Важливим є розширення асортименту соків: нові цікаві смаки та поєднання завжди приваблюють споживача.

Одним з багатьох популярних фруктових напоїв є яблучний сік. Яблучний сік широко споживається як дорослими, так і дітьми. Яблучний сік є безалкогольним напоєм і попит на нього продовжує зростати, головним чином, завдяки підвищенню обізнаності споживачів щодо його корисних властивостей для здоров'я. У світі значна частина яблучного соку виготовляється промисловим шляхом при переробці свіжих плодів, включаючи пастеризацію і асептичну упаковку. Також у великих кількостях яблучний сік виготовляється з концентрату (Technical standardization committee "Juices and juice-containing products" (TC 154), Canned food juices and juice products cocktails. General specifications DSTU 8074:2015).

В Україні яблучний сік є лідером виробництва, широко використовується у створенні різних купажованих соків, і займає основні позиції в експорті країни. У низці країн, включаючи США, Китай, Німеччину та Польщу, яблучний сік є одним з найпоширеніших безалкогольних напоїв.

З огляду на особливості технології виробництва консервованих соків, розрізняють два основні типи соків; без м'якоті (пресовані) та з м'якоттю (гомогенізовані). Сік з яблук переважно виготовляють натуральним без м'якоті, освітленим або неосвітленим. Сік виробляють з яблук різних сортів і термінів дозрівання, тому за хімічним складом ці соки можуть значно відрізнятися. Більшість промислових сортів яблук має незначний діапазон у вмісті сухих речовин (19–21%) та органічних кислот (0,3–0,6%), також вони містять пектинові речовини (0,5–1,0%) і багаті вітамінами (New technology juices up the food industry, 2018). На ринку України яблучні соки представлені в основному не в сортовому вигляді.

Хімічний склад яблук дуже різноманітний та багатий. У 100 грамах їстівної частини свіжих яблук міститься: 11% вуглеводів, 0,4% – білків, до 86% – води, 0,6% – клітковини і 0,7% органічних кислот, серед яких яблучна і лимонна. Крім того, в яблуках виявлено жирні леткі кислоти: оцтова, масляна, ізомасляна, капронова, пропіонова, валеріанова, ізовалеріанова. Завдяки високому вмісту в яблуках флавоноїдів і поліфенолів цей продукт є сильним природним антиоксидантом і сприяє зміцненню імунітету та профілактики передчасного старіння організму. Яблука корисні в раціоні ослаблених і хворих людей, вони ефективно очищають організм від шлаків і токсинів та роблять також дезінфікуючу дію по відношенню до багатьох видів збудників захворювань (Novikova, N. V. and Protsenko, G. Y., 2024, Vikul, S. I., et al., 2020, Storozhenko, et al., 2018).

ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ. Якість продукції визначається сукупністю властивостей, що зумовлюють її придатність задовольняти певні потреби людини відповідно до призначення. Для оцінки споживчих переваг харчових продуктів широко використовують сенсорні або органолептичні методи, засновані на аналізі відчуттів органів чуття людини.

Сенсорну оцінку проводять за рахунок спеціальних методів, які поділяються на методи споживчої та аналітичної оцінки. Споживчі методи сенсорного аналізу – це наукові методи, які надають об'єктивну інформацію про те, як продукти сприймаються споживачем. Вони можуть бути використані для оцінки харчових продуктів та напоїв разом з нормативними вимогами безпеки та якості. Використання органів чуття та статистичного аналізу дає об'єктивну оцінку для реєстрації висновків про продукт. Методологія дозволяє здійснити сенсорний аналіз харчових продуктів: зовнішній вигляд, аромат, смак, текстуру, флейвор.

Сенсорний аналіз – це унікальний науково-практичний інструмент, який потрібно вміти правильно застосовувати, оскільки для отримання надійних об'єктивних результатів органолептичної оцінки харчових продуктів важливо контролювати чотири умови, які можуть змінюватись і впливати на результати: сам продукт, випробувачі, середовище тестування, застосовані методи сенсорного аналізу. Органолептичний аналіз може проводитись сторонньою організацією чи власними силами на підприємстві за підтримки експертів. Злагоджена робота виробництва та відділу маркетингу з надійними експертними партнерами є важливим етапом максимізації результатів сенсорного аналізу (Sagaidak and Kachur, 2023). Сучасний рівень досліджень з удосконалення існуючих або розробки

інноваційних технологій харчових продуктів немислимий без сенсорного аналізу, проведеного за допомогою науково обґрунтованих методів. Методологія сенсорного аналізу, рекомендована під час добору дегустаторів та експертизи якості харчових продуктів, міститься в міжнародних стандартах ISO, серед яких найвагоміші в автентичних українських перекладах ухвалено як національні стандарти України, зокрема: ДСТУ ISO 3972:2004. Аналіз органолептичний. Метод дослідження смакової чутливості (ISO 3972:1991, IDT), ДСТУ ISO 4120:2004 Дослідження сенсорне. Методологія випробувань. Тристоронній метод (ISO 4120:1983, IDT), ДСТУ ISO 4121:2010 Дослідження сенсорне. Настанови щодо застосування шкал кількісних реакцій (ISO 4121:2003, IDT), ДСТУ ISO 5495:2005 Дослідження сенсорне. Методологія Метод парного порівняння (ISO 5495:1983, IDT), ДСТУ ISO 5496:2013 Дослідження сенсорне. Методологія Навчання фахівців виявляти та розпізнавати запахи (ISO 5496:2006, IDT), ДСТУ ISO 8588:2005 Дослідження сенсорне. Методологія Випробування методом «А – не А» (ISO 8588:1987, IDT).

Особливу увагу в стандарті приділяють добору та навчанню дегустаторів, яке включає: відбір дегустаторів на підставі базової інтенсивності відчуттів і здатності описувати ці відчуття об'єктивно, тобто без урахування особистих уподобань. Наявність алергії на випробуваний продукт, розвиток сенсорних здібностей шляхом освоєння методик тестування, поліпшення здатності ідентифікувати органолептичні характеристики у складних харчових системах, а також поліпшення чутливості та сенсорної пам'яті для того, щоб проводити точний і відтворюваний сенсорний аналіз продуктів; контроль за діями дегустаторів і стабільністю їхньої роботи шляхом періодичного тестування сенсорних здібностей.

Для включення до групи експертів-дегустаторів кандидат має продемонструвати такі здібності: відсутність аносмії, тобто правильно сприймати запахи для стабільного визначення й опису запахів псування та інших дефектів продуктів; відсутність агевзії, тобто правильно сприймати базові смаки для стабільного визначення та опису видів смаку, характерних для псування та інших дефектів продуктів; нормальну кольоро-розрізняльну здатність, тобто визначати аномалії зовнішнього вигляду досліджуваних продуктів; належним чином описувати сенсорні відчуття; освоїти термінології нових або незнайомих відчуттів (запахів, смаків, зовнішніх ознак і текстури).

Матеріали дослідження: яблучні соки вітчизняних виробників наступних торговельних марок: ТМ «Наш сік», ТМ «Jaffa», ТМ «Rich», ТМ «Galicia», ТМ «Biola».

Метою роботи було визначення пріоритетних споживчих властивостей фруктових соків серед вітчизняних споживачів для розробки рекомендацій щодо удосконалення технології яблучного соку на підставі методології сенсорного аналізу.

Для досягнення мети сформульовані наступні завдання:

- проаналізувати ринок яблучних соків та фактори, що впливають на вибір соку в Україні,
- обґрунтувати вибір виду соку для досліджень,
- сформувати дегустаційну панель,
- обрати методи сенсорного аналізу для досліджень;
- дослідити якісні характеристики яблучного соку за обраними методами;
- визначити напрямки удосконалення технології яблучного соку для українських виробників.

У ході проведення експерименту застосовували методи сенсорного аналізу: споживчої та аналітичної оцінки.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ. В останні десятиліття за кордоном і в нашій країні проведено фундаментальні наукові дослідження, спрямовані на розробку нормативної бази методології сенсорного аналізу на об'єктивність досліджень, що стосується методів відбору та підготовки випробувачів, умов проведення, методології дослідження органолептичних показників харчових продуктів.

Відбір і підготовка дегустаторів проводиться на базі стандарту ДСТУ ISO 8586:2019 «Дослідження сенсорне. Загальні настанови щодо відбору, навчання та контролю відібраних експертів та експертів з органолептичного оцінювання» та передбачає формування панелі випробувачів (дегустаторів), їх ознайомлення з методологією та навчання сучасним методам сенсорного аналізу оцінювання продукції, які дозволяють достовірно визначати відмінності та встановлювати переваги між досліджуваними зразками, описувати якісно та кількісно органолептичні властивості харчових продуктів для контролю якості продукції, оцінювати органолептичні властивості харчових продуктів, відсутність дефектів та відповідність стандартам, а також досліджувати взаємозв'язок між хіміко-фізичним складом та органолептичними властивостями харчових продуктів, розробляти нові й удосконалювати за сенсорними характеристиками існуючі види продукції, надавати рекомендації з напрямків удосконалення технології, оскільки у сучасному світі сенсорний аналіз вже давно визнано необхідним інструментом харчових виробництв, який є невід'ємною частиною R&D при розробці принципово нових та інноваційних продуктів.

«Випробувач» – це будь-яка людина, яка бере участь в сенсорних випробуваннях. Випробувач може бути: «непідготовленим випробувачем», тобто людиною, від якої не потрібно, щоб вона задовольняла встановленим критеріям; «підготовленим випробувачем», тобто людиною, яка раніше брала участь в сенсорних; «відібраним випробувачем» – це людина, обрана через її здатності виконувати сенсорні тести; «експертом-випробувачем» – це відібраний випробувач, що володіє високою сенсорною чутливістю, що пройшов ефективне навчання і має практичний досвід в області сенсорного аналізу, який здатний оцінювати органолептичні характеристики різних продуктів з гарною відтворюваністю результатів, тобто повторити свої судження.

Згідно методики, спочатку обирають респондентів з різних вікових категорій та статі, які є потенційними споживачами фруктових соків, тобто споживають сік не менше одного разу на тиждень. Проте для того, щоб правильно оцінювати органолептичні властивості соків та ці показники досліджень можна було б застосовувати у виробництві, необхідно щоб дегустатори мали певні навички сенсорного аналізу. У нашому дослідженні були використані наступні принципи формування дегустаційних комісій:

- спосіб набору: зовнішній;
- цільова група – споживачі різних категорій (віку та статі) фруктового соку;
- механізм залучення кандидатів: оголошення про формування дегустаційної панелі у соціальних мережах, безкоштовних газетах та через особисті знайомства;
- кількість респондентів – 40 осіб різних вікових категорій та статі.

До майбутніх респондентів були пред'явлені наступні основні вимоги: вік не менше 18 і не більше 70 років; обов'язково серед усіх напоїв споживає фруктові соки не менше одного разу на тиждень.

Всі учасники сенсорного дослідження, які пройшли відповідне тестування, навчання та показали гарні результати на контрольних тестах, були допущені до оцінки органолептичних показників дослідних зразків яблучних соків. Весь процес формування робочих груп показано на Рис. 3.

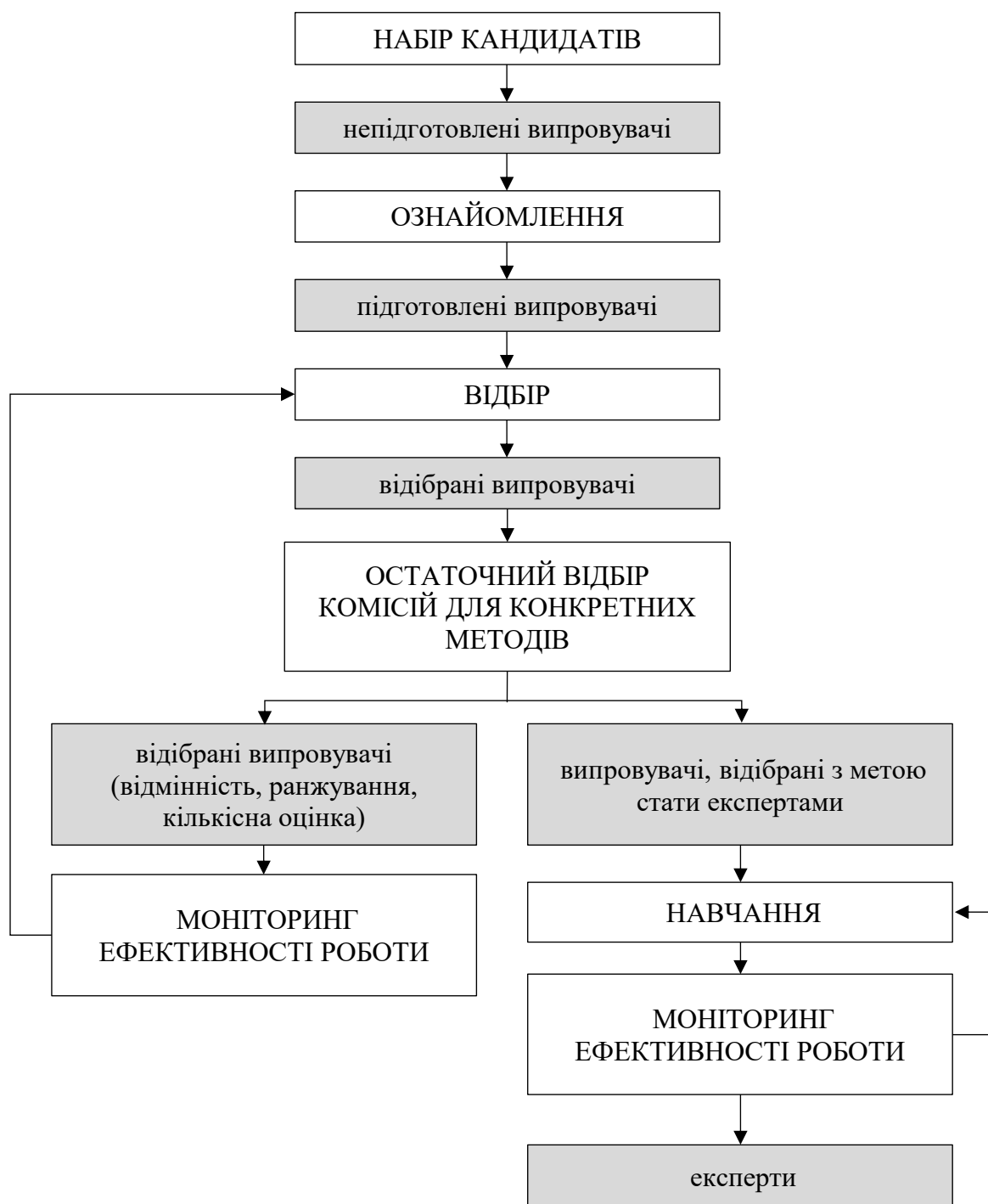


Рисунок 3. Схема процесу відбору, навчання та моніторингу відібраних випробувачів та експертів-випробувачів

Джерело: сформовано авторами за вимогами ISO 8586:2023 Sensory analysis – Selection and training of sensory assessors Access mode).

Для дослідження було обрано 5 зразків яблучного соку, які на сьогоднішній день широко представлені на споживчому ринку України. Для вказаних зразків фруктових напоїв були розроблені форми для відповідей при проведенні сенсорного аналізу за методами парного порівняння, ранжування та флейвору (Manoli et al., 2024; Tkachenko et al., 2020).

За методом парних порівнянь було проведено визначення кращого зразку яблучного соку за ароматом. У таблиці 1 наведено дегустаційну форму та приклад результату дегустацій окремого учасника.

Таблиця 1. Приклад дегустаційної карти окремого учасника та його обробки

	ТМ «Наш сік» 989	ТМ «Jaffa» 468	ТМ «Galicia» 496	ТМ «Rich» 379	ТМ «Biola» 765
ТМ «Наш сік» 265	*	265**	265	265	265
ТМ «Jaffa» 109			109	109	109
ТМ «Galicia» 980				379	980
ТМ «Rich» 111					111
ТМ «Biola» 188					
Разом	4	3	1	1	0
Ранжир	1	2	4	3	5

Примітки: *сірим кольором вказані пари дослідних зразків для порівняння; ** - шифри зразків, яким випробувач надав перевагу.

Обробка дегустаційної карти всіх дегустаторів показала, що найбільш насичений аромат був у напоїв ТМ «Наш сік».

Далі було проведено ранжування інших зразків, відповідно до якого, результати виявилися наступними: 2 місце – ТМ «Jaffa», 3 місце – ТМ «Rich», 4 місце – ТМ «Galicia», 5 місце – ТМ «Biola».

Наступним етапом для порівняння були обрані смакові властивості яблучного соку. Для того, щоб правильно оцінити смакові властивості і не перевантажити учасників дегустації було обрано один показник, який характерний для всіх фруктових соків – солодкість продукту. Сенсорний аналіз на солодкість соку було проведено за допомогою метода ранжування. При цьому методі всі зразки розташовуються у послідовності з найбільш солодкого до найменш солодкого. У таблиці 2 наведено приклад заповненої анкети.

Таблиця 2. Приклад результату дегустації окремого учасника за методом «Ранжування» та обробки із зазначенням дійсних зразків

	Найменша солодкість				Найбільша солодкість
Коди зразків	468	989	765	379	496

Розшифрування кодів зразків наведено в таблиці 3.

Таблиця 3. Відповідність дослідних зразків кодування для керівника сенсорного аналізу за методом «Ранжування»

ТМ «Наш сік»	ТМ «Jaffa»	ТМ «Galicia»	ТМ «Rich»	ТМ «Biola»
989	468	496	379	765

Результати сенсорного аналізу, за показником солодкості показав, що найбільш солодка продукція яблучного соку під ТМ «Galicia». В порядку зниження ступеню солодкості наступні зразки розташовані в такій послідовності: 2 місце – ТМ «Rich», 3 місце – ТМ «Biola», 4 місце – ТМ «Наш сік», 5 місце – ТМ «Jaffa».

Для переважної кількості споживачів яблучного соку солодкість є важливим показником, але не є безперечним лідером характеристик. Для об'єктивної комплексної оцінки в сенсорному дослідженні було застосовано метод профільного аналізу флейвор, який передбачає використання спеціально підготовлених панелей експертів, та дозволяє детально оцінити всі аспекти смаку, аромату та текстури продукту. Цей метод є широко використовуваним у харчовій промисловості для визначення та порівняння органолептичних властивостей різних продуктів (Meilgaard et al., 2016). Сутність застосування методу профілю флейвору у полягає у розкладанні сенсорного показника, на прості складові (як позитивні, так і негативні), інтенсивність яких оцінюється за 5-бальною шкалою (Lawless and Heymann, 2010).

Учасники сенсорного аналізу заповнювали анкети за методом флейвор для кожного виду напою різних торговельних марок. Для оцінки кожного показника (колір, прозорість, аромат, смак і загальне враження) використовувалась 5 бальова система із кроком оцінки 0,5 бали. Всі анкети сенсорного аналізу було оброблено і визначено середні показники для кожного виробника соку. Підрахунок середніх значень і ранжування виробників за кращими органолептичними показниками наведено в таблиці 2.

Таблиця 4. Результати оцінки та обробки органолептичних показників за методом флейвор

	ТМ «Наш сік» 989	ТМ «Jaffa» 468	ТМ «Galicia» 496	ТМ «Rich» 379	ТМ «Biola» 765
Колір	4,0	3,0	2,5	4,5	4,0
Прозорість	4,5	4,5	3,5	4,5	4,5
Аромат	5,0	4,5	3,5	4,0	3,0
Смак	4,0	4,5	5,0	4,5	3,0
Загальне враження	3,5	3,5	4,0	4,0	3,0
Середнє значення	4,2	4,0	3,7	4,3	3,5
Ранжування	2	3	4	1	5

Результати, отримані за методологією флейвор були представлені у вигляді пелюсткової діаграми для кожного зразку дослідного яблучного соку. Діаграми розташували на одній площині для наочності визначення кращого результату (Рис. 4).

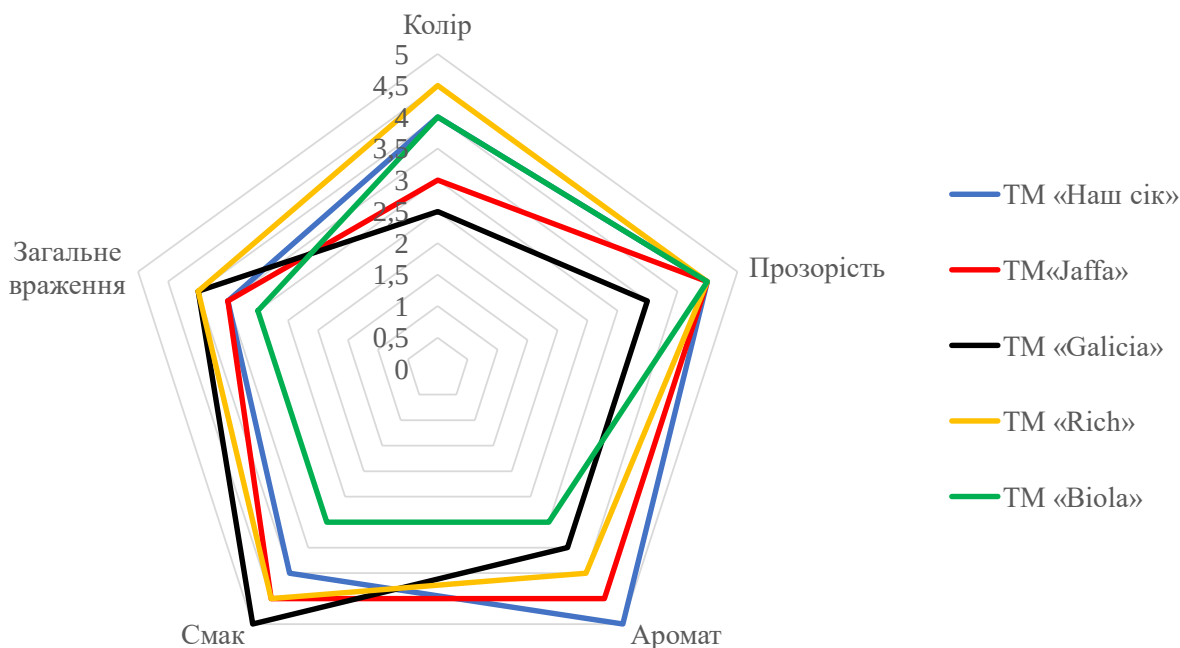


Рисунок 4. Пелюсткові діаграми для якісних характеристик яблучного соку різних виробників за методом флейвор

Як видно з Рис. 4 найменшу оцінку отримав напій ТМ «Biola», де аромат та смак складає 3 бали. А найкращі показники у соків торговельної марки «Rich», де майже всі показники отримали найвищу оцінку. Таким чином, можна зробити висновок, що органолептичний профіль фруктового напою торговельної марки «Rich» на сьогоднішній день найбільше відповідає споживчим очікуванням цільової аудиторії по показникам смаку та аромату.

Отримані результати з використанням різних методик свідчать про те, що для об'єктивного оцінювання якості фруктових напоїв потрібно використовувати комплексний підхід з використанням не однієї методики, а комплексу досліджень, оскільки орієнтація на результати одного методу може давати похибку при висновку.

Під час дослідження, нами було проведено анкетне опитування, де було включено питання про споживання сортових соків з різних сортів яблук. Усі учасники опитування відзначили, що ніколи не куштували такого соку промислового виробництва. В ході проведеного дослідження 68% учасників сенсорного аналізу проявили зацікавленість у споживанні соку з певного виду фруктів.

Проведений аналіз ситуації щодо фруктових соків на ринку України показав, що соки з певних сортів фруктів – це нове направлення, яке необхідно досліджувати. Дослідження сенсорних характеристик сортових фруктових соків є актуальним і могло б вивести на ринок нові оригінальні напої преміум-класу зі своїми специфічними органолептичними властивостями.

ВИСНОВКИ. 1. Проведений аналіз сучасного стану виробництва фруктових напоїв в Україні показав актуальність досліджень у напрямку вдосконалення технологій виробництва фруктових соків, зокрема яблучного соку, для забезпечення відповідності сучасним вимогам споживачів щодо якості та безпечності продукту.

2. У процесі досліджень випробувана методика створення групи та навчання сенсорних оцінювачів фруктових напоїв з використанням різних методів сенсорного аналізу.

Розроблений план сенсорного дослідження яблучного соку різних виробників та торговельних марок України: ТМ «Rich», ТМ «Biola», ТМ «Galicia», ТМ «Jaffa», ТМ «Наш сік» з використанням методів парного порівняння, ранжування, флейвор. Для кожного методу були розроблені анкети, та дегустаційні листи та інструкції для кожного учасника.

3. За результатами методу парного порівняння визначено, що найбільш насичений аромат має сік ТМ «Наш сік»; за результатами ранжування, були отримані наступні результати: 2 місце – ТМ «Jaffa», 3 місце – ТМ «Rich», 4 місце – ТМ «Galicia», 5 місце – ТМ «Biola».

4. За даними результатів, отриманих за методом флейвор було встановлено, що органолептичний профіль фруктового напою торговельної марки «Rich» за показниками смаку та аромату найбільше відповідає споживчим очікуванням цільової аудиторії. Найменш популярним виявився органолептичний профіль напою ТМ «Biola».

5. Додатково проведене анкетування під час сенсорного аналізу показало зацікавленість споживачів та перспективність такого напрямку у виробництві фруктових напоїв, як випуск сортових соків, виготовлених з певних сортів яблук та інших фруктів. Цей напрям вважається одним з основних для створення нових оригінальних напоїв зі своїми унікальними органолептичними властивостями.

References

Analysis of the juice market in Ukraine. (2021). Retrieved from <https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-sokov-v-ukraine-2021-god>

Angrainy, R., Fitri, L., Nova, S., Putri, M., & Khairiyah, N. (2024). Effectiveness of consuming celery leaf juice in reducing high blood pressure in elderly. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 21(3), 146-149. Retrieved from <https://mail.wjarr.com/sites/default/files/WJARR-2024-0711.pdf>

Boyko, V., Kovalenko, Yu., & Krivoruchko, V. (2016). Development trends of the Ukrainian juice market. *Accounting and finance of agriculture*.

Drozdova, V. (2016). Analysis of the external environment of the juice production industry. *Accounting and finance*.

Ghanim, H., et al. (2010). Orange juice neutralizes the proinflammatory effect of a high-fat, high-carbohydrate meal and prevents endotoxin increase and Toll-like receptor expression. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 91(4), 940-949. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2009.28584>

ISO 8586:2023 Sensory analysis – Selection and training of sensory assessors Access mode. Retrieved from <https://www.iso.org/standard/76667.html>.

Kaur, C., & Kapoor, H.C. (2001). Antioxidants in fruits and vegetables: The millennium's health. *International Journal of Food Science and Technology*, 36(7), 703-725. Retrieved from <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2621.2001.00513.x>.

Kudryk, M., & Steblina, K. (2011). Study of juices with pulp. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*.

Lawless, H. T., & Heymann, H. (2010). *Sensory evaluation of food: principles and practices*. Springer Science & Business Media.

Manoli, T. A., Kameneva, N. V., Vasylyk, O. V., & Barysheva, Y. O. (2024). Modern methods of sensory analysis. *Odessa National Technological University*.

Market of juices, smoothies and fruit puree in Ukraine: current situation. (b. d.). Market analysis. Retrieved from <https://pro-consulting.ua/ua/pressroom/rynok-sokov-smuzi-i-fruktovo-go-pyure-v-ukraine-tekushaya-situaciya>

Meilgaard, M. C., Civille, G. V., & Carr, B. T. (2016). *Sensory Evaluation Techniques*. 5th Edition. CRC Press

Melnyk, I. (b. d.). Development trends of the Ukrainian juice market. Accounting and finance of agriculture: an educational portal. Retrieved from <https://magazine.faaf.org.ua/tendencii-rozvitku-ukrainskogo-rinku-sokiv.html>

New technology juices up the food industry. (b. d.). Latest breaking news available as free video on demand | Euronews. Retrieved from <https://www.euronews.com/next/2018/02/05/new-technology-juices-up-the-food-industry>

Novikova, N. V., & Protsenko, G. Y. (2024). Analysis of raw materials and development of apple jam with the addition of hazelnuts, cinnamon and lemon peel. *Tavriyskyi naukovi vestnik. Series: Technical Sciences*, (2), 154-160.

O. B. Tkachenko, N. V. Kameneva, & T.A. Manoli (Eds). (2020). Basics of sensory analysis of food products. Odesa: Helvetica. Retrieved from <https://card-file.ontu.edu.ua/items/1a13fd8a-c435-4104-ab5a-eca91a4fc44d>

Prior, R.L., Wu, X., & Schaich, K. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(10), 4290-4302. Retrieved from <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf0502698>

Sagaidak, I. S., & Kachur, I. V. (2023). Instrumental research methods and sensory analysis. State Tax University.

Storozhenko, D. S., Pinkevych, V. O., Novosel, O. M., & Novosel, E. N. (2018). Organic acids of domestic apple tree leaves of Williams Pride variety.

Technical standardization committee "Juices and juice-containing products" (TC 154). (b. d.). Canned food juices and juice products cocktails. General specifications (DSTU 8074:2015).

V. Neveu, J. Perez-Jiménez, F. Vos, V. Crespy, L. du Chaffaut, L. Mennen, C. Knox, R. Eisner, J. Cruz, D. Wishart, A. Scalbert, Phenol-Explorer: an online comprehensive database on polyphenol contents in foods, Database, Volume 2010, 2010, bap024, <https://doi.org/10.1093/database/bap024>

Vats, S., Kaushal, M., Vaidya, D., & Gupta, A. (2024). Stability of Sugarcane Juice with Blanching and Acidification: Biochemical Analysis, Sensory Evaluation and Storage Studies. *Sugar Tech*, 26(3), 657-667.

Vikul, S. I., Zhitkevich, A. O., & Kornetsova, K. P. (2020). 140242 Composition of ingredients for the preparation of green smoothie. Retrieved from [content \(ontu.edu.ua\)](https://content.ontu.edu.ua).

Отримано в редакцію 29.07.2024 р., прийнято до публікації 12.08.2024 р.