

ISSN 2522-1221 (Print)
ISSN 2522-123X (Online)

ВІСНИК

ЛЬВІВСЬКОГО ТОРГОВЕЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Збірник наукових праць

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

ВИПУСК 45

ЛЬВІВ
ВИДАВНИЦТВО ЛЬВІВСЬКОГО
ТОРГОВЕЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
2026

Вісник Львівського торговельно-економічного університету / [ред. кол.: Пелик Л.В., Мережко Н.В., Донцова І.В. та ін.]. – Львів : Видавництво Львівського торговельно-економічного університету, 2026. – Вип. 45. – 112 с. – (Технічні науки).

Збірник наукових праць

Випуск 45

Вісник Львівської комерційної академії. Серія товарознавча перейменовано у Вісник Львівського торговельно-економічного університету. Технічні науки.

Згідно наказу МОН України № 409 (Додаток 1) від 17.03.2020 Вісник включено до Переліку наукових фахових видань України категорії "Б", спеціальності: G8 – Матеріалознавство; G13 – Харчові технології; G15 – Технології легкої промисловості.

Реєстрація суб'єкта у сфері друкованих медіа: Рішення Національної ради України з питань телебачення і радіомовлення № 2512 від 08.08.2024 року. Ідентифікатор медіа: R30-04401.

Суб'єкт у сфері друкованих медіа – Львівський торговельно-економічний університет (вул. Туган-Барановського, буд. 10, м. Львів, 79005, lute@lute.lviv.ua, тел. (032) 275-65-50).

Періодичність: 4 рази на рік.

Мова видання: українська, англійська, польська.

Друкується за ухвалою Вченої ради Львівського торговельно-економічного університету. Протокол засідання Ради № 11 від 30 квітня 2026 року.

Редакційна колегія:

Сарібскова Юлія Георгіївна, доктор технічних наук, професор, головний науковий співробітник науково-дослідного сектору, Херсонський національний технічний університет, Україна (головний редактор)

Бодак Михайло Петрович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри товарознавства, митної справи та управління якістю, Львівський торговельно-економічний університет, Україна

Василечко Володимир Орестович, кандидат хімічних наук, доцент, старший науковий співробітник, професор кафедри харчових технологій, Львівський торговельно-економічний університет, Україна

Галавська Людмила Євгеніївна, доктор технічних наук, професор, начальник науково-дослідної частини, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна

Мережко Ніна Василівна, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри товарознавства та митної справи, Державний торговельно-економічний університет, Україна

Микитин Олег Зеновійович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри зовнішньоекономічної та митної діяльності, Національний університет «Львівська політехніка», Україна

Миколайчик Збігнєв, доктор габлітований, завідувач кафедри трикотажних технологій та текстильних машин, Лодзька Політехніка, Польща

Новосад Зоряна Гориславівна, кандидат фізико-математичних наук, доцент, завідувач кафедри комп'ютерних наук, прикладної та вищої математики, Львівський торговельно-економічний університет, Україна

Ткаченко Аліна Сергіївна, доктор технічних наук, доцент, професор кафедри товарознавства, біотехнології, експертизи та митної справи, директор Навчально-наукового інституту денної освіти, Полтавський університет економіки і торгівлі, Україна

Хазяпару Віолета, доктор філософії, доцент, декан факультету економіки, права та адміністративних наук, Університет Джордж Баковія, Румунія

Відповідальний за випуск – д.е.н., проф. Семак Б. Б.

Видання індексується у наукометричних базах:

Ulrich's Periodicals, Index Copernicus, Google Scholar, World Cat

Статті у виданні перевірені на наявність плагіату за допомогою програмного забезпечення StrikePlagiarism.com від польської компанії Plagiat.pl.

DOI: 10.36477/2522-1221

DOI: 10.36477/2522-1221-2026-45

Електронна версія: <http://journals-lute.lviv.ua/index.php/visnyk-tech>



ЗМІСТ

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ НАУКОВОГО ТА ПРАКТИЧНОГО МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА

Єча Р. В., Новік Г. В., Савченко А. М., Фарісеєв А. Г.

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ УКРАЇНИ
В УМОВАХ ВОСННИХ ВИКЛИКІВ.....7

Захаров А. В., Рибалко І. М., Тіхонов О. В., Сайчук О. В.

ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ РОБОЧИХ ОРГАНІВ
ҐРУНТООБРОБНОЇ ТЕХНІКИ ШЛЯХОМ ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДУ
ПОРОШКОВИХ ДРОТІВ ДЛЯ ЕЛЕКТРОШЛАКОВОГО НАПЛАВЛЕННЯ.....14

Михайловська О. В., Усанов М. О.

ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБАВОК ТЕХНОГЕННОГО ПОХОДЖЕННЯ НА МІЦНІСНІ
ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТОВИХ ОСНОВ І ФУНДАМЕНТІВ З ҐРУНТОЦЕМЕНТУ..... 27

Юрченко Ю. В., Сіора О. В., Соколовський М. В., Бернацький А. В.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ЛАЗЕРНОГО ЗВАРЮВАННЯ
НА МІКРОТВЕРДІСТЬ СТИКОВИХ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ
КОРОЗІЙНОСТІЙКОЇ СТАЛІ AISI 304..... 33

СУЧАСНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

Голембовська Н. В., Баль-Прилипка Л. В.

ВПЛИВ НЕТРАДИЦІЙНОЇ СИРОВИНИ
НА СЕНСОРНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РИБНИХ ПАШТЕТІВ..... 41

Карачов В. В., Болгова Н. В.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВІТАМІНІЗОВАНОГО НАПОЮ ШВИДКОГО
ПРИГОТУВАННЯ..... 51

Пасічний В. М., Єпішкін С. С.

РОЗРОБЛЕННЯ РЕЦЕПТУРИ ТЕКСТУРОФОРМУЮЧОЇ ХАРЧОВОЇ КОМПОЗИЦІЇ
З ВИКОРИСТАННЯМ ТРАНСГЛЮТАМІНАЗИ ДЛЯ ВАРЕНИХ
КОВБАСНИХ ВИРОБІВ..... 56

Рогова А. Л., Чоні І. В.

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ СТВОРЕННЯ БЕЗГЛЮТЕНОВИХ СОУСІВ
ДЛЯ РЕСТОРАННОГО ВИРОБНИЦТВА..... 63

Синенко Т. П., Шамкало С. І.

РОЗРОБКА ТА ОЦІНКА ЯКОСТІ БЕЗГЛЮТЕНОВИХ МАКАРОННИХ ВИРОБІВ
З ДОДАВАННЯМ ПОРОШКУ MORINGA OLEIFERA
ЯК ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ІНГРЕДІЄНТА..... 70

Черемська Т. В., Колеснікова М. Б., Семененко В. С.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПАШТЕТУ ПЕЧІНКОВОГО ШЛЯХОМ
ВИКОРИСТАННЯ ШРОТУ ВИСОКООЛЕЇНОВОГО СОНЯШНИКУ.....80

Шевчук Н. П.

ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ ПРИГОТУВАННЯ ФАРШУ
ВАРЕНИХ КОВБАС..... 87

**ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ СИСТЕМИ
РЕГУЛЮВАННЯ ЯКОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ**

Лозова Т. М.

НАУКОВІ ТОВАРОЗНАВЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІН ЯКОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ
У ПРОЦЕСІ ЗБЕРІГАННЯ..... 94

**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ЕКСПЕРТИЗИ,
РЕГУЛЮВАННЯ ТА БЕЗПЕКИ ГОСПОДАРСЬКИХ СИСТЕМ**

Попович Н. І., Яровий О. Д., Лопищук І. А.

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ СУДОВОЇ ТОВАРОЗНАВЧОЇ ЕКСПЕРТИЗИ:
ТЕОРЕТИЧНІ ПІДХОДИ ТА ПРАКТИЧНІ РІШЕННЯ.....102

CONTENTS

TOPICAL ISSUES OF SCIENTIFIC

AND PRACTICAL MATERIALS SCIENCE

Yecha R. V., Novik A. V., Savchenko A. M., Farisieiev A. H.

DEVELOPMENT PROSPECTS OF UKRAINE'S CONSTRUCTION MATERIALS INDUSTRY UNDER WARTIME CHALLENGES.....7

Zakharov A. V., Rybalko I. M., Tihonov O. V., Saychuk O. V.

INCREASING THE RESOURCE OF WORKING PARTS OF SOIL CULTIVATION EQUIPMENT BY OPTIMIZING THE COMPOSITION OF POWDER WIRES FOR ELECTROSLAG SURFACING.....14

Mykhailovska O. V., Usanov M. O.

INFLUENCE OF MINERAL ADDITIVES OF TECHNOGENIC ORIGIN ON THE STRENGTH PROPERTIES OF SOIL BASES AND SOIL-CEMENT FOUNDATIONS.....27

Yurchenko Yu. V., Siora O. V., Sokolovskiy M. V., Bernatskyi A. V.

STUDY OF THE INFLUENCE OF LASER WELDING PARAMETERS ON THE MICROHARDNESS OF BUTT WELDED JOINTS OF STAINLESS STEEL AISI 304.....33

MODERN DIRECTIONS FOR THE DEVELOPMENT OF FOOD TECHNOLOGY

Holembovska N. V., Bal-Prylypko L. V.

INFLUENCE OF NON-TRADITIONAL RAW MATERIALS ON THE SENSORY CHARACTERISTICS OF FISH PATES.....41

Karachov V. V., Bolhova N. V.

IMPROVEMENT OF QUICK-CARE VITAMINIZED DRINK TECHNOLOGY.....51

Pasichnyi B. M., Iepishkin S. S.

DEVELOPMENT OF A TEXTURE-FORMING FOOD COMPOSITION FORMULATION USING TRANSGLUTAMINASE FOR COOKED SAUSAGE PRODUCTS.....56

Rohova A. L., Choni I. V.

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF CREATING GLUTEN-FREE SAUCES FOR RESTAURANT PRODUCTION.....63

Sylenko T. P., Shamkalo S. I.

DEVELOPMENT AND QUALITY EVALUATION OF GLUTEN-FREE PASTA PRODUCTS WITH THE ADDITION OF MORINGA OLEIFERA POWDER AS A FUNCTIONAL INGREDIENT.....70

Cheremska T. V., Kolesnikova M. B., Semenenko V. S.

IMPROVEMENT OF LIVER PÂTÉ TECHNOLOGY THROUGH THE USE OF HIGH-OLEIC SUNFLOWER MEAL.....80

Shevchuk N. P.

JUSTIFICATION OF THE TECHNOLOGICAL MODES OF PREPARATION OF MINCED MEAT FOR BOILED SAUSAGES.....87

**CHALLENGES AND PROSPECTS
OF THE SYSTEM OF FOOD QUALITY CONTROL**

Lozova T. M.

SCIENTIFIC COMMODITY RESEARCH ON CHANGES
IN THE QUALITY OF FOOD PRODUCTS DURING STORAGE..... 94

**MODERN CHALLENGES OF EXPERT EXAMINATION,
REGULATION AND SECURITY OF ECONOMIC SYSTEMS**

Popovych N. I., Yarovyi O. D., Lopashchuk I. A.

CURRENT PROBLEMS OF FORENSIC COMMODITY EXPERTISE: THEORETICAL
APPROACHES AND PRACTICAL SOLUTIONS.....102

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ НАУКОВОГО ТА ПРАКТИЧНОГО МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА

УДК 691:69(477):355.01

Єча Р. В.,

*reginaecha2015@gmail.com, ORCID ID: 0009-0002-3787-9373,
студентка IV курсу кафедри харчових технологій,
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, м. Дніпро*

Новік Г. В.,

*anna.povik.82@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-4045-4878,
к.т.н., доцент кафедри харчових технологій,
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, м. Дніпро*

Савченко А. М.,

*savkalka3@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-2649-8412,
асистент кафедри харчових технологій,
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, м. Дніпро*

Фарісеєв А. Г.,

*fara51289@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5599-3017,
к.т.н., доцент, доцент кафедри харчових технологій,
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, м. Дніпро*

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВОЄННИХ ВИКЛИКІВ

***Анотація.** У статті розглянуто та проаналізовано сучасний стан виробництва будівельних матеріалів в Україні в умовах воєнних викликів та трансформаційних економічних процесів. Досліджено динаміку розвитку галузі у довоєнний період, коли будівельна індустрія демонструвала стабільне зростання, нарощування обсягів виробництва та зміцнення конкурентних позицій порівняно з імпортною продукцією. На основі статистичних даних охарактеризовано ключові підгалузі ринку, зокрема виробництво цементу, бетону, металевих виробів, теплоізоляційних матеріалів, полімерної продукції, деревних та керамічних матеріалів.*

Особливу увагу приділено наслідкам повномасштабного вторгнення, яке спричинило руйнування логістичних ланцюгів, втрату виробничих потужностей, дефіцит енергоресурсів та зниження платоспроможного попиту. Визначено, що, незважаючи на суттєві труднощі, більшість вітчизняних виробників зберегли операційну діяльність, адаптували виробничі процеси до нових умов та намагаються мінімізувати кризові явища без втрати якості продукції. Проаналізовано структуру ринку та рівень його концентрації, що дозволяє оцінити потенціал галузі щодо забезпечення внутрішнього попиту в умовах післявоєнної відбудови.

Встановлено, що найбільш проблемною підгалуззю залишається виробництво листового скла через відсутність достатньої кількості спеціалізованих підприємств та залежність від імпортних поставок. Обґрунтовано необхідність реалізації інвестиційних проєктів зі створення нових виробничих потужностей як стратегічного напрямку зміцнення економічної безпеки держави. Окреслено ризики потенційного дефіциту окремих видів продукції у період масштабної реконструкції країни, зокрема цементу, бетону, ПВХ-профілю та мінераловатних утеплювачів, попит на які суттєво зростає після завершення воєнних дій.

У роботі також акцентовано увагу на можливостях використання принципів циркулярної економіки та міжнародного досвіду переробки будівельних відходів з метою часткового покриття потреб у матеріалах. Підкреслено, що розвиток внутрішнього виробництва, модернізація підприємств, впровадження інноваційних технологій та ефективна державна підтримка є ключовими чинниками забезпечення стійкості будівельної галузі. Зроблено висновок, що вітчизняна індустрія будівельних

матеріалів, попри складні умови функціонування, зберігає значний потенціал до відновлення та здатна стати фундаментом економічного зростання й повосної реконструкції України.

Ключові слова: будівництво, матеріали, відбудова, перспектива, виробництво.

Yecha R. V.,
reginaechea2015@gmail.com, ORCID ID: 0009-0002-3787-9373,
4th-year student, Department of Food Technology, Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro

Novik A. V.,
anna.novik.82@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-4045-4878,
PhD. in Tech., Associate Professor, Department of Food Technology, Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro

Savchenko A. M.,
savkalka3@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-2649-8412,
Assistant, Department of Food Technology, Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro

Farisieiev A. H.,
fara51289@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5599-3017
PhD. in Tech., Associate Professor, Department of Food Technology, Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro

DEVELOPMENT PROSPECTS OF UKRAINE'S CONSTRUCTION MATERIALS INDUSTRY UNDER WARTIME CHALLENGES

Abstract. *The article examines and analyzes the current state of construction materials production in Ukraine under conditions of wartime challenges and transformational economic processes. The study explores the dynamics of the industry's development in the pre-war period, when the construction sector demonstrated steady growth, increasing production volumes, and strengthening competitive positions compared to imported products. Based on statistical data, the key subsectors of the market are characterized, including the production of cement, concrete, metal products, thermal insulation materials, polymer products, as well as wood-based and ceramic materials.*

Particular attention is paid to the consequences of the full-scale invasion, which resulted in the disruption of logistics chains, loss of production capacities, energy shortages, and a decline in effective demand. It is determined that, despite significant difficulties, the majority of domestic manufacturers have maintained operational activity, adapted production processes to new conditions, and sought to minimize crisis phenomena without compromising product quality. The structure of the market and its level of concentration are analyzed, enabling an assessment of the industry's capacity to meet domestic demand in the context of post-war reconstruction.

The study identifies flat glass production as the most problematic subsector due to the insufficient number of specialized enterprises and dependence on imports. The necessity of implementing investment projects aimed at establishing new production facilities is substantiated as a strategic direction for strengthening the state's economic security. The risks of potential shortages in certain product categories during the period of large-scale reconstruction are outlined, particularly cement, concrete, PVC profiles, and mineral wool insulation materials, demand for which is expected to increase significantly after the end of hostilities.

The paper also emphasizes the potential of applying circular economy principles and international experience in construction waste recycling to partially address material shortages. It is argued that the development of domestic production, modernization of enterprises, implementation of innovative technologies, and effective state support constitute key factors in ensuring the resilience of the construction industry. The study concludes that, despite the extremely challenging operating environment, Ukraine's construction materials industry retains substantial recovery potential and is capable of becoming a fundamental driver of economic growth and post-war reconstruction.

Key words: construction, materials, reconstruction, perspective, production.

JEL Classification: L61, L16, R31

DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2026-45-01>

Постановка проблеми. Будівництво є однією з базових галузей економіки, що безпосередньо впливає на розвиток промисловості, транспортної інфраструктури, житлового сектору та соціальної сфери. Для уникнення кризи та занепаду будівельної індустрії необхідно приділяти значну увагу виробництву промислових будівельних матеріалів, де у нинішній час значну частину займають виробництво цементу, збірного залізобетону та наповнювачів для бетону [1]. Повномасштабна агресія проти України спричинила глибоку рецесію у виробничому та торговельному секторах, руйнування логістичних ланцюгів, втрату фізичних активів і зміну структури споживчого попиту. Замість стратегій масштабування, підприємства зосередилися на збереженні залишків потенціалу та адаптації до нових реалій [2]. За оцінками Світового банку, сукупні потреби у відновленні України станом на початок 2024 року перевищують 480 млрд дол. США, причому значна частина витрат припадає на житлову та виробничу інфраструктуру [3]. За результатами оцінки RDNA4, загальна потреба України у відновленні після пошкоджень до кінця 2024 року оцінюється у понад \$524 млрд дол. США [3], що формує безпрецедентний попит на будівельні матеріали.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед науковців, що працювали над питанням стану промисловості будівельних матеріалів виділяють І. В. Білецького, В. І. Борейко, В. І. Воськало, Л. В. Григор'єва, Г. Дорошенко, П. Микитюк, А. Касич [1]. Ці вчені приділяли значну увагу стратегії розвитку будівельної індустрії, стану та перспективам розвитку індустрії виробництва будівельних матеріалів. Ці напрями з урахуванням викликів сьогодення, воєнного стану в Україні супроводжуються структурними та непередбачуваними змінами.

Як зазначає у своїй статті С. М. Трофімчук «сучасне виробництво будівельних матеріалів – це комплексна індустрія, яка нараховує більше двадцяти самостійних підгалузей, що утворює свій самостійний ринок» [1].

Дослідження адаптаційного потенціалу операторів ринку будівельних матеріалів України та систематизація чинників, що визначають вектор розвитку галузі в реаліях повномасштабного вторгнення, зумовлюють необхідність оцінки рівня конкуренції, яка посилилася внаслідок порушення логістичних ланцюгів постачання будівельної продукції та просторової трансформації попиту на об'єкти будівництва, спричиненої

безпековими факторами, що, своєю чергою, актуалізує дослідження структурних характеристик ринку будівельних матеріалів в Україні [4].

Міжнародні дослідження також підтверджують необхідність структурної модернізації української економіки. ОЕСД зазначає, що війна спричинила глибоку регіональну трансформацію виробничої активності та потребує нових інвестиційних механізмів відновлення [5]. У межах стратегії “Recovery and reconstruction of Ukraine” Європейська Комісія висвітлює ключові підходи до відбудови та підтримки України, визначає стратегічний напрям економічної стійкості – розвиток локального виробництва будівельних матеріалів [6].

Постановка завдання. Метою даної роботи є дослідження актуального стану та оцінка перспективних напрямків розвитку ринку будівельних матеріалів в Україні.

Виклад основного матеріалу дослідження. У матеріалах Київської школи економіки, зокрема в аналітичній праці «Структурні зміни та виклики в будівельній індустрії України: аналіз та прогнози» [7], представлено ґрунтовний огляд поточної ситуації на вітчизняному ринку будматеріалів із видокремленням його ключових характеристик та детермінант впливу. Слід зазначити, що і у цьому огляді, й у багатьох аналогічних роботах, окрема увага приділяється довоєнному стану галузі, впливу на неї подій, що відбуваються у державі через напад країни – агресора, та планами відбудови у повоєнні часи.

До початку повномасштабної агресії у 2022-му вітчизняна будівельна індустрія демонструвала впевнену висхідну траєкторію та мала значні резерви для масштабування. Офіційні звіти Держстату підтверджують, що за підсумками 2021 року вартість реалізованих проєктів наблизилася до позначки у 202 млрд грн. Це свідчило про реальне розширення ринку на 10,4 % порівняно з результатами попереднього сезону [7].

Оцінка стану ринку основних видів будівельних матеріалів, виконаний “Pro Consulting” за даними Державної служби статистики України, наведена в таблиці 1.

Вітчизняна індустрія цементу представлена підприємствами, чия конкурентоспроможність ґрунтується на чіткій спеціалізації. Промисловий потенціал ПрАТ «Кривий Ріг Цемент» дозволяє компанії забезпечувати великі обсяги поставок широкого спектру цементних сумішей. Паралельно з цим, ПрАТ «Івано-Франківськцемент»

Таблиця 1

Ринок будівельних матеріалів в Україні

Обсяг реалізації, млрд грн	2023	2024	6/2024	6/2025	2024/2025, %
Металеві вироби	14,4	17,2	7,5	9,1	22,4
Стінові матеріали	7,4	8,0	4,0	4,3	7,6
Скло	3,8	3,8	2,0	1,9	-5,0
Цемент	22,2	27,0	12,3	15,7	28,1
Теплоізоляція	7,0	8,8	3,9	4,4	11,8

* Джерело: Державна служба статистики України; оцінка Pro-Consulting

демонструє високий рівень диверсифікації портфеля, володіючи унікальною нішею – монопольним виробництвом покрівельного шиферу без вмісту азбесту, що виділяє підприємство серед конкурентів.

Компанія SEMARK активно впроваджує інвестиційні програми з модернізації виробництва та розширення діяльності, зокрема у сфері виготовлення бетону й залізобетонних виробів.

ПрАТ «Дікергофф Цемент Україна» спеціалізується на випуску спеціальних марок цементу та цементу для житлового будівництва [7].

Ринок бетонних матеріалів в Україні відзначається динамічним розвитком і високим рівнем конкурентоспроможності, що зумовлено широкою номенклатурою продукції та значним територіальним охопленням.

Зміна обсягу виробництва та споживання бетонних сумішей в Україні за період 2018–2024 років наведена на рисунку 1.

Провідні учасники ринку, зокрема Асоціація «Промислово-будівельна група Ковальська» та ТОВ «Гранд Бетон», володіють потужною виробничою базою й формують стабільний попит

завдяки різноманітному асортименту та сучасному технологічному оснащенню.

Водночас спеціалізовані підприємства, такі як ПП «Смерека», завдяки гнучкості виробництва та варіативності продукції, ефективно задовольняють потреби окремих сегментів ринку. У цілому ринок характеризується високою інтенсивністю конкуренції, що стимулює безперервне вдосконалення виробничих процесів і розширення асортименту, забезпечуючи його стійкий розвиток та адаптацію до потреб будівельної галузі [7].

Ринок керамічних матеріалів України вирізняється значним потенціалом розвитку, завдяки таким виробникам, як ТОВ «Керамейя», ПрАТ «Роздільський керамічний завод», Дніпровський завод будівельних матеріалів.

Різноманітність асортименту та наявність суттєвого експортного потенціалу свідчать про конкурентоспроможність вітчизняних виробників на міжнародному ринку.

Фундаментом для забезпечення довгострокової стабільності керамічного виробництва в Україні виступає наявність автономних ресурсних потужностей, що наочно демонструє кейс Березанського

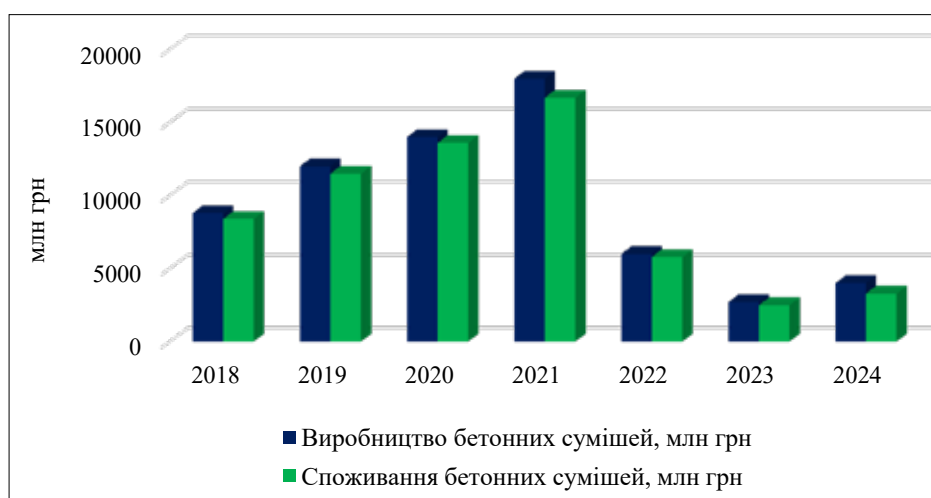


Рис. 1. Виробництво та споживання бетонних сумішей у 2018–2024 роках в Україні [1]

* Джерело: складено іншим автором [1]

заводу «Керамік». Саме інтенсивне суперництво між гравцями ринку виступає каталізатором технологічного оновлення та покращення властивостей товарів, що дозволяє вітчизняним виробникам ефективно інтегруватися у світовий економічний простір. Водночас системні капіталовкладення в індустріальні новації та активна експансія на зовнішні торговельні майданчики залишаються критично важливими детермінантами успішної трансформації галузі [7].

Такі підприємства, як група «Ковальська», «БЕТОНЕНЕРГО», ТДВ «Хмельницькзалізобетон», Березовицький комбінат, Білоцерківський завод забезпечують широкий спектр продукції, включно з панелями, плитами перекриття та стіновими елементами, реалізують сучасні технологічні рішення задля інтенсифікації виробничих процесів та впровадження механізмів раціонального управління ресурсними затратами [7].

Дослідження ринку полімерних матеріалів в Україні свідчить про його стабільне зростання, зумовлене підвищенням споживчого попиту. Серед основних чинників такого розвитку – екологічна безпечність полімерних матеріалів, зокрема їх придатність для використання в системах питного водопостачання, що сприяє розширенню сфери застосування як у промисловому, так і в житловому будівництві. Невелика маса полімерних виробів спрощує процеси транспортування та монтажу, що додатково стимулює їх активне впровадження в різних галузях.

Провідні учасники ринку, зокрема Global Engineering, Українська Полімерна Компанія (УПК), Gamaplast Ukraine та Metalplast, зміцнюють свої конкурентні позиції шляхом гармонійного поєднання преміальних характеристик продукту з активним впровадженням наукомістких розробок та формуванням цілісної екосистеми сервісного обслуговування споживачів [7].

Приблизно 14 підприємств забезпечують виробництво 100 тис. тонн ПВХ-профілю на рік. Ринок характеризується високим рівнем концентрації: три провідні виробники забезпечують близько 80 % загального обсягу виробництва. Інші компанії, зокрема «Еліт-Пласт», «Віал-пласт», «Алюпласт» та інші, належать до сегмента малих виробників і формують решту 20 % ринку. Вони орієнтовані на задоволення специфічних запитів споживачів та обслуговування локальних ринків, що сприяє розширенню асортименту й забезпеченню доступності ПВХ-профілю на всій території України [7].

На сьогодні вітчизняна індустрія мінераловатних утеплювачів представлена дев'ятьма виробничими майданчиками, чий сукупний потенціал сягає позначки у 35 млн м² готової продукції щороку. Ринковий ландшафт відзначається надвисокою концентрацією капіталу: ключову роль відіграють черкаський завод «Техно» (структурний підрозділ чеської групи Sweetondale) та житомирське ТОВ «Обіо». Саме ці два гіганти акумулюють у своїх руках понад 90 % загальнодержавного випуску мінеральної вати. Решта ринкової частки розподілена між групою менших підприємств, серед яких «Кнауф Інсулейшн Україна», «Ізоват», «Сен-Гобен Ізвер» та інші (зокрема «Термолайф», «Ековата»). Попри відносно невеликі обсяги, ці суб'єкти забезпечують необхідну ринкову диверсифікацію, закривають локальні потреби регіонів та пропонують споживачам ширшу лінійку альтернативної теплоізоляції [7].

Ринок деревних матеріалів в Україні характеризується динамічним розвитком, що значною мірою зумовлено діяльністю великих міжнародних компаній, зокрема SWISS KRONO Україна, Kronospan, Fundermax Україна та групи EGGER, Kastamonu Україна, які володіють потужною виробничою базою та активно інвестують у покращення виробництва [7].

Результати експертного аудиту «Локалізація відновлення в Україні», проведеного зусиллями ДП «Укрпромзовнішекспертиза» та ГО «Інститут Міжнародних Економічних Досліджень» (за сприяння USAID), підсвітили критичну проблему: повну відсутність у країні потужностей із випуску листового скла. Окрім цієї стратегічної прогалини, виявлено невідповідність наявного виробничого потенціалу майбутнім запитам ринку в чотирьох ключових категоріях: цемент, бетон, ПВХ-профілі та мінераловатні утеплювачі. Прогнозований обсяг попиту під час масштабної відбудови суттєво перевищує поточні можливості вітчизняних заводів.

Таким чином, експертні оцінки підтверджують, що вітчизняний комплекс будматеріалів здатен забезпечити до 90 % внутрішнього попиту, за умови стабільного енергоживлення. Критичною точкою залишається дефіцит листового скла, необхідного для скління величезних площ пошкоджених будівель. Проте галузь демонструє динаміку: на стадії реалізації вже перебувають інвестиційні проекти зі зведення заводів із випуску скла, сухих сумішей та автоклавного газобетону [7].

З урахуванням дефіциту матеріалів та масштабів руйнувань у країні, увага також буде приділятися можливості відновлення й використання матеріалів зі зруйнованих споруд, де у нагоді також стане й міжнародний досвід.

Багато держав приділяють увагу повторному використанню та переробці будівельного сміття.

Практика поводження з демонтованими матеріалами в країнах ЄС свідчить про високу ефективність моделей циркулярної економіки. Безумовним лідером є Нідерланди, де рівень ретилізації сягає 90 %, за ними йдуть Бельгія (87 %) та Данія (81 %). Дещо нижчі, проте значні показники демонструють Велика Британія (45 %), Фінляндія (43 %) та Австрія (41 %). Успіх цих держав базується на створенні такого нормативно-правового поля, де промислова переробка будівельного брухту є фінансово привабливішою порівняно з витратним депонуванням на полігонах.

Варто зауважити, що ідеї вторинного використання ресурсів мають глибоке історичне коріння. Зокрема, у повоєнній Польщі залишки зруйнованої Варшави не утилізували як сміття, а перетворили на цінний ресурс для відновлення міста. Будівельні завали використали для формування ландшафтних пагорбів та гідротехнічного укріплення берегової лінії Вісли в районі залізничного вузла «Варшава Гданська».

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Повномасштабна війна спричинила різку ерозію попиту на продукцію будівельного призначення, змусивши ринок адаптуватися до екстремальних умов. На тлі загальної стагнації видокремлюються нові зони зростання. Центр споживчої активності змістився у відносно безпечні регіони України, де внутрішня міграція стимулює зведення нового житла та соціальних об'єктів.

Водночас основою стабілізації галузі залишається сектор відновлення. Державні та приватні ініціативи з реконструкції зруйнованих потужностей, що спираються на солідну іноземну фінансову підтримку, поступово стають головним джерелом замовлень для виробників будматеріалів.

Значна частка таких проектів здійснюється за кошти донатів, що сприяє оперативному виконанню робіт, водночас знижуючи передбачуваність фінансового забезпечення.

Сьогодні будівельний сектор України виступає не просто галуззю економіки, а ключовим

фундаментом для відновлення зруйнованого війною житлового простору та об'єктів критичного значення. У реаліях безпрецедентних викликів особливої ваги набувають інноваційні технологічні рішення. Мова йде про впровадження інтегрованих підходів, що охоплюють повний життєвий цикл об'єктів – від прогресивного BIM-проектування та енергоефективного зведення до предиктивного управління та експлуатації нерухомості будь-якого призначення.


Вектор подальшого поступу та темпи відродження галузі залишаються прямою похідною від тривалості воєнних дій, масштабів завданих збитків та ефективності майбутньої деокупації територій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Трофімчук С. М. Оцінка стану та прогнози структурних змін в індустрії виробництва будівельних матеріалів України. *Modern Economics*. 2025. № 51. С. 225–234. DOI: [https://doi.org/10.31521/modecon.V51\(2025\)-30](https://doi.org/10.31521/modecon.V51(2025)-30)
2. Голюк В. Я., Нерянова, І. В. Сучасний стан і перспективи розвитку українського ринку будівельних матеріалів. *Економіка та суспільство*. 2024. № 68. DOI: [10.32782/2524-0072/2024-68-70](https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-68-70)
3. World Bank, Government of Ukraine, European Union, United Nations. *Ukraine Fourth Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA4)*, February 2022 – December 2024. World Bank Group, 2025. URL: <https://hdl.handle.net/10986/42908> (дата звернення: 30.01.2026).
4. Шандрівська О. Є., Кулик А. О. Аналіз ринку будівельних матеріалів в контексті економічної нестабільності. *Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення та проблеми розвитку*. 2025. № 1 (13). С. 256–274. DOI: <https://doi.org/10.23939/smeu2025.01.256>
5. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). *OECD Economic Surveys: Ukraine 2025*. OECD Publishing, Paris, 2025. URL: <https://doi.org/10.1787/940cee85-en> (дата звернення: 30.01.2026).
6. European Commission. *Recovery and reconstruction of Ukraine*. European Commission, 2024. URL: https://commission.europa.eu/topics/eu-solidarity-ukraine/eu-assistance-ukraine/recovery-and-reconstruction-ukraine_en (дата звернення: 30.01.2026).
7. Структурні зміни та виклики в будівельній індустрії України: аналіз та прогнози : аналітичний звіт / Київська школа економіки ; Європейська бізнес асоціація. Київ, 2024. 111 с.

REFERENCES

1. Trofimchuk S. M. Otsinka stanu ta prohnozy strukturnykh zmin v industrii vyrobnytstva budivelnykh materialiv Ukrainy. *Modern Economics*. 2025. № 51. S. 225–234. DOI: [https://doi.org/10.31521/modecon.V51\(2025\)-30](https://doi.org/10.31521/modecon.V51(2025)-30)
2. Holiuk V.Ia., Nerianova, I. V. Suchasnyi stan i perspektyvy rozvytku ukrainskoho rynku budivelnykh materialiv. *Ekonomika ta suspilstvo*. 2024. № 68. DOI: [10.32782/2524-0072/2024-68-70](https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-68-70)
3. World Bank, Government of Ukraine, European Union, United Nations. (2025). Ukraine Fourth Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA4), February 2022 – December 2024. World Bank Group. URL: <https://hdl.handle.net/10986/42908> (date of application: 30.01.2026).
4. Shandrivska O.Ie., Kulyk A. O. Analiz rynku budivelnykh materialiv v konteksti ekonomichnoi nestabilnosti. *Menedzhment ta pidpriemnytstvo v Ukraini: etapy stanovlennia ta problemy rozvytku*. 2025. № 1 (13). S. 256–274. DOI: <https://doi.org/10.23939/smeu2025.01.256>
5. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). OECD Economic Surveys: Ukraine 2025. (2025). OECD Publishing, Paris. URL: <https://doi.org/10.1787/940cee85-en> (date of application: 30.01.2026).
6. European Commission. Recovery and reconstruction of Ukraine. (2024). European Commission. URL: https://commission.europa.eu/topics/eu-solidarity-ukraine/eu-assistance-ukraine/recovery-and-reconstruction-ukraine_en (date of application: 30.01.2026).
7. Strukturni zminy ta vyklyky v budivelnii industrii Ukrainy: analiz ta prohnozy : analitychnyi zvit / Kyivska shkola ekonomiky; Yevropeiska biznes asotsiatsiia. Kyiv, 2024. 111 s.

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0) 

Дата першого надходження статті до видання: 17.02.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 16.03.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 08.05.2026

УДК 621.791:631.3

Захаров А. В.,

zakharovandrey1997@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9894-7355,
д-р філос., викладач, Харківський державний професійно-педагогічний фаховий коледж
імені В. І. Вернадського, м. Харків

Рибалко І. М.,

irybalko.ua@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3663-019X, Researcher ID I-8014-2016,
д.т.н., доц., доцент кафедри сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні
імені О. І. Сідашенка, Державний біотехнологічний університет, м. Харків

Тихонов О. В.,

texas2002@btu.kharkiv.ua, ORCID ID: 0000-0001-7209-8375,
к.т.н., доц., доцент кафедри сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні
імені О. І. Сідашенка, Державний біотехнологічний університет, м. Харків

Сайчук О. В.,

sajchuksacha@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-5118-838X, Researcher ID G-2388-2018,
д.т.н., проф., Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава

ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ГРУНТООБРОБНОЇ ТЕХНІКИ ШЛЯХОМ ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДУ ПОРОШКОВИХ ДРОТІВ ДЛЯ ЕЛЕКТРОШЛАКОВОГО НАПЛАВЛЕННЯ

Анотація. У статті обґрунтовано підхід до підвищення ресурсу робочих органів ґрунтообробної техніки шляхом раціоналізації складу порошкових (електродних) дротів для електрошлакового наплавлення у струмопідвідному кристалізаторі при постійному струмі зворотної полярності. Для десяти експериментальних складів дротів виконано комплексну оцінку властивостей покриттів за показниками: твердість (HRC), абразивне зношування (втрата маси Δm , г) та корозійна стійкість (втрата маси Δm , мг після 72 год у 5 % NaCl).

Додатково аналізовано технологічну стабільність наплавлення та схильність шарів до пористості й тріщиноутворення. Запропоновано формалізовану процедуру багатокритеріального вибору на основі інтегрального індексу якості K , який агрегує нормалізовані критерії «твердість–зносоустійкість–корозійна стійкість» і враховує технологічні обмеження процесу (стійкість шлакової ванни, керованість тепловкладення, мінімізація дефектів).

За інтегральним ранжуванням найбільш збалансовані експлуатаційні властивості забезпечив дріт № 6, прийнятий як базовий прототип. Показано ефективність карбідно-оксидного модифікування (NbC, ZrO₂, Al₂O₃, графіт) у поєднанні з високохромистим легуванням для формування дисперсно зміцненої та технологічно придатної структури.

Рекомендовано діапазон складу порошкового дроту для зносоустійких покриттів: Cr 50–60 %, C 3–4 %, NbC 5–8 %, ZrO₂ 5–10 %, Al₂O₃ 5–7 %, графіт 2–3 %, мікродомішки V і Mo 1–2 %. Польові випробування на лемешах і культиваторних лапах підтвердили зниження зношування приблизно на 40 % порівняно із серійними деталями. Техніко-економічне обґрунтування для 1000 га показало зменшення прямих витрат з 42 800 грн до 29 276,8 грн та економію 13 523,2 грн (31,6 %), що підтверджує доцільність впровадження запропонованих складів дротів у ремонтному виробництві та сервісних підрозділах. Практична цінність – відтворюваність складів на стандартному обладнанні цехів.

Ключові слова: електрошлакове наплавлення; порошковий дріт; модифікування; карбіди; оксиди; зносоустійкість; корозійна стійкість; ґрунтообробна техніка; економічна ефективність.

Zakharov A. V.,

*zakharovandrey1997@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9894-7355,
doctor of philosophy, lecturer, V. I. Vernadskiy
Kharkiv State Professional and Pedagogical Applied College, Kharkiv*

Rybalko I. M.,

*irybalko.ua@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3663-019X, Researcher ID I-8014-2016,
Doctor of Engineering, Associate Professor, Associate Professor of the Department
of Service Engineering and Materials Technology in Mechanical Engineering named after O. I. Sidashenko,
State Biotechnological University, Kharkiv*

Tihonov O. V.,

*texas2002@btu.kharkiv.ua, ORCID ID: 0000-0001-7209-8375,
PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Service
Engineering and Materials Technology in Mechanical Engineering named after O. I. Sidashenko,
State Biotechnological University, Kharkiv*

Saychuk O. V.,

*sajchuksacha@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-5118-838X, Researcher ID G-2388-2018,
Doctor of Engineering, Professor, Poltava State Agrarian University, Poltava*

INCREASING THE RESOURCE OF WORKING PARTS OF SOIL CULTIVATION EQUIPMENT BY OPTIMIZING THE COMPOSITION OF POWDER WIRES FOR ELECTROSLAG SURFACING

Abstract. *The article substantiates an approach to increasing the service life of working parts of soil cultivation equipment by rationalising the composition of powder (electrode) wires for electroslag surfacing in a current-supplying crystalliser with constant reverse polarity current. For ten experimental wire compositions, a comprehensive assessment of the properties of coatings was carried out according to the following indicators: hardness (HRC), abrasive wear (mass loss Δm , g) and corrosion resistance (mass loss Δm , mg after 72 hours in 5 % NaCl).*

In addition, the technological stability of surfacing and the tendency of layers to porosity and cracking were analysed. A formalised multi-criteria selection procedure was proposed based on the integral quality index K , which aggregates the normalised criteria of 'hardness–wear resistance–corrosion resistance' and takes into account the technological limitations of the process (slag bath stability, heat input control, defect minimisation). According to the integral ranking, the most balanced operational properties were provided by wire No. 6, which was accepted as the basic prototype.

The effectiveness of carbide-oxide modification (NbC, ZrO₂, Al₂O₃, graphite) in combination with high chromium alloying for the formation of a dispersion-strengthened and technologically suitable structure is demonstrated. The recommended composition range for powder wire for wear-resistant coatings is: Cr 50–60 %, C 3–4 %, NbC 5–8 %, ZrO₂ 5–10 %, Al₂O₃ 5–7 %, graphite 2–3 %, microimpurities V and Mo 1–2 %. Field tests on ploughshares and cultivator tines confirmed a reduction in wear of approximately 40 % compared to serial parts.

Technical and economic justification for 1,000 hectares showed a reduction in direct costs from 42,800 UAH to 29,276.8 UAH and savings of 13,523.2 UAH (31.6 %), confirming the feasibility of introducing the proposed wire compositions in repair production and service departments. Practical value – reproducibility of compositions on standard workshop equipment.

Key words: *electroslag surfacing; powder wire; modifying additives; carbides; oxides; wear resistance; working parts of soil cultivation equipment; economic efficiency.*

JEL Classification: Q16, O33, D24

DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2026-45-02>

Постановка проблеми. Робочі органи ґрунтообробної техніки (плужні леміші, культиваторні лапи, диски тощо) працюють у режимі інтенсивного абразивного та ударно-абразивного зношування, що призводить до швидкої втрати геометрії ріжучої кромки, збільшення тягового опору та зростання витрат на паливо і ремонт [2, 3, 10, 22]. В умовах багатокомпонентних ґрунтів (суглинки, чорноземи, супіщані ґрунти) коливання мінералогічного складу та вологості формує широкий спектр механізмів руйнування поверхневих шарів – мікрорізання, мікрОВикришування, пластична деформація, локальні перегріву, що узгоджується з трибологічними моделями абразивного зношування та закономірностями Архарда [6, 7], а також із сучасними оглядами зношування робочих органів ґрунтообробної техніки [2, 10, 15]. Отже, підвищення ресурсу деталей доцільно розглядати як інженерну задачу керування структуроутворенням наплавленого металу й одночасної мінімізації повних витрат життєвого циклу [17] деталі під час обробітку ґрунту.

Електрошлакове наплавлення (ЕШН) у струмопідвідному кристалізаторі є технологією, яка забезпечує високий коефіцієнт наплавлення, рафінування металу шлаком та стабільні умови кристалізації. Ключовою перевагою ЕШН порівняно з дуговими процесами є знижена ймовірність пористості та включень за умови правильно підібраних режимів і флюсу, а також можливість цілеспрямовано формувати карбідно-оксидні зміцнювальні фази. Водночас саме склад порошкового дроту (який є носієм легувальних і модифікуючих компонентів) визначає, які фази сформуються та чи буде структура дрібнозернистою і бездефектною. Таким чином, актуальною є задача раціоналізації складу порошкових дротів для ЕШН з урахуванням комплексу критеріїв: твердості, абразивної зносостійкості, корозійної стійкості та економічної доцільності. Узагальнення переваг та технологічних особливостей ЕШН у струмопідвідному кристалізаторі наведено у дослідженнях [1, 9, 18, 19, 20, 23, 24].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасних дослідженнях підвищення ресурсу ґрунтообробних робочих органів часто реалізують через поверхневе зміцнення або відновлення: наплавлення дуговими процесами, індукційне наплавлення, лазерне наплавлення, термічне напилення, механічне зміцнення кромок тощо. Для деталей з високим рівнем абразивного зношування ефект підвищення довговічності

досягається переважно шляхом формування карбідних фаз у матриці та підвищення твердості поверхневих шарів. Разом з тим, встановлено, що підвищення твердості не завжди лінійно корелює із зносостійкістю, оскільки на інтенсивність зношування впливають також морфологія карбідів, рівномірність розподілу зміцнювальних частинок, ступінь дефектності та адгезія шару до підкладки. Це підтверджується експериментами зі зміцнення ґрунтообробних робочих органів і загальними трибологічними закономірностями формування абразивного зносу [2, 3, 5–7, 10, 15, 17].

Електрошлакові процеси (зокрема наплавлення у струмопідвідному кристалізаторі) розглядаються як перспективні для формування щільних і чистих покриттів з контрольованим тепловиділенням, а дослідження впливу флюсу на гідродинаміку та теплові процеси показують можливість раціоналізації якості шару через керування шлаковою ванною. Проте значна частина робіт орієнтована на режимні параметри (струм, напруга, швидкість подачі) та конструкцію кристалізатора, тоді як питання системної раціоналізації складу порошкових дротів із урахуванням багатокритеріальних показників і економічної ефективності для ґрунтообробної техніки залишається недостатньо формалізованим. Це створює наукову гіпотезу для побудови схеми «склад–структура–властивості–ресурс–економічна доцільність» як єдиної логічної моделі вибору модифікуючого матеріалу.

Постановка завдання. Метою роботи є наукове обґрунтування та розробка підходу до підвищення ресурсу робочих органів ґрунтообробної техніки шляхом раціоналізації складу порошкових дротів для електрошлакового наплавлення, а також оцінка техніко-економічного ефекту від їх застосування.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання: 1) визначити технологічні обмеження та параметри ЕШН у струмопідвідному кристалізаторі, критичні для стабільності процесу; 2) систематизувати вплив ключових компонентів шихти дроту (Cr, C, NbC, ZrO₂, Al₂O₃, графіт) на фазовий склад і дефектність; 3) експериментально встановити зв'язок між твердістю (HRC), абразивним зношуванням (Δm , г) та корозійною стійкістю (Δm , мг) для серії дротів; 4) сформувати підхід до вибору оптимального складу дротів; 5) провести польові випробування та розрахувати економічний ефект.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Дослідження виконували із застосуванням електрошлакового наплавлення у струмопідвідному кристалізаторі. Експериментальний кристалізатор складався з мідної водоохолоджуваної секції з графітовою втулкою, що забезпечувала стабільну тепловіддачу та геометричну сталість формуючої порожнини (рис. 1). Електроживлення шлакової ванни реалізовано за двоконтурною схемою на постійному струмі зворотної полярності; діапазони струмів у струмопідвідній секції та графітовому електроді становили 110–130 А і 90–110 А відповідно, а напруга на шлаку – 20–25 В між секцією кристалізатора і графітовою втулкою та 25–30 В між графітовим електродом і втулкою. У статтях систематизовано результати серій наплавлень і випробувань та сформовано узагальнену модель вибору складу дроту; розширені експериментальні відомості наведено у роботах [9, 18, 22–24].

Як флюс застосовано АНФ-29, який характеризується низькою хімічною активністю щодо рідкого металу й сприяє десульфурзації; його хімічний склад наведено у вигляді інтервалів: 60–70 % CaF_2 , 30–40 % Al_2O_3 , не більше 8 % SiO_2 та 0,5 % S. Подачу порошкового дроту здійснювали через порожнину графітового електрода

діаметром 15 мм, додатково використовуючи керамічну трубку для ізоляції дроту від атмосферних газів та стабілізації хімічної чистоти модифікатора. Максимальне відхилення фактичного коефіцієнта заповнення дроту від номінального не перевищувало ~3 %, що відповідає вимогам відтворюваності експериментів.

Базовим матеріалом підкладки для наплавлення обрано сталь 45. Для польових випробувань виготовляли вставки розміром $24 \times 24 \times 10$ мм з товщиною напавленого шару 5–7 мм, які інтегрували у плужні леміші та культиваторні лапи. Твердість напавлених покриттів у вихідному стані становила 26–51 HRC, а температура наплавлення оцінювалася в межах 1550–1700 °С. Твердість визначали методом Роквелла за ISO 6508-1 [13], абразивне зношування – за ASTM G65 [12], корозійну стійкість у 5 % розчині NaCl (72 год) – за ISO 9227 [13].

Порошкові дроти формувалися як носій багатоконпонентної шихти, в якій ферохром і вуглець забезпечують карбідоутворення (CrC та Cr_{23}C_6), карбід ніобію стабілізує структуру за рахунок високої термостійкості, а оксиди (Al_2O_3 , ZrO_2) виконують роль дисперсних модифікаторів зерна та бар'єрів для розвитку тріщин. Графіт використовується як антифрикційний компонент і як



Рис. 1 – Етапи роботи експериментального струмопідвідного кристалізатора:
а – підготовчий стан перед встановленням; б – ініціація процесу наплавлення; в – формування модифікованого напавленого шару; г – завершення наплавлення та стадія охолодження

регулятор термічного розширення та напружень у поверхневому шарі наплавленої деталі [7, 8].

Для серії експериментальних дротів варіювали структуру шихти, формуючи десять типів дротів із різним поєднанням високохромистого чавуну, карбідів та оксидів (зокрема ZrO_2), а також дисперсних добавок на основі кремнію, титану та графіту. Коефіцієнт заповнення для окремих дротів перебував у межах 32–40 % (для дротів зі шихтою на основі високохромистого чавуну та дисперсних модифікаторів), що дозволяло поєднати достатній масовий вміст легувальних компонентів із стабільністю подачі дроту [9, 18, 19, 23, 24].

Гранулометричний склад компонентів шихти підбирався з урахуванням запобігання конгломерації модифікуючих домішок та забезпечення рівномірного розподілу дисперсних частинок у металевій ванні. Для ферохрому застосовували гранули розміром 50–300 мкм, для переносника нікелю – частинки до 50 мкм, а вміст модифікатора, введеного в нікелевий переносник, становив 5–7 мас. %.

Комплексну оцінку покриттів виконували за трьома групами показників: (I) твердість (HRC), (II) абразивна зносостійкість (втрата маси Δm після абразивного випробування) та (III) корозійна стійкість (втрата маси після експозиції у 5 %-му розчині NaCl протягом 72 год). Саме

така тріада є репрезентативною для робочих органів ґрунтообробної техніки, оскільки абразивний знос є домінуючим механізмом руйнування, а корозійні процеси в умовах вологи та агресивних компонентів ґрунту прискорюють деградацію поверхневих шарів [6, 7, 13, 15–17].

Для формалізованого вибору раціонального складу застосовано нормування показників та побудову інтегральний показник якості K , який максимізується. Нормування показників здійснювали для приведення їх до безрозмірної шкали від 0 до 1 з метою коректного багатокритеріального порівняння складів порошкових дротів. Твердість нормували за прямою залежністю від мінімального та максимального значень у вибірці, тоді як втрати маси при абразивному зношуванні та корозії – за зворотною схемою, оскільки менші втрати відповідають кращим експлуатаційним властивостям [9, 22].

Нормовані параметри узагальнювали інтегральним показником як зважену суму твердості, зносостійкості та корозійної стійкості за умови, що сума ваг дорівнює одиниці. Для ґрунтообробних робочих органів вагові коефіцієнти приймали: 0,50 – зносостійкість, 0,30 – твердість, 0,20 – корозійна стійкість, що відображає визначальну роль абразивного зношування у польових умовах експлуатації. Результати інтегрального ранжування для 10 типів дротів наведено на рис. 2.



Рис. 2. Інтегральний показник якості K (норм.) для 10 типів порошкових експериментальних дротів за результатами нормування критеріїв «твердість–зносостійкість–корозійна стійкість»

Нормовані значення твердості, показника абразивного зношування та корозійної стійкості, а також розрахований на їх основі інтегральний показник якості K і відповідне ранжування складів порошкових дротів наведено в табл. 1. Саме ці узагальнені дані використано для побудови графічної залежності на рис. 2, яка відображає порівняльну придатність досліджуваних складів для зміцнення робочих органів ґрунтообробної техніки.

Результати експериментальних визначень твердості, втрат маси при абразивному зношуванні та корозії були приведені до нормованого вигляду та узагальнені інтегральним показником якості K з урахуванням прийнятих вагових коефіцієнтів. Це забезпечило можливість об'єктивного порівняння всіх досліджуваних складів порошкових дротів за сукупністю критеріїв та встановлення їх відносної придатності для зміцнення робочих органів ґрунтообробної техніки. Узагальнені результати нормування та розрахунку інтегрального показника наведено в табл. 1.

Результати аналізу та нормування показників (табл. 1) показують, що максимальний інтегральний показник якості K відповідає дроту № 6 (ранг 1), далі – № 3 (ранг 2) та № 2 (ранг 3). Така ієрархія відображає збалансоване поєднання високої твердості, мінімальних втрат маси при абразивному зношуванні та низької масової втрати у корозійному тесті. Експериментальні значення показників наведено у роботах [9, 18, 22–24].

Результати ранжування за показником якості K підтверджують доцільність використання

дроту № 6 як базового прототипу для формування узагальнених рекомендацій щодо складу шихти та технологічних параметрів ЕШН. Його перевага зумовлена одночасним досягненням високої твердості, підвищеної абразивної стійкості та кращої корозійної стабільності у порівнянні з більшістю альтернативних варіантів, що є критично важливим для умов контактної взаємодії «ґрунт–метал» із домішками мінеральних абразивів та вологих корозійно-активних середовищ.

За результатами серії наплавлень із варіюванням вмісту ферохрому встановлено, що раціональний інтервал Cr перебуває у межах 55–65 мас.%. У цьому діапазоні формується стабільний карбідний каркас без надмірного огрубіння карбідної евтектики та без зростання дефектності (пористість/тріщини), що узгоджується з даними щодо високохромистих зносостійких наплавок [14, 16, 19].

Пікові значення твердості та зносостійкості для високохромистих наплавок, як правило, реалізуються в околі раціонального співвідношення $Cr-C$, коли формується достатня кількість карбідних фаз без надмірного огрубіння карбідної евтектики та без зростання крихкості кромки. У межах прийнятих технологічних обмежень ЕШН це відповідає концентраціям Cr близько 60 мас.% у шихті, що узгоджується з узагальненнями зварювальної металургії та трибології наплавок [8, 14, 16, 19].

Карбід ніобію (NbC) виступає термостабілізатором і, за рахунок високої твердості та низької розчинності, підвищує стабільність структури при теплових циклах та корозійних впливах.

Таблиця 1

Нормовані значення твердості, зносостійкості, корозійної стійкості та інтегральний показник якості K для 10 типів порошкових дротів

№ дроту	Нормована твердість H_n	Нормований показник зносостійкості W_n	Нормований показник корозійної стійкості C_n	Інтегральний показник K	Ранг
№ 1	0.308	0.480	0.529	0.439	9
№ 2	0.538	0.880	0.706	0.708	3
№ 3	0.923	1.000	0.824	0.916	2
№ 4	0.000	0.000	0.000	0.000	10
№ 5	0.769	0.160	0.941	0.623	6
№ 6	1.000	0.960	1.000	0.987	1
№ 7	0.615	0.560	0.765	0.647	5
№ 8	0.692	0.640	0.706	0.679	4
№ 9	0.462	0.400	0.647	0.503	7
№ 10	0.385	0.240	0.765	0.463	8

Оксид цирконію ZrO_2 формує дисперсні включення у матриці, які пригнічують ріст зерна й знижують схильність до тріщиноутворення, а оксид алюмінію Al_2O_3 сприяє формуванню дрібнозернистої структури та підвищує термічну стійкість шару. Графіт у кількості близько 2 % підвищує антифрикційні властивості та адгезійну міцність покриття, зменшуючи ризик відшаровування у зоні кромки. Пояснення ролі NbC-вмісних фаз та модифікуючих домішок узгоджується з довідниковими даними щодо наплавлених зносостійких шарів [8, 14, 19], а також із результатами досліджень Fe–Cr–C(+Nb) покриттів, де NbC підвищує абразивну стійкість за умови раціонального тепловкладення [16].

На основі комплексного аналізу структури та властивостей наплавлених покриттів сформульовано рекомендації щодо складу порошкових дротів, спрямовані на баланс між твердістю, зносостійкістю та стабільністю структури під час експлуатації. Узагальнений рекомендований склад наведено в таблиці 2.

Запропонований склад є «компромісною траєкторією» у просторі компонентів: ферохром і вуглець формують карбідну підсистему (CrC, $Cr_{23}C_6$), NbC забезпечує дисперсне зміцнення та термостійкість, а ZrO_2 та Al_2O_3 –модифікуючий ефект і рафінування зерна. Саме поєднання карбідного та оксидного модифікування дозволяє мінімізувати дефектність структури, зберігаючи високі показники твердості та зносостійкості. Комбінування карбідного та оксидного модифікування відповідає сучасним підходам до конструювання наплавлених зносостійких шарів [8, 14, 16, 19].

З технологічної точки зору стабільність ЕШН при використанні порошкових дротів забезпечують: (I) підтримання струму у струмопідвідній секції на рівні 110–130 А та у графітовому електроді 90–110 А; (II) робота у діапазоні 20–30 В

(залежно від електродного контуру) для запобігання «розриву» шлакової ванни; (III) застосування флюсу АНФ-29 з високою часткою CaF_2 та Al_2O_3 для рафінування металу; (IV) екранування дроту керамічною трубкою для зменшення газонасичення модифікатора.

Важливо відзначити, що введення оксидів і карбідів у складі дроту потребує контролю гранулометрії та коефіцієнта заповнення: надлишок дрібнодисперсної фракції підвищує ризик конгломерації та нерівномірного розподілу у шлаковій ванні, тоді як недостатній вміст дисперсних частинок знижує ефект рафінування зерна. Тому рекомендовані інтервали компонентів (табл. 2) слід розглядати як технологічно досяжні при коефіцієнті заповнення близько 0,32–0,40 для експериментальних дротів і контролі відхилень $\leq 3\%$.

Експлуатаційну ефективність запропонованого складу порошкового дроту перевіряли в реальних польових умовах на культиваторних стрілчастих лапах та плужних лемешах. Вставки з наплавленим шаром інтегрували у робочі органи, після чого виконували обробіток ґрунту на різних типах ґрунтів із різною глибиною обробки. Загальна площа випробувань становила 35 га для культиваторних лап (глибина 5–7 см) і 74 га для плужних лемешів (глибина 15–25 см), включаючи важкі чорноземи та суглинки.

Візуальний контроль після проміжних етапів (20, 40, 60 і 74 га) засвідчив, що леміші з наплавленим покриттям мають мінімальний знос навіть на важких ґрунтах, зберігаючи геометрію ріжучої кромки. Аналогічно, культиваторні лапи з модифікованими поверхнями зберігали форму протягом усього періоду випробувань до 35 га.

Кількісна оцінка показала, що наплавлені зразки забезпечують приблизно 40 % зниження зношування порівняно із серійними деталями. Універсальний висновок полягає в тому, що

Таблиця 2

Запропонований склад порошкового дроту для електрошлакового наплавлення зносостійких покриттів

Компонент	Вміст, %	Функціональне призначення
Ферохром (Cr)	50–60	Формування карбідних фаз, підвищення твердості
Вуглець (C)	3–4	Утворення CrC та $Cr_{23}C_6$
Карбід ніобію (NbC)	5–8	Підвищення термічної стабільності, зносостійкості
Оксид цирконію (ZrO_2)	5–10	Стабілізація структури при високих температурах
Графіт	2–3	Зниження термічного розширення, антифрикційний ефект
Оксид алюмінію (Al_2O_3)	5–7	Формування дрібнозернистої структури
Мікродомішки (V, Mo)	1–2	Покращення міцності та корозійної стійкості

комбіноване карбідно-оксидне модифікування дозволяє не лише підвищити твердість, а й зменшити інтенсивність викришування кромки, що є критичним для стабільної агротехнічної якості обробітку.

Таким чином, польові випробування підтверджують, що склад порошкового дроту – це не лише лабораторний інструмент керування властивостями покриття, а й практичний механізм підвищення ресурсу деталей у реальних умовах експлуатації. Отриманий ефект має прямий економічний вимір через зменшення частоти заміни та простоїв техніки.

Економічний ефект від зміцнення робочих органів наплавленням доцільно оцінювати методом техніко-економічного обґрунтування [17] через зменшення витрат на заміну деталей та підвищення ресурсу, віднесені до обсягу виконаних ґрунтообробних робіт. У роботі використано варіантний підхід: базові питомі витрати (грн/га) визначаються за даними [22–24], після чого результати масштабуються на фактичний обсяг робіт (табл. 3). Візуальне порівняння структури витрат для варіантних сценаріїв наведено на рис. 3.

Економічну доцільність застосування зміцнених лемішів оцінювали через порівняння вартості забезпечення необхідного ресурсу на задану площу обробітку ґрунту. Розрахунок додаткового економічного ефекту здійснювали за формулою [22]:

$$E_3 = \left(\frac{Ц_n - C_{остн}}{R_n} \frac{Ц_3 - C_{остз}}{R_3} \right) \cdot N_r, \quad (1)$$

де $Ц_n$ – ціна нового (серійного) леміша;

$Ц_3$ – ціна зміцненого леміша;

$C_{остн}$ та $C_{остз}$ – їх залишкова вартість;

R_n і R_3 – ресурс у гектарах відповідно для серійного та зміцненого лемішів;

N_r – запланована площа обробітку.

Таким чином, порівнюється вартість одного гектара ресурсу для кожного варіанта, після чого різниця масштабується на фактичний обсяг робіт. Отриманий результат безпосередньо відображає економічний ефект від підвищення ресурсу. Узагальнені результати розрахунку витрат і економічного ефекту наведено в табл. 3. За проведеними розрахунками зменшення сукупних витрат становить близько 31,6 %, що підтверджує доцільність застосування електрошлакового наплавлення для зміцнення робочих органів ґрунтообробної техніки.

Розрахунок складових витрат на наплавлення (табл. 3) показує, що технологія є економічно доцільною вже на рівні одиничної деталі. Зокрема, собівартість наплавлення 1 см зносостійкого шару становить 47,72 грн, а повна вартість зміцненого леміша (з урахуванням матеріалів, оплати праці та енергетичних витрат) – 1194,4 грн, тоді як вартість серійного леміша становить близько 1070 грн.

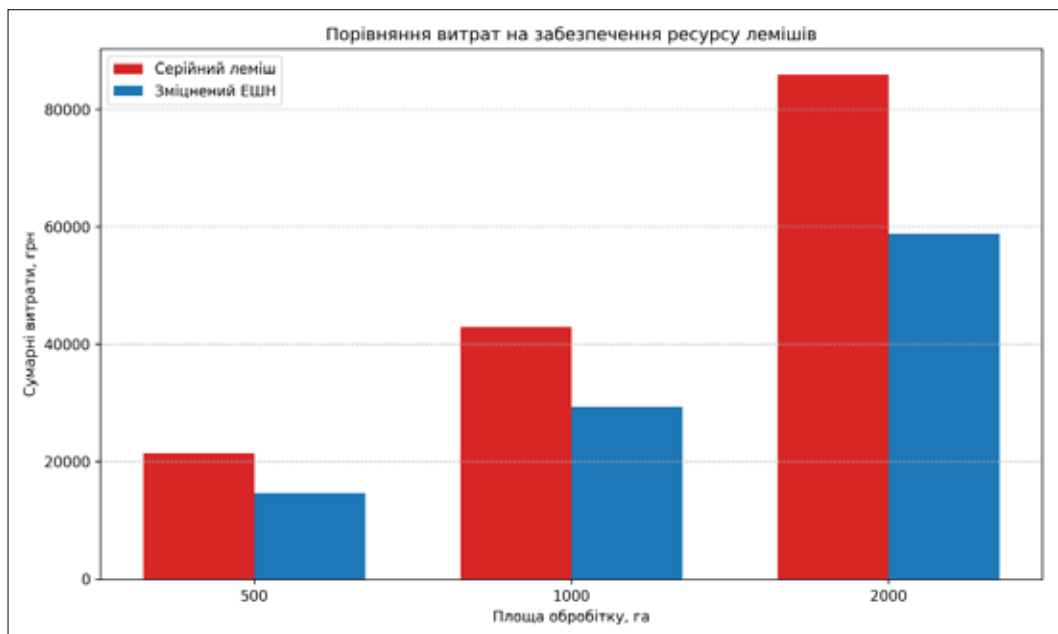


Рис. 3. Порівняння витрат на забезпечення робочого ресурсу лемішів при застосуванні серійних та зміцнених методом електрошлакового наплавлення деталей

Таблиця 3
Розрахунок витрат на забезпечення ресурсу та економічного ефекту для серійних і зміцнених лемішів

Площа, га	Серійний леміш, грн	Зміцнений ЕШН, грн	Економія, грн (%)
500	21 400,0	14 638,4	6761,6 (31,6 %)
1000	42 800,0	29 276,8	13 523,2 (31,6 %)
2000	85 600,0	58 553,6	27 046,4 (31,6 %)

Отже, раціоналізація складу порошкового дроту, орієнтована на збільшення ресурсу в реальних умовах, має двоканальний економічний ефект: пряме зменшення витрат на заміну деталей і непряме зниження простоїв техніки та витрат продуктивності. При переході до масштабного впровадження (парк машин, сезонні обсяги робіт) очікуваний економічний ефект зростає пропорційно обсягу обробітку ґрунту та кількості деталей, що зміцнюються.

Наведені результати розглядаються як підтверджена експериментальна база та методологічний каркас для подальшого розвитку тематики керованого проектування порошкових дротів для електрошлакового наплавлення (ЕШН) з урахуванням умов експлуатації робочих органів ґрунтообробної техніки, домінуючих механізмів зношування та економічної доцільності застосування покриттів.

Практична значущість полягає у можливості переходу від емпіричного підбору модифікаторів до керованого проектування дроту під заданий профіль навантажень (абразивне/ударно-абразивне зношування), що створює основу для масштабування технології на парк ґрунтообробної техніки та подальшої розробки технічних умов на нові дроти.

Отримані результати дозволяють сформуванню інженерно обґрунтовану логіку вибору складу порошкового дроту для ЕШН. По-перше, аналіз серії експериментів свідчить про наявність раціонального діапазону 55–65 % Cr, у межах якого формується стабільний карбідний каркас без надмірного огрубіння карбідів і зниження тріщиностійкості покриття. По-друге, введення NbC та оксидів (ZrO₂, Al₂O₃) підвищує термостійкість і корозійну стійкість структури, що особливо важливо для деталей, які контактують з вологими ґрунтами та солями.

Практично важливо, що багатокритеріальне ранжування складів за інтегральним показником

придатності K не зводиться до простого вибору максимального значення HRC. Наприклад, дріт № 5 має нижчу втрату маси у корозійному тесті (0,40 мг), проте характеризується вищою втратою маси при абразивному зносі (0,0028 г), що робить його менш придатним для ґрунтового абразиву. Натомість дріт № 6 забезпечує збалансованість критеріїв і може слугувати базою для промислового дроту з інтервалами компонентів, наведеними у табл. 2.

З позицій технологічного впровадження можна рекомендувати: 1) забезпечувати контроль гранулометрії та запобігати підвищенню частки надтонких фракцій, які можуть інтенсифікувати газонасичення і конгломерацію; 2) підтримувати стабільність шлакової ванни у рекомендованих діапазонах струмів і напруг; 3) застосовувати флюс АНФ-29 як низькоактивний, що забезпечує рафінування; 4) виконувати контроль якості дроту за коефіцієнтом заповнення та геометрією оболонки.

Достовірність економічного ефекту до цін на матеріали та енергію може бути оцінена через формулу (1): збільшення вартості зміцненого леміша (C_y) зменшує E_z , однак при одночасному зростанні ресурсу R_z (за рахунок раціоналізації складу дроту) економічний ефект компенсується. Це означає, що ключовим показником економіки є саме ресурс наплавленої деталі, а не абсолютна ціна матеріалів. Відповідно, композиційна раціоналізація дроту має пріоритет над «дешевими» рішеннями, які не забезпечують стабільного ресурсу в реальних ґрунтах.

Висновки та перспективи подальших досліджень у даному напрямі.

1. Склад порошкового дроту та коефіцієнт його заповнення є первинними керованими параметрами формування структури й властивостей покриття при електрошлаковому наплавленні у струмопідвідному кристалізаторі, а раціоналізація складу має виконуватися з урахуванням технологічних обмежень процесу.

2. За результатами комплексної оцінки 10 типів дротів встановлено, що найкращі поєднання показників твердості, зносостійкості та корозійної стійкості забезпечують дроти № 6 та № 3, причому дріт № 6 є раціональним за інтегральним показником придатності K.

3. Встановлено, вміст ферохрому близько 60 %, при якому досягається максимальна твердість (≈ 50 HRC) за мінімальної дефектності структури (≈ 5 %); інтервал вмісту Cr становить 55–65 %. Запропоновано склад порошкового

дроту для зносостійких покриттів: Cr 50–60 %, C 3–4 %, NbC 5–8 %, ZrO₂ 5–10 %, Al₂O₃ 5–7 %, графіт 2–3 %, мікродомішки V, Mo 1–2 %, який забезпечує баланс карбідного зміцнення, рафінування зерна та стабілізації структури.

4. Польові випробування підтвердили практичну ефективність підходу: знос робочих органів із наплавленими вставками був приблизно на 40 % меншим порівняно з серійними деталями при обробці 35 га (культиваторні лапи) та 74 га (лемеші).

5. Техніко-економічна оцінка показала економію 13 523,2 грн (31,6 %) на 1000 га при використанні зміцнених лемешів замість серійних; відновлення деталей наплавленням дає ще вищий відносний ефект (~ 40 %).

Подальший розвиток роботи доцільно спрямувати на:

1) розширення простору варіювання складу порошкового дроту та побудову моделей типу «склад–структура–властивості» на основі планування експерименту (DoE) з регресійною або ML-ідентифікацією поверхонь відгуку для HRC, Δm, K_{IC} і показників контактної втоми;

2) верифікацію механізмів зношування для різних типів ґрунтів (піщані, суглинки, чорноземи) через встановлення взаємозв'язку «тип ґрунту – абразивність – вологість – домінуючий механізм руйнування»;

3) дослідження стабільності карбідно-оксидної підсистеми при теплових циклах ЕПН з уточненням раціональних співвідношень легувальних і модифікуючих компонентів;

4) удосконалення моделі повних витрат життєвого циклу [17] із врахуванням ресурсу, простоїв та зміни тягового опору;

5) промислово-експлуатаційну апробацію на основі багатосезонних польових випробувань і стандартизованих методик контролю (ISO 6508-1, ASTM G65-16, ISO 9227).

Узагальнення зазначених напрямів систематизовано у табл. 4, що формує дорожню карту подальших досліджень з проектування порошкових дротів для електрошлакового наплавлення.

Наведені дані формують практично орієнтований план подальшого розвитку тематики керованого проектування порошкових дротів для ЕПН і підтверджують, що підвищення ресурсу робочих органів повинно обґрунтовуватись одночасно через властивості покриття, технологічну стабільність процесу та економічну доцільність. Сукупність отриманих результатів і рекомендацій може бути використана виробниками та ремонтними підприємствами для вибору складів присадних матеріалів і параметрів зміцнення з урахуванням реальних умов експлуатації ґрунтообробної техніки.

Таблиця 4

Головні напрями подальших досліджень з оптимізації складу порошкових дротів для електрошлакового наплавлення робочих органів ґрунтообробної техніки

Напрямок	Фактори/керовані змінні	Метрики	Очікуваний результат
Композиційна раціоналізація	Cr, C, NbC, ZrO ₂ , Al ₂ O ₃ , графіт; коеф. заповнення	HRC; Δm; K _{IC} ; дефектність	Раціональні співвідношення для класів ґрунтів
Процесна стабільність ЕПН	I/U контури; флюс; тепловклад; подача дроту	пори/тріщини; розбавлення; стабільність ванни	Технічна карта + «вікно» режимів бездефектності
Механізми зношування	тип ґрунту; абразивність; вологість; швидкість	морфологія зносу; інтенсивність; збереження кромки	Карта механізмів і критерії добору дроту
Економіка ТЕО	ціна матеріалів; ресурс; простої; паливо	грн/га; ROI; чутливість	Модель прийняття рішень для господарств/сервісу
Апробація	3 сезони; 3 органи; реплікації	стат. значущість; довірчі інтервали	Доказова база для впровадження і ТУ

ЛІТЕРАТУРА

1. Saichuk O., Borovyk O., Borovyk V., Zakharov A., Kapustianskyi M. Formation and properties of NbC-reinforced layers obtained by electroslag surfacing in a small-diameter current-fed crystallizer. *Technology Audit and Production Reserves*. 2025. Vol. 5, No. 1 (85). P. 30–35. DOI: 10.15587/2706-5448.2025.341827.
2. Tekeste M. Z., Balvanz L. R., Al-Aani F. et al. Hardened edges effects on wear characteristics of cultivator sweeps using circular soil bin test. *Journal of Tribology*. 2022. Vol. 144, No. 2. 024501. DOI: 10.1115/1.4050805.
3. Tulaganova L., Yunushuzhaev S., Juraeva G. Improving the wear resistance and durability of cultivator tools. *Journal of Physics: Conference Series*. 2022. Vol. 2373. 022026. DOI: 10.1088/1742-6596/2373/2/022026.
4. Rogovskii I. L., Titova L. L., Voinash S. A., Troyanovskaya I. P. Engineering management of tillage equipment with concave disk spring shanks. *INMATEH – Agricultural Engineering*. 2020. Vol. 60, No. 1. P. 45–52. DOI: 10.35633/INMATEH-60-05.
5. Białobrzeska B., Jasiński R., Konat Ł., Szczepański Ł. Analysis of the properties of hardox extreme and hardox 500 steels in hardness tests. *Metals*. 2021. Vol. 11. Art. 162. DOI: 10.3390/met11010162.
6. Archard J. F. Contact and rubbing of flat surfaces. *Journal of Applied Physics*. 1953. Vol. 24, No. 8. P. 981–988. DOI: 10.1063/1.1721448.
7. Hutchings I. M., Shipway P. *Tribology: friction and wear of engineering materials*. 2nd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2017. 412 p.
8. Kou S. *Welding metallurgy*. 2nd ed. Hoboken, NJ : Wiley-Interscience, 2003. 461 p.
9. Захаров А. В., Рибалко І. М., Сайчук О. В., Боровик О. Ю. Процес електрошлакового наплавлення з використанням електродних порошкових дровів. *International Science Journal of Engineering & Agriculture*. 2023. Vol. 2, No. 1. P. 1–9. DOI: 10.46299/j.isjea.20230201.01.
10. Захаров А. В., Рибалко І. М., Тіхонов О. В., Сайчук О. В. Дослідження зношуючої здатності ґрунтів та її вплив на довговічність робочих органів ґрунтообробних машин. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2023. Вип. 13, т. 1. С. 106–117. DOI: 10.31388/sbtsatu.v13i1.359.
11. ISO 6508-1:2016. *Metallic materials – Rockwell hardness test – Part 1: Test method*. Geneva : International Organization for Standardization, 2016.
12. ASTM G65-16 (2021). *Standard test method for measuring abrasion using the dry sand/rubber wheel apparatus*. West Conshohocken, PA : ASTM International, 2021.
13. ISO 9227:2022. *Corrosion tests in artificial atmospheres – Salt spray tests*. Geneva : International Organization for Standardization, 2022.
14. Захаров А. В., Рибалко І. М., Тіхонов О. В., Гончаренко О. Модифікування реноваційних покриттів для підвищення зносостійкості культиваторних лап. *Вісник ХНТУ*. 2022. Вип. 4 (83). С. 37–42.
15. Schramm F., Kalácska Á., Pfeiffer V., Sukumaran J., De Baets P., Frerichs L. Modelling of abrasive material loss at soil tillage via scratch test with the discrete element method. *Journal of Terramechanics*. 2020. Vol. 91. P. 275–283. DOI: 10.1016/j.jterra.2020.08.002.
16. de Sousa J. M. S., Gil G. S., Barbosa M. dos S., Garcia D. N., Lobato M. Q., Machado P. C. Tribological performance under abrasive wear of Fe–Cr–C+Nb coating deposited by FCAW process. *Wear*. 2023. Vol. 523. 204824. DOI: 10.1016/j.wear.2023.204824.
17. Holmberg K., Kivikytö-Reponen P., Härki-saari P., Valtonen K., Erdemir A. Global energy consumption due to friction and wear in the mining industry. *Tribology International*. 2017. Vol. 115. P. 116–139. DOI: 10.1016/j.triboint.2017.05.010.
18. Захаров А. В., Рибалко І. М., Сайчук О. В. Металургійні процеси плавлення і перенесення електродного та присадного матеріалів у шлаковій ванні при електрошлаковому наплавленні. *Вісник Львівського торговельно-економічного університету*. 2023. Вип. 33. С. 12–18. DOI: 10.36477/2522-1221-2023-33-02.
19. Kuskov Yu. M. Application of flux-cored wires at surfacing, remelting and in metallurgy. *The Paton Welding Journal*. 2019. No. 3. P. 27–33.
20. Paton V. E., Yushchenko K. A., Kozulin V. P., Lychko I. I. Electroslag welding process analysis. *The Paton Welding Journal*. 2019. No. 10. P. 33–40.
21. Нетяга А. В., Кусков Ю. М., Проскудін В. М. та ін. Підвищення зносостійкості великомодульних прямозубих зубчастих коліс шляхом наплавлення. *Сучасна електromеталургія*. 2021. № 4. С. 9–15. DOI: 10.37434/sem2021.04.02.
22. Захаров А. В., Рибалко І. М., Тіхонов О. В. Зносостійкість та ресурс відновлених і зміцнених електрошлаковим наплавленням лемішів і культиваторних стрілочастих лап. *Збірник наукових праць НУК*. 2024. № 4 (497). С. 20–27. DOI: 10.15589/znp2024.4 (497).4.
23. Рибалко І. М., Захаров А. В., Сайчук О. В., Коротій В. О. Дослідження причин проплавлення основного металу при електрошлаковому наплавленні і методи його регулювання. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2023. № 4 (87). С. 129–136. DOI: 10.35546/kntu2078-4481.2023.4.15.
24. Захаров А. В., Рибалко І. М., Сайчук О. В. Фізико-хімічні властивості флюсів та їхні технологічні параметри. *International Science Journal of Engineering & Agriculture*. 2022. Vol. 1, No. 5. P. 70–76. DOI: 10.46299/j.isjea.20220105.09.

REFERENCES

1. Saichuk, O., Borovyk, O., Borovyk, V., Zakharov, A., & Kapustianskyi, M. (2025) Formation and properties of NbC-reinforced layers obtained by electrosag surfacing in a small-diameter current-fed crystallizer. *Technology Audit and Production Reserves*, 5 (1(85)), 30–35. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2025.341827>
2. Tekeste, M. Z., Balvanz, L. R., Al-Aani, F., et al. (2022) Hardened edges effects on wear characteristics of cultivator sweeps using circular soil bin test. *Journal of Tribology*, 144 (2), 024501. <https://doi.org/10.1115/1.4050805>
3. Tulaganova, L., Yunushuzhaev, S., & Juraeva, G. (2022) Improving the wear resistance and durability of cultivator tools. *Journal of Physics: Conference Series*, 2373, 022026. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2373/2/022026>
4. Rogovskii, I. L., Titova, L. L., Voinash, S. A., & Troyanovskaya, I. P. (2020) Engineering management of tillage equipment with concave disk spring shanks. *INMATEH – Agricultural Engineering*, 60 (1), 45–52. <https://doi.org/10.35633/INMATEH-60-05>
5. Białoברzeska, B., Jasiński, R., Konat, Ł., & Szczepański, Ł. (2021) Analysis of the properties of Hardox Extreme and Hardox 500 steels in hardness tests. *Metals*, 11, 162. <https://doi.org/10.3390/met11010162>
6. Archard, J. F. (1953) Contact and rubbing of flat surfaces. *Journal of Applied Physics*, 24 (8), 981–988. <https://doi.org/10.1063/1.1721448>
7. Hutchings, I. M., & Shipway, P. (2017) *Tribology: friction and wear of engineering materials*. 2nd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann.
8. Kou, S. (2003) *Welding metallurgy*. 2nd ed. Hoboken, NJ: Wiley-Interscience.
9. Zakharov, A. V., Rybalko, I. M., Saichuk, O. V., & Borovyk, O. Yu. (2023) Electrosag surfacing process using electrode flux-cored wires [Protsey elektroshlakovoho naplavlennia z vykorystanniam elektrodnykh poroshkovykh drotiv]. *International Science Journal of Engineering & Agriculture*, 2 (1), 1–9. <https://doi.org/10.46299/j.isjea.20230201.01> [in Ukrainian].
10. Zakharov, A. V., Rybalko, I. M., Tikhonov, O. V., & Saichuk, O. V. (2023) Study of soil abrasive capacity and its influence on durability of working bodies of tillage machines [Doslidzhennia zno-shuiuchoi zdatnosti gruntiv ta yii vplyv na dovhovichnist robochykh orhaniv gruntoobrobnykh mashyn]. *Naukovyi visnyk TDATU*, 13 (1), 106–117. <https://doi.org/10.31388/sbtsatu.v13i1.359> [in Ukrainian].
11. International Organization for Standardization (2016) ISO 6508-1:2016 Metallic materials – Rockwell hardness test – Part 1: Test method. Geneva: ISO.
12. ASTM International (2021) ASTM G65-16 (2021) Standard test method for measuring abrasion using the dry sand/rubber wheel apparatus. West Conshohocken, PA: ASTM International.
13. International Organization for Standardization (2022) ISO 9227:2022 Corrosion tests in artificial atmospheres – Salt spray tests. Geneva: ISO.
14. Zakharov, A. V., Rybalko, I. M., Tikhonov, O. V., & Honcharenko, O. O. (2022) Modification of renovation coatings to increase wear resistance of cultivator sweeps [Modyfikuvannia renovatsiinykh pokryttiv dlia pidvyshchennia znosostiikosti kultyvatornykh lap]. *Visnyk KhNTU*, 4 (83), 37–42. [in Ukrainian].
15. Schramm, F., Kalácska, Á., Pfeiffer, V., Sukumaran, J., De Baets, P., & Frerichs, L. (2020) Modelling of abrasive material loss at soil tillage via scratch test with the discrete element method. *Journal of Terramechanics*, 91, 275–283. <https://doi.org/10.1016/j.jterra.2020.08.002>
16. de Sousa, J. M. S., Gil, G. S., Barbosa, M. dos S., Garcia, D. N., Lobato, M. Q., & Machado, P. C. (2023) Tribological performance under abrasive wear of Fe–Cr–C+Nb coating deposited by FCAW process. *Wear*, 523, 204824. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2023.204824>
17. Holmberg, K., Kivikytö-Reponen, P., Härkisaari, P., Valtonen, K., & Erdemir, A. (2017) Global energy consumption due to friction and wear in the mining industry. *Tribology International*, 115, 116–139. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2017.05.010>
18. Zakharov, A. V., Rybalko, I. M., & Saichuk, O. V. (2023) Metallurgical processes of melting and transfer of electrode and filler materials in slag bath during electrosag surfacing [Metalurhiini protsesy plavlennia i perenesennia elektrodnoho ta prysadyho materialiv u shlakovii vanni pry elektroshlakovomu naplavlenni]. *Visnyk Lvivskoho torhovelno-ekonomichnoho universytetu*, 33, 12–18. <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2023-33-02> [in Ukrainian].
19. Kuskov, Yu. M. (2019) Application of flux-cored wires at surfacing, remelting and in metallurgy. *The Paton Welding Journal*, (3), 27–33.
20. Paton, B. E., Yushchenko, K. A., Kozulin, V. P., & Lychko, I. I. (2019) Electrosag welding process analysis. *The Paton Welding Journal*, (10), 33–40.
21. Netiaha, A. V., Kuskov, Yu. M., Proskudin, V. M., et al. (2021) Increasing wear resistance of large-module spur gears by surfacing [Pidvyshchennia znosostiikosti velykomodulnykh priamozubykh zubchastykh kolis shliakhom naplavlennia]. *Suchasna elektrometalurhiia*, (4), 9–15. <https://doi.org/10.37434/sem2021.04.02> [in Ukrainian].
22. Zakharov, A. V., Rybalko, I. M., & Tikhonov, O. V. (2024) Wear resistance and service life of ploughshares and cultivator sweeps restored and strengthened by electrosag surfacing [Znosostiikist ta resurs vidnovlenykh i zmitsnenykh elektroshlakovym

naplavlenniam lemeshiv i kultyvatornykh strilchastykh lap]. *Zbirnyk naukovykh prats NUK*, 4 (497), 20–27. <https://doi.org/10.15589/znp2024.4> (497).4 [in Ukrainian].

23. Rybalko, I. M., Zakharov, A. V., Saichuk, O. V., & Korotii, V. O. (2023) Study of causes of base metal penetration during electroslag surfacing and methods of its regulation [Doslidzhennia prychyn proplavlennia osnovnoho metalu pry elektroshlakovomu naplavlenni i metody yoho rehuliuвання]. *Visnyk Khersonskoho*

natsionalnoho tekhnichnoho universytetu, 4 (87), 129–136. <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481>. 2023.4.15 [in Ukrainian].

24. Zakharov, A. V., Rybalko, I. M., & Saichuk, O. V. (2022) Physicochemical properties of fluxes and their technological parameters [Fizyko-khimichni vlastyvyosti flusiv ta yikhni tekhnolohichni parametry]. *International Science Journal of Engineering & Agriculture*, 1 (5), 70–76. <https://doi.org/10.46299/j.isjea.20220105.09> [in Ukrainian].

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)



Дата першого надходження статті до видання: 24.02.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.03.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 08.05.2026

УДК 624.138.232:691.54

Михайловська О. В.,

etikhaylovskaya27@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7451-3210,

к.т.н., старший науковий співробітник, доцент кафедри буріння та геології, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава

Усанов М. О.,

mikhailusanov99lvl@gmail.com, ORCID ID: 0009-0000-4090-1012,

студент, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава

ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБАВОК ТЕХНОГЕННОГО ПОХОДЖЕННЯ НА МІЦНІСНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТОВИХ ОСНОВ І ФУНДАМЕНТІВ З ҐРУНТОЦЕМЕНТУ

Анотація. Проаналізовано відомі технологічні рішення щодо збільшення міцності ґрунтоцементу. Встановлено, що зола-виношення є одним із найбільш досліджених техногенних продуктів. Техніко-економічні розрахунки показують, що використання золошлакових відходів теплоелектро станцій у виробництві бетонних і залізобетонних виробів дозволяє скоротити витрату цементу з метою підвищення міцності ґрунтоцементу пропонується додавати добавки золи виносу в кількості 5 мас. % від маси цементу при виготовленні ґрунтоцементу. Встановлено, що додавання золи виносу у кількості 5 % від маси цементу здатне покращити міцність зразків після 28 діб.

Додавання залишкового осаду каналізаційних очисних споруд до складу ґрунтоцементу є сучасним методом комплексної утилізації промислових відходів, що дозволяє одночасно вирішувати екологічні та інженерні завдання. У такій системі осад виконує роль органо-мінерального мікронаповнювача, який завдяки своїй дрібнодисперсній структурі заповнює пори між частинками ґрунту, підвищуючи щільність та водонепроникність готового матеріалу. Ключовим чинником, що обмежує використання сирового осаду є високий вміст органічних речовин, який перешкоджає нормальній гідратації цементу. Тому спостерігаємо зниження міцності ґрунтоцементу при додаванні 10 % висушеного залишкового осаду каналізаційних очисних споруд. Однак при додаванні до ґрунтоцементу залишкового осаду у кількості 5 % значення міцності значно не змінились.

Визначено, що якщо додати до ґрунтоцементу добавку висушеного осаду у кількості 5 % це значно не вплине на його міцність. Встановлено, що міцність ґрунтоцементу з додаванням 5 % осаду каналізаційних очисних споруд чи золи виносу буде зростати з часом, як і у ґрунтоцементу без додавання добавок. Проте темпи цього зростання та фінальні показники будуть відрізнятися.

Ключові слова: несуча здатність, ґрунтоцемент, паля, осад, ґрунтові умови, міцність.

Mykhailovska O. V.,

etikhaylovskaya27@gmail.com, ORCID ID:0000-0001-7451-3210,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Drilling and Geology, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava

Usanov M. O.,

mikhailusanov99lvl@gmail.com, ORCID ID: 0009-0000-4090-1012,

Student, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava

INFLUENCE OF MINERAL ADDITIVES OF TECHNOGENIC ORIGIN ON THE STRENGTH PROPERTIES OF SOIL BASES AND SOIL-CEMENT FOUNDATIONS

Abstract. It was analyzed technological solutions for increasing the strength of soil cement. It was determined that fly ash is one of the most studied technogenic products. Feasibility studies show that the

use of ash and slag waste from thermal power plants in the production of concrete and reinforced concrete products allows reducing cement consumption. In order to increase the strength of soil cement, it is proposed to add fly ash additives in the amount of 5 wt.% of the mass of cement in the manufacture of soil cement. It was determined that the addition of fly ash in the amount of 5 % of the mass of cement can improve the strength of samples after 28 days by 16.9 %. Adding residual sludge from sewage treatment plants to the soil cement composition is a modern method of comprehensive utilization of industrial waste. This allows solving environmental and engineering problems simultaneously. In such a system, sediment acts as an organo-mineral microfiller. Due to its finely dispersed structure, it fills the pores between soil particles and increases the density and water resistance of the finished material. The key factor limiting the use of raw sediment is the high content of organic substances, which prevents normal hydration of cement. Therefore, we observe a decrease in the strength of soil cement when adding 10 % of dried residual sludge from sewage treatment plants. However, when adding 5 % of residual sludge to soil cement, the strength values did not change significantly. It was determined that adding 5 % of dried sludge to soil cement will not significantly affect the strength of soil cement. It was found that the strength of soil cement with the addition of 5 % of sewage treatment plant sludge or fly ash will increase over time, as in soil cement without the addition of additives. However, the pace of this growth and the final figures will vary.

Key words: bearing capacity, soil cement, pile, sediment, soil conditions, strength.

JEL Classification: Q24; C91; C92

DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2026-45-03>

Постановка проблеми. Сучасний стан наукових досліджень у галузі дорожнього та промислового будівництва свідчить про активний пошук методів модифікації ґрунтоцементу для покращення його фізико-механічних показників та зниження енергоємності виробництва. Аналіз наукової літератури дозволяє класифікувати добавки до ґрунтоцементу як: хімічні модифікатори, мінеральні наповнювачі (мікронаповнювачі) та армувальні компоненти. Актуальним є використання мінеральних та техногенних добавок у складі ґрунтоцементу з метою покращення екологічного стану регіону.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Активне вивчення технологій відновлення ресурсів, зокрема шляхом часткового заміщення цементу та піску промисловими відходами, бере свій початок ще з 70-80-х років минулого століття [1]. Особлива увага в науковій літературі приділяється інтеграції золи-винесення ТЕС у склад бетонів [2-3]. Доведено, що завдяки пуцолановим властивостям ці добавки взаємодіють із гідроксидом кальцію, утворюючи вторинні гідросилікати. Такий процес сприяє ущільненню структури матеріалу та посилює його стійкість до зовнішніх агресивних чинників [4]. Згідно з висновками Л. Й. Дворкіна (2021), використання мінеральних і техногенних модифікаторів у ґрунтоцементі дозволяє не лише оптимізувати мікроструктуру, а й суттєво зменшити частку клінкеру в суміші [5].

Зола-винесення наразі належить до категорії найґрунтовніше вивчених промислових відходів. Аналіз техніко-економічних показників свідчить,

що впровадження золошлаків ТЕС у технологію виготовлення бетонних конструкцій забезпечує економію цементу в межах 10 % та суттєво оптимізує фізико-механічні параметри ґрунтоцементу [6]. Екологічний та логістичний ефект від утилізації таких відходів полягає у мінімізації витрат на утримання відвалів та запобіганні забрудненню довкілля.

Дослідження процесів гідратації портландцементу з додаванням 40 % золи-виносу підтвердили доцільність радикального зменшення частки клінкерного складника в бетонах [3]. Зокрема, В. П. Ковальський (2014) обґрунтовує ефективність використання близько 20 % тонкодисперсної золи у будівельних розчинах як альтернативи високим маркам портландцементу. У такій рецептурі зола виконує функцію мінерального мікронаповнювача, що не лише заощаджує в'язуче, а й покращує пластичні характеристики сумішей [3, 7].

Дослідники вказують на доцільність використання осадів стічних вод як органо-техногенного компонента при створенні ґрунтоцементних сумішей. Такий підхід вважається перспективною стратегією у сфері «зеленого» будівництва. Згідно з працями Yusuf et al. (2012), інтеграція цих відходів у ґрунтові системи не лише вирішує проблему утилізації продуктів очисних споруд, а й сприяє покращенню експлуатаційних характеристик матеріалів [4].

За своєю структурою залишковий осад є складним поліфазним субстратом, де близько

60 % припадає на кристалічні мінерали, а 40 % становить склоподібна фаза. Wang et al. (2005) експериментально підтвердили, що поєднання зольного осаду стічних вод з алюмінієвим порошком як газоутворювачем дозволяє синтезувати легкі теплоізоляційні матеріали. Завдяки значному вмісту кальцію та розвиненій пористості, зольний осад січних вод ефективно виконує роль пороутворювача [8].

Водночас Lin (2005) застерігає, що клінкер на основі зольного осаду стічних вод може характеризуватися підвищеною концентрацією важких металів, зокрема Pb, Zn, Cd, Ni, Cr та Cu [9]. Це зумовлює необхідність суворого моніторингу хімічного складу при використанні таких добавок. Таким чином, оптимізація міцності будівельних матеріалів та економія в'язучого за одночасного зниження антропогенного навантаження на довкілля через утилізацію відходів залишається пріоритетним науковим завданням.

Постановка завдання. Метою дослідження є аналіз впливу мінеральних добавок техногенного та ограно-техногенного походження на міцність ґрунтоцементу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Під ґрунтоцементом розуміють штучний монолітний конгломерат, який виникає внаслідок твердіння збалансованого складу з ґрунтової основи, гідравлічного в'язучого та води [10–15]. З наукової точки зору формування каркаса цього матеріалу є складним гетерогенним процесом. Він базується на синергії гідратації клінкерних мінералів цементу та іонообмінних явищ, що відбуваються на поверхні глинистих частинок. Найкращі результати при цементації демонструють ґрунти з високим вмістом піщаних фракцій, оскільки вони формують жорсткий структурний скелет. При цьому критично важливою є мінімальна кількість органічних речовин, які здатні сповільнювати (інгібувати) реакції гідратації [11].

Дослідження механічних характеристик ґрунтоцементних композитів проводилося із залученням золи-винесення Миколаївської ТЕЦ [12]. На підготовчому етапі техногенна сировина піддавалася механічному очищенню: для видалення сторонніх включень її просівали крізь сито з чарунками 2 мм. Середній показник вологості підготовленої золи становив 0,6 %, а вміст склоподібної фази (фракцією до 2 мм) складав приблизно 15 %.

За своїм агрегатним станом сирий осад каналізаційних очисних споруд (КОС) класифікується

як переважно мулиста субстанція, що містить вкраплення піщаних фракцій. Натомість зола-винесення, яка утворюється в процесі спалювання вугілля на ТЕС, виступає як еталонний пуцолановий компонент.

Завдяки високій концентрації активних оксидів – діоксиду кремнію (SiO_2) та оксиду алюмінію (Al_2O_3) – зола вступає у хімічну взаємодію з гідроксидом кальцію, що вивільняється під час гідратації цементу. Результатом цієї реакції є синтез додаткових сполук, які в довгостроковій перспективі суттєво зміцнюють структуру бетону чи ґрунтоцементу та подовжують термін їх експлуатації.

Осад КОС (рис. 1), зі свого боку, належить до категорії органо-мінеральних модифікаторів. Його специфіка полягає в тому, що мінеральний склад представлений переважно дрібними частинками глини, піску та солей, тоді як органічна складова (гумусоподібні сполуки) виконує роль пластифікуючого або гідрофобізуючого агента.



Рис. 1. Загальний вигляд сирого осаду каналізаційних очисних споруд

Інтеграція залишкових осадів каналізаційних очисних споруд (КОС) у склад ґрунтоцементних сумішей виступає прогресивною стратегією рециклінгу промислових відходів. Такий підхід забезпечує синергію між вирішенням екологічних проблем та досягненням інженерних цілей. У структурі композиту осад функціонує як органо-мінеральний мікронаповнювач. Завдяки високій дисперсності його частинки ефективно заповнюють порову структуру ґрунту, що веде до зростання показників щільності та гідрофобності матеріалу.

Твердіння, зміцнення системи визначається гідратацією цементу, при якій активні компоненти осаду інтегруються у процес розбудови кристалічного каркаса гідросилікатів кальцію.

Проте позитивний вплив добавки лімітується концентрацією органічних сполук. Високий вміст органіки в осаді КОС провокує інгібуючий ефект, що гальмує швидкість тужавіння цементного каменю та негативно позначається на міцності матеріалу при стисканні. З огляду на це, раціональне дозування осаду зазвичай обмежується діапазоном 5–15 % від загальної маси.

В межах роботи було проведено експериментальне порівняння динаміки міцності при використанні золи-виношення Миколаївської ТЕЦ та сирого осаду очисних споруд м. Кропивницький. Технологічний процес виготовлення лабораторних зразків було адаптовано до реальних умов виробництва [2]. На початковому етапі готувалася в'язуча суспензія (так зване «цементне молоко»). Рецепт передбачала масову частку цементу на рівні 20 % від ваги сухого ґрунту, при цьому водоцементне відношення (В/Ц) становило 2,0.

На наступному етапі до отриманого розчину вводили активну добавку у вигляді золи-виношення (5 % від маси цементу) або залишкового осаду (5 % та 10 % від маси цементу) та проводили ретельне перемішування до гомогенного стану суміші.

На завершальній стадії до модифікованої суміші додавали лесовий суглинок із природною вологістю 14 %, після чого компоненти інтенсивно перемішували протягом щонайменше 5 хвилин до досягнення стану повної однорідності.

Після перемішування ґрунтоцементна суміш укладалася у циліндричні форми діаметром 2,8 см і висотою 3,5–4 см (рис. 2). До проведення випробування зразки зберігались зануреними у воду протягом 28, 90 діб з метою набору міцності.

Випробування проводились згідно з ДСТУ Б В.2.7-214:2009 як для бетонів з урахуванням ДСТУ Б В.2.1-4-96. Експеримент проводили з 6–10 зразками. Результати експерименту наведені у таблиці 1. В таблиці 1 представлені середні значення міцності на стиск.



Рис. 2. Загальний вигляд руйнування зразка ґрунтоцементу із додаванням 5 % висушеного осаду каналізаційних очисних споруд

Встановлено, що використання залишкового осаду каналізаційних очисних споруд як добавки до ґрунтоцементу перетворює його з відходу на орґано-мінеральний наповнювач. При дозуванні до 10 % від маси в'язучого, осад сприяє ущільненню структури матеріалу, заповнюючи мікропорожнечі, що позитивно впливає на водоцементне відношення.

Встановлено, що межа міцності на стиск зразків ґрунтоцементу із додаванням частки залишкового осаду 5 % і 10 % від маси цементу становить 2,85 МПа та 2,21 МПа. Відомо, що межа міцності на стиск зразків ґрунтоцементу без додавання добавок – 2,78 МПа.

Встановлено, що додавання золи виносу у кількості 5 % від маси цементу здатне покращити міцність зразків після 28 діб на 16,9 %

За результатами експерименту додавання сирого осаду у кількості 10 % у віці 28 діб знижує середню міцність зразків на стиск за рахунок наявності у залишковому осаді значної кількості органічних речовин. Якщо додати до ґрунтоцементу добавку у кількості 5 % це значно не вплине на міцність ґрунтоцементу. При цьому можна відмітити зростання міцності на величину близько 2 %.

Таблиця 1

Характеристики міцності на стиск ґрунтоцементних зразків з додаванням золи виносу (у віці 28–90 діб) при коефіцієнті варіації, v

Середня міцність на стиск, МПа	Без добавки	З додаванням		
		Висушений залишковий осад 10 %	Висушений залишковий осад 5 %	Золи виносу 5 %
R_{28}/v	2,78/0,30	2,21/0,13	2,85/0,29	3,25/0,18
R_{90}/v	3,06/0,28	2,32/0,20	2,98/0,24	3,65/0,21

За результатами досліджень встановлено, що зі збільшенням терміну витримки зразків у воді до 90 діб зростає середня міцність на стиск зразків ґрунтоцементу без добавки та з додаванням відповідного відсотку золи виносу.

Зразки з додаванням висушеного залишкового осаду каналізаційних очисних споруд також набирають міцність при витримці їх у воді.

Спостерігаємо зростання міцності на 4,5–4,98 % після 90 діб перебування в замоченому стані в порівнянні зі зразками витриманими 28 діб. При набірці міцності зразками з осадом критично важливо, щоб матеріал не пересихав у перші 14 днів. Органічні речовини в осаді при пересиханні можуть стискатися, створюючи мікротріщини, які з часом лише розширюватимуться. Відбувається основна фаза гідратації цементу. У сумішах з осадом етап набору міцності дещо сповільнений. У термін з 7 до 28 діб при твердінні ґрунтоцементних зразків органічні речовини (гумінові кислоти), що містяться в залишковому осаді, діють як інгібітори. При цьому сповільнюється момент утворення кристалічної решітки.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі.

Ключовим чинником, що обмежує використання сирого осаду є високий вміст органічних речовин, який перешкоджає нормальній гідратації цементу. Тому спостерігаємо зниження міцності ґрунтоцементу при додаванні 10 % висушеного залишкового осаду КОС. Однак при додаванні до ґрунтоцементу залишкового осаду у кількості 5 % значення міцності значно не змінилися.

Слід відмітити зростання міцності ґрунтоцементу з вмістом добавок. Так, міцність ґрунтоцементу з додаванням 5 % осаду каналізаційних очисних споруд чи золи виносу буде зростати з часом, як і у ґрунтоцементу без додавання добавок. Проте темпи цього зростання та фінальні показники будуть відрізнятися.

Додавання осаду до ґрунтоцементу існуюча технологія для створення нижніх шарів доріг, дамб або рекультивації сміттєзвалищ. Головне завдання при цьому знайти баланс між екологічною користю та механічною стійкістю конструкції.

Слід відзначити, що необхідно дослідити міцнісні характеристики зразків ґрунтоцементу з комбінуванням додавання осаду КОС та активних мінеральних добавок, таких як зола виносу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Yusuf R. O., Noor Z. Z., Din M. F. M. and Abba A. H. Use of sewage sludge ash (SSA) in the production of cement and concrete *Int. J. Global Environmental*, 2012. Issues 12 (2/3/4). P. 214–228.

2. Phummiphan I., Horpibulsuk S., Sukmak P., Chinkulkijniwat A., Arulrajah A., & Shen S. L. Stabilisation of marginal lateritic soil using high calcium fly ash-based geopolymer. *Road Materials and Pavement Design*. 2016. № 17 (4). P. 877–891. <https://doi.org/10.1080/14680629.2015.1132632>

3. Ковальський В. П., Сідлак О. С. Використання золи-виносу ТЕС в будівельних матеріалах. *Сучасні технології, матеріали та конструкції в будівництві*. 2014. 16 (1). С. 35–40.

4. Дворкін Л. Й. Ефективні золівмісні цементи, бетони та розчини.: монографія. Рівне. 2022. 419 с.

5. Dvorkin L., Zhitkovsk V., Lushnikova N., & Ribakov Y. Metakaolin and Fly Ash as Mineral Admixtures for Concrete (1st ed.). CRC Press. 2021. 240 p. <https://doi.org/10.1201/9781003096825>

6. Mykhailovska O. V., & Zotsenko M. L. Drilling Waste Disposal Technology Using Soil Cement Screens. *Key Engineering Materials*. 2022. № 925. P. 211–220. <https://doi.org/10.4028/p-mk6s47>

7. Блащук Н. В., Маєвська І. В., Гончарук М. С. Використання золи виносу у складі ґрунтоцементу. *Науково-технічний журнал «Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві»*. 2020. Том 29. Вип. 2. С. 51–65. DOI 10.31649/2311-1429-2020-2-51-65

8. Wang K-S., Chion I-J., Chen C-H. and Wang D. Lightweight properties and porestructure of foamed material made from sewage sludge ash. *Constr. Build. Mater*. 2005. № 19 (8). P. 627–633.

9. Lin K-L. and Lin C-Y. Hydration characteristics of waste sludge ash utilized as rawcement material. *Cem. Concr. Res*. 2005. № 35 (10). P. 1999–2007.

10. Bida S. V., Petrash O. V., Petrash R. V. Reinforcement Efficiency of Soil-Cement Elements Manufactured by Deep Soil Mixing Technology. *Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences*. 2025. Issue 12 (43). Part I. P. 350–357. [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.12\(43\).1.350-357](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.12(43).1.350-357)

11. Зоценко М. Л., Винников Ю. Л., Зоценко В. М. Бурові ґрунтоцементні палі, які виготовляються за бурозмішувальним методом : монографія. Харків, 2016. 92 с.

12. Mykhailovska O. Technology of Manufacturing Hollow Soil-Cement Blocks. *Key Engineering Materials*. 2024. № 986. P. 119–127. Trans Tech Publications, Ltd. <https://doi.org/10.4028/p-4vnn0p>

13. Киричек Ю. А., Комісаров Г. В. Конструкції з ґрунтоцементу для зведення фундаментів будівель і споруд. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2019. № 3. С. 42–50.

14. Губашова В. Є. Досвід виконання ґрунтоцементних елементів по технології струменевої цементації в шлаках доменного виробництва. *Науково-технічний журнал «Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві»*. Вінниця. 2019. № 27 (2). С. 87–95.

15. Gubashova V. Experience of performance of the horizontal anti-filtration screen with the application of double fluid jet grouting. *Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe (East European Scientific Journal)*. Poland. 2020. № 1 (53). С. 28–34.

REFERENCES

1. Yusuf R. O., Noor Z. Z., Din M. F. M. and Abba A. H. Use of sewage sludge ash (SSA) in the production of cement and concrete *Int. J. Global Environmental*, 2012. Issues 12 (2/3/4). P. 214–228.

2. Phummiphan I., Horpibulsuk S., Sukmak P., Chinkulkijniwat A., Arulrajah A., & Shen S. L. Stabilisation of marginal lateritic soil using high calcium fly ash-based geopolymer. *Road Materials and Pavement Design*. 2016. № 17 (4). P. 877–891. <https://doi.org/10.1080/14680629.2015.1132632>

3. Kovalskiy V. P., Sidlak O. S. Use of TPP fly ash in building materials. *Modern technologies, materials and structures in construction*. 2014. 16 (1). P. 35–40 [in Ukrainian].

4. Dvorkin L. Yu. Effective ash-containing cements, concretes and mortars.: monograph. Rivne. 2022. 419 p. [in Ukrainian].

5. Dvorkin L., Zhitkovsk V., Lushnikova N., & Ribakov Y. Metakaolin and Fly Ash as Mineral Admixtures for Concrete (1st ed.). CRC Press. 2021. 240 p. <https://doi.org/10.1201/9781003096825>

6. Mykhailovska O. V., & Zotsenko M. L. Drilling Waste Disposal Technology Using Soil Cement Screens. *Key Engineering Materials*. 2022. № 925. P. 211–220. <https://doi.org/10.4028/p-mk6s47>

7. Blaschuk N. V., Mayevska I. V., Goncharuk M. S. Use of fly ash in the composition of soil cement.

Scientific and technical journal “Modern technologies, materials and structures in construction”. 2020. Issue 29. Issue 2. P. 51–65. DOI 10.31649/2311-1429-2020-2-51-65

8. Wang K-S., Chion I-J., Chen C-H. and Wang D. Lightweight properties and porestructure of foamed material made from sewage sludge ash. *Constr. Build. Mater*. 2005. № 19 (8). P. 627–633.

9. Lin K-L. and Lin C-Y. Hydration characteristics of waste sludge ash utilized as rawcement material. *Cem. Concr. Res*. 2005. № 35 (10). P. 1999–2007.

10. Bida S. V., Petrash O. V., Petrash R. V. Reinforcement Efficiency of Soil-Cement Elements Manufactured by Deep Soil Mixing Technology. *Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences*. 2025. Issue 12 (43). Part I. P. 350–357. [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.12\(43\).1.350-357](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.12(43).1.350-357)

11. Zotsenko N, Vynnykov Yu., Zotsenko V. Soil-cement piles by boring-mixing technology. Kharkiv. 2016. 92 p. [in Ukrainian].

12. Mykhailovska O. Technology of Manufacturing Hollow Soil-Cement Blocks. *Key Engineering Materials*. 2024. № 986. P. 119–127. Trans Tech Publications, Ltd. <https://doi.org/10.4028/p-4vnn0p>

13. Kyrychek Y. A., Komissarov G. V. Soil-cement structures for the construction of foundations of buildings and structures. *Bulletin of the Pridneprovskaya State Academy of Civil Engineering and Architecture*. 2019. № 3. P. 42–50. [in Ukrainian].

14. Gubashova V. E. Experience of carrying out of ground-cement elements on the jet grouting technology in slags of a blast-furnace process. *Scientific and technical journal “Modern technologies, materials and structures in construction”*. Vinnytsia. 2019. № 27 (2). P. 87–95. [in Ukrainian].

15. Gubashova V. Experience of performance of the horizontal anti-filtration screen with the application of double fluid jet grouting. *Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe (East European Scientific Journal)*. Poland. 2020. № 1 (53). P. 28–34.

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)



Дата першого надходження статті до видання: 19.02.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 17.03.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 08.05.2026

УДК 621.791.725

Юрченко Ю. В.,

yuriiyurchenko14@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9253-009X, Researcher ID: NBY-2724-2025, аспірант, провідний інженер відділу «Спеціалізована високовольтна техніка та лазерне зварювання», Інститут електрозварювання імені Є. О. Патона Національної академії наук України, м. Київ

Сіора О. В.,

siora_ov@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-1927-790X, Researcher ID: FYR-4062-2022, науковий співробітник відділу «Спеціалізована високовольтна техніка та лазерне зварювання», Інститут електрозварювання імені Є. О. Патона Національної академії наук України, м. Київ

Соколовський М. В.,

m_sokolovskiy@paton.kiev.ua, ORCID ID: 0000-0003-3243-5060, Researcher ID: HLH-2412-2023, молодший науковий співробітник відділу «Спеціалізована високовольтна техніка та лазерне зварювання», Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона Національної академії наук України, м. Київ

Бернацький А. В.,

bernatskiy@paton.kiev.ua, ORCID ID: 0000-0002-8050-5580, Researcher ID: S-7462-2019, кандидат технічних наук, старший дослідник, завідувач відділу «Спеціалізована високовольтна техніка та лазерне зварювання», Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона Національної академії наук України, м. Київ

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ЛАЗЕРНОГО ЗВАРЮВАННЯ НА МІКРОТВЕРДІСТЬ СТИКОВИХ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ КОРОЗІЙНОСТІЙКОЇ СТАЛІ AISI 304

Анотація. Лазерне зварювання є одним із найбільш перспективних методів з'єднання корозійностійких сталей аустенітного класу, що широко застосовуються у відповідальних конструкціях сучасної промисловості. Особливу увагу при цьому приділяють забезпеченню стабільних механічних властивостей зварних з'єднань, зокрема рівномірному розподілу мікротвердості, який визначається умовами тепловкладення та кристалізації металу. Метою даної роботи є дослідження впливу параметрів лазерного зварювання на мікротвердість стикових зварних з'єднань корозійностійкої сталі AISI 304 товщиною 1,5 мм. Для цього виконано стикові з'єднання на трьох режимах лазерного зварювання з однаковою погонною енергією 60 Дж/мм та розфокусуванням лазерного випромінювання 0 мм, але з різними значеннями потужності та швидкості зварювання: $P = 1,5 \dots 2,5 \dots 3,5$ кВт та $V = 1,5 \dots 2,5 \dots 3,5$ м/хв. Мікротвердість визначали методом Віккерса як у поперечному перерізі зварних з'єднань так і вертикально вздовж осі шва. Встановлено, що всі досліджені зразки характеризуються дисперсною литою структурою металу шва з чітко окресленою лінією сплавлення та збереженням структури прокату в зоні термічного впливу й основному металі. Результати вимірювань показали нерівномірний розподіл мікротвердості як у поперечному, так і у вертикальному напрямках. Для всіх режимів характерне підвищення мікротвердості в металі шва порівняно з основним металом, що зумовлено швидкою кристалізацією і формуванням дрібнішої мікроструктури. Максимальні значення мікротвердості у зоні шва досягають 2540–2640 МПа залежно від режиму зварювання. Показано, що при режимі з меншою потужністю лазерного випромінювання ($P = 1,5$ кВт) формується найбільш рівномірний розподіл мікротвердості як по ширині, так і по висоті шва. Зі збільшенням потужності до 2,5 та 3,5 кВт зростає неоднорідність розподілу мікротвердості, при цьому у зоні термічного впливу та нижній частині шва з'являються локальні ділянки її зниження, що може бути пов'язано з локальним перегріванням та уповільненим охолодженням металу. Аналіз показав, що максимальні значення мікротвердості зазвичай спостерігаються у верхній частині шва, тоді як у напрямку до кореня можливе поступове зменшення мікротвердості.

Ключові слова: лазерне зварювання, корозійностійкі сталі, AISI 304, тонкостінні вироби, стикові зварні з'єднання, мікротвердість.

Yurchenko Yu. V.,

yuriyyurchenko14@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9253-009X, Researcher ID: NBY-2724-2025,
Post-graduate student, Lead Engineer of the Department of the Specialized High-Voltage Engineering and
Laser Welding, E. O. Paton Electric Welding Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

Siora O. V.,

siora_ov@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-1927-790X, Researcher ID: FYR-4062-2022,
Researcher of the Department of the Specialized High-Voltage Engineering and Laser Welding,
E. O. Paton Electric Welding Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

Sokolovskiy M. V.,

m_sokolovskiy@paton.kiev.ua, ORCID ID: 0000-0003-3243-5060, Researcher ID: HLH-2412-2023,
PhD, Junior Researcher of the Department of the Specialized High-Voltage Engineering and Laser Welding,
E. O. Paton Electric Welding Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

Bernatskiy A. V.,

bernatskiy@paton.kiev.ua, ORCID ID: 0000-0002-8050-5580, Researcher ID: S-7462-2019,
Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Head of the Department of the Specialized High-Voltage
Engineering and Laser Welding, E. O. Paton Electric Welding Institute of the National Academy of Sciences
of Ukraine, Kyiv

STUDY OF THE INFLUENCE OF LASER WELDING PARAMETERS ON THE MICROHARDNESS OF BUTT WELDED JOINTS OF STAINLESS STEEL AISI 304

Abstract. Laser welding is one of the most promising methods for joining austenitic stainless steels, which are widely used in critical structures in modern industry. Particular attention is paid to ensuring stable mechanical properties of welded joints, in particular, uniform microhardness distribution, which is determined by the conditions of heat input and metal crystallization. The purpose of this work is to study the influence of laser welding parameters on the microhardness of butt welded joints of AISI 304 stainless steel with a thickness of 1.5 mm. For this purpose, butt joints were made in three laser welding modes with the same linear energy of 60 J/mm and laser beam defocusing of 0 mm, but with different values of power and welding speed: $P = 1.5 \dots 2.5 \dots 3.5$ kW and $V = 1.5 \dots 2.5 \dots 3.5$ m/min. Microhardness was determined using the Vickers method both in the cross section of welded joints and vertically along the weld axis. It was found that all the samples studied are characterized by a dispersed cast structure of the weld metal with a clearly defined fusion line and preservation of the rolled structure in the heat-affected zone and base metal. The measurement results showed an uneven distribution of microhardness in both the transverse and vertical directions. All modes are characterized by an increase in microhardness in the weld metal compared to the base metal, which is due to rapid crystallization and the formation of a finer microstructure. The maximum microhardness values in the weld zone reach 2540–2640 MPa depending on the welding mode. It has been shown that at a lower laser power ($P = 1.5$ kW), the most uniform distribution of microhardness is formed both across the width and height of the weld. With an increase in power to 2.5 and 3.5 kW, the heterogeneity of microhardness distribution increases, with local areas of microhardness reduction appearing in the heat-affected zone and the lower part of the weld, which may be associated with local overheating and slow cooling of the metal. The analysis showed that the maximum microhardness values are usually observed in the upper part of the weld, while a gradual decrease in microhardness is possible towards the root.

Key words: laser welding, stainless steels, AISI 304, thin-walled products, butt welded joints, microhardness.

JEL Classification: L 23; O 31; O 32

DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2026-45-04>

Постановка проблеми. Зварювання є одним із ключових технологічних процесів сучасного машинобудування та металургії, що забезпечує

створення нероз'ємних з'єднань із заданими механічними, корозійними та експлуатаційними характеристиками. Воно широко застосовується

під час виготовлення відповідальних конструкцій у хімічній, енергетичній, харчовій, нафтогазовій та транспортній галузях, зокрема для виробництва, теплообмінників, резервуарів, трубопроводів, корпусів енергетичного обладнання, ємностей для харчових продуктів, нафтогазопровідної арматури, а також елементів кузовів транспортних засобів, де висувуються підвищені вимоги до надійності та довговічності зварних з'єднань [1, 2]. Особливе місце серед конструкційних матеріалів посідають корозійностійкі сталі аустенітного класу, що поєднують високу пластичність, міцність і стійкість до агресивних середовищ. Для з'єднання матеріалів застосовують різні методи зварювання, зокрема дугове зварювання, зварювання тертям з перемішуванням, TIG-зварювання, електронно-променевого, а також лазерне зварювання [3–5]. Кожен із цих методів має свої технологічні особливості та обмеження, пов'язані з тепловкладенням, формуванням структури шва і зони термічного впливу. Серед сучасних методів саме лазерне зварювання вважається одним із найбільш перспективних для з'єднання аустенітних корозійностійких сталей. Це зумовлено перевагами процесу, такими як висока густина енергії, значно менша ширина зварного шва та зони термічного впливу порівняно з іншими методами зварювання, мінімальні деформації й залишкові напруження [6, 7]. Завдяки цим перевагам лазерне зварювання успішно застосовується для з'єднання сталей, сплавів і різномірних матеріалів. Водночас експлуатаційна надійність зварних з'єднань корозійностійких сталей значною мірою визначається їх мікроструктурою та розподілом мікротвердості в металі шва і зоні термічного впливу. Забезпечення оптимального рівня мікротвердості є важливим завданням, оскільки її надмірне підвищення або зниження може призводити до зниження пластичності, тріщиностійкості та корозійної стійкості з'єднання. Одним із ефективних шляхів забезпечення необхідної мікротвердості зварних з'єднань є оптимізація параметрів лазерного зварювання, зокрема потужності лазерного випромінювання, швидкості зварювання, розфокусування променя та швидкості зварювання [8]. Раціональний вибір цих параметрів дозволяє формувати однорідну мікроструктуру та забезпечити задані механічні властивості зварних з'єднань корозійностійких аустенітних сталей [9].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

У сучасних наукових дослідженнях особлива увага приділяється аналізу розподілу мікротвердості в металі шва та зоні термічного впливу, а також встановленню залежності цих характеристик від параметрів зварювання, що зумовлює актуальність огляду літературних джерел, присвячених мікротвердості зварних з'єднань корозійностійких сталей.

У роботі [9] було досліджено мікротвердість зварних з'єднань зі сталі AISI 304 товщиною 3 мм зварених волоконним лазером. Встановлено, що розподіл мікротвердості по поперечному перерізу зварного з'єднання є нерівномірним: максимальні значення спостерігаються у верхній частині шва, а в середній зоні та поблизу кореня вони знижуються. Мікротвердість металу зони плавлення перевищує показники основного металу і досягає близько 250,5 HV_{0,2}, що приблизно на 48 HV_{0,2} більше за середнє значення підкладки (202 HV_{0,2}). Підвищення мікротвердості пояснюється формуванням дрібнозернистої структури внаслідок швидкого затвердіння під час лазерного зварювання.

У роботі [6] дослідники також проводили зварювання сталі AISI 304 товщиною 1 мм за допомогою CO₂ лазера. Було встановлено, що твердість зварних з'єднань сталі AISI 304 змінюється по поперечному перерізу та залежить від режимів лазерного зварювання. У зоні плавлення та зоні термічного впливу твердість є вищою, ніж у основному металі, що зумовлено меншим тепловкладенням і високою швидкістю охолодження.

Дослідження [10], яке стосувалося лазерного зварювання сталі AISI 304 товщиною 2 мм встановлено, що основний метал сталі AISI 304 має мікротвердість у межах 160–169 HV_{0,2}. У зоні плавлення спостерігається зниження мікротвердості до значень нижче 140 HV_{0,2}. Найменше зниження було зафіксовано для зразка, звареного при погонній енергії 480 Дж/мм. Отримані результати свідчать, що параметри лазерного зварювання, насамперед тепловкладення, суттєво впливають на мікротвердість металу шва і, відповідно, на механічні властивості з'єднання.

Результати огляду наукових робіт підтверджують, що дослідження розподілу мікротвердості є важливим інструментом оцінювання якості зварних з'єднань і дозволяє встановити вплив технологічних параметрів на локальні механічні властивості. Детальний аналіз мікротвердості дає

можливість обґрунтовано оптимізувати режими лазерного зварювання, забезпечити стабільність структури та підвищити експлуатаційну надійність виробів із корозійностійких аустенітних сталей.

Постановка завдання. Під час лазерного зварювання тонколистових виробів важливим фактором є забезпечення стабільних характеристик металу шва, зокрема рівномірного розподілу мікротвердості, що безпосередньо залежить від параметрів процесу. Водночас вплив режимів лазерного зварювання на формування мікротвердості стикових з'єднань корозійностійкої сталі AISI 304 товщиною 1,5 мм потребує додаткового дослідження. У зв'язку з цим набуває актуальності встановлення закономірностей зміни мікротвердості залежно від параметрів лазерного зварювання, що і є метою даної роботи.

Виклад основного матеріалу. Для дослідження мікротвердості було виконано стикові зварні з'єднання зразків зі сталі AISI 304 розміром 300×200×1,5 мм. Крайки зразків були оброблені фрезеруванням для стикування без зазору та перед зварюванням знежирювали ацетоном. Лазерне зварювання виконувалося з однаковою погонною енергією 60 Дж/мм на трьох режимах, де P – потужність лазерного випромінювання, V – швидкість зварювання, ΔF – величина розфокусування лазерного випромінювання: 1) $P = 1,5$ кВт; $V = 1,5$ м/хв; $\Delta F = 0$ мм; 2) $P = 2,5$ кВт; $V = 2,5$ м/хв; $\Delta F = 0$ мм; 3) $P = 3,5$ кВт; $V = 3,5$ м/хв; $\Delta F = 0$ мм (далі Зразок 1, Зразок 2, Зразок 3 відповідно). В якості захисного газу використовувався високочистий аргон з витратою $Q_{\text{корінь}} = 10$ л/хв, $Q_{\text{сопло}} = 25$ л/хв, $Q_{\text{хвіст}} = 20$ л/хв.

Хімічний склад сталі AISI 304 згідно ASTM A480/A480M-22a наведено в Табл. 1.

Як джерело лазерного випромінювання використовувався Nd:YAG-лазер "DY044" з потужністю випромінювання до 4,4 кВт та довжиною хвилі випромінювання $\lambda = 1,06$ мкм, фірми "Rofin-Sinar" (виробництва Німеччини). Пост для лазерного зварювання зображено на рис. 1.

Твердість фазових складових вимірювали по методу Віккерса, на мікротвердомірі М-400,

фірми "Leco". Навантаження складало 1Н (100 гр.), час прикладення навантаження 10 с, крок вимірювання 100 мкм.



Рис. 1. Пост для лазерного зварювання

Мікротвердість зварних з'єднань вимірювали, як у поперечному перерізі в середній частині шва через лінію ОМ–ЗТВ–шов–ЗТВ–ОМ, так і вертикально по осі шва. Схема вимірювання мікротвердості зразків наведено на рис. 2.

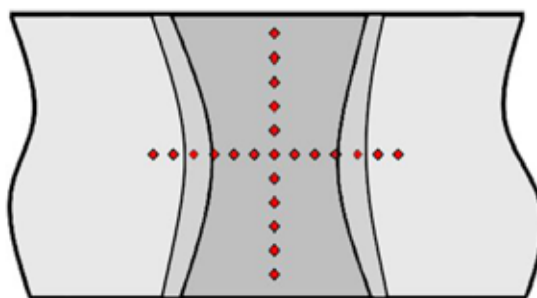


Рис. 2. Схема вимірювання мікротвердості зразків

Підготовку шліфів зварних з'єднань виконували за допомогою високошвидкісних полірувальних кругів з використанням алмазних паст різної дисперсності до 14 класу чистоти поверхні. Виявлення структури металу зразків провели шляхом електролітичного травлення у 20 % водному розчині сірчанокислого амонію $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

Загальний вигляд зразків після травлення зображено на рис. 3.

Таблиця 1

Хімічний склад сталі AISI 304, % мас

Марка	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Fe
AISI 304	≤0,08	≤0,8	≤2	9 –11	≤0,02	≤0,035	17–19	≤0,3	Осн.

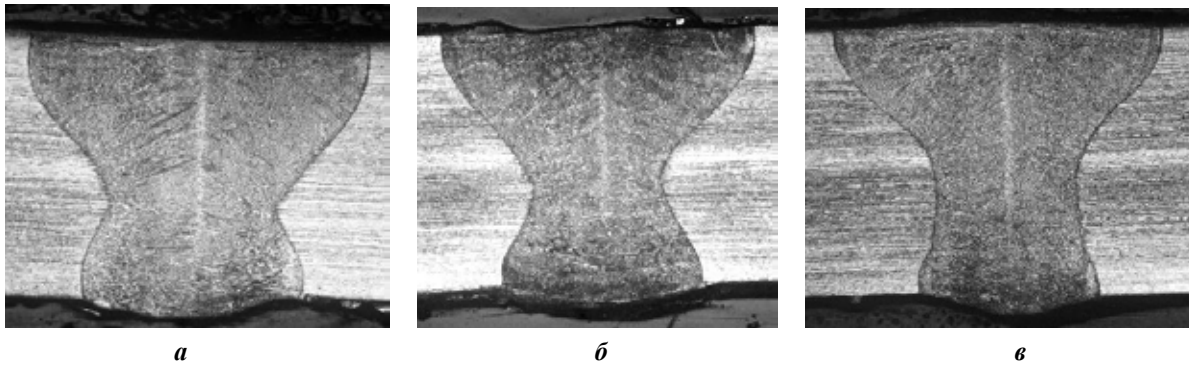


Рис. 3. Загальний вигляд стикових зварних з'єднань, $\times 50$: а) Зразок 1; б) Зразок 2, в) Зразок 3

Усі три зразки характеризуються дисперсною литою структурою металу шва з формуванням трьох характерних зон: центральної комірчастої, зони стовбчастих кристалітів та зони округлих зерен біля лінії сплавлення. Також лінія сплавлення зразків чітко окреслена по всій висоті зварного з'єднання та характеризується взаємним затіканням металу шва й основного металу. Важливою спільною ознакою для всіх зразків є збереження яскраво вираженої структури прокату як у металі ЗТВ, так і в основному металі.

На рис. 4 показаний графік розподілу мікротвердості в середній частині швів. З нього видно, що мікротвердість зварних з'єднань змінюється нерівномірно при переході від основного металу через зону термічного впливу до металу шва і назад до основного металу. Для Зразка 1 ($P = 1,5$ кВт; $V = 1,5$ м/хв) основний

метал характеризується відносно стабільними значеннями мікротвердості на рівні приблизно 2060–2210 МПа. У зоні термічного впливу твердість дещо підвищується до близько 2130 МПа, що свідчить про помірний вплив термічного циклу зварювання. У зоні шва спостерігається чітке зростання мікротвердості з максимальними значеннями до 2540 МПа, після чого при віддаленні від центру шва твердість поступово зменшується.

Для Зразка 2 ($P = 2,5$ кВт; $V = 2,5$ м/хв) мікротвердість основного металу перебуває в межах 1990–2130 МПа. У зоні термічного впливу зафіксовано більш виражене підвищення твердості порівняно із Зразком 1, а максимальні значення досягають близько 2530 МПа. Найвищі показники мікротвердості спостерігаються в зоні шва та поблизу лінії сплавлення, де вони сягають

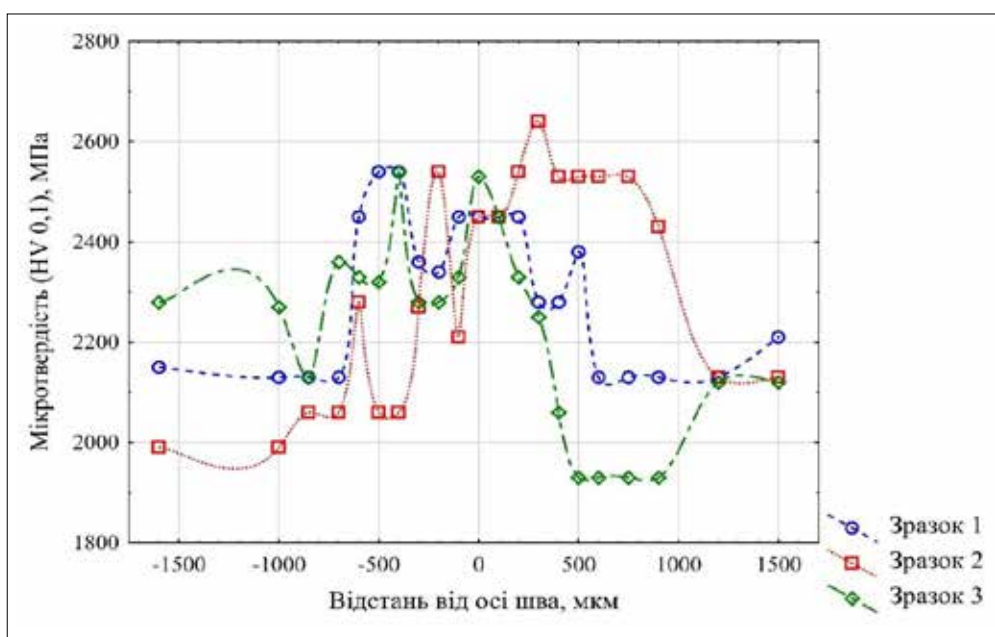


Рис. 4. Мікротвердість в середній частині швів

приблизно 2640 МПа, що вказує на інтенсивне зміцнення металу внаслідок дії лазерного зварювання. Перехід від шва до основного металу є поступовим, без різких змін твердості.

Зразок 3 ($P = 3,5$ кВт; $V = 3,5$ м/хв) відрізняється підвищеною мікротвердістю основного металу, яка становить близько 2270–2280 МПа. У зоні термічного впливу спостерігається неоднорідний характер розподілу твердості: поблизу шва вона зростає до 2330–2360 МПа, тоді як у віддалених ділянках ЗТВ знижується до приблизно 1930 МПа, що свідчить про формування локальної зони пом'якшення. У зоні шва мікротвердість змінюється в діапазоні 2280–2540 МПа з максимальними значеннями в центральній частині шва. Отримані результати вимірювання мікротвердості показують, що для всіх зразків характерне підвищення мікротвердості металу шва порівняно з основним металом, однак рівень і рівномірність цього підвищення суттєво залежать від режимів зварювання.

На рис. 5 показано графік вимірювання мікротвердості по осі зварних з'єднань. Мікротвердість Зразка 1 ($P = 1,5$ кВт; $V = 1,5$ м/хв) у верхній частині шва, поблизу поверхні, сягає максимальних значення на рівні 2540 МПа. У міру заглиблення в шов твердість поступово знижується до 2280–2360 МПа. Водночас у середній частині спостерігається повторне підвищення мікротвердості до 2470–2510 МПа, після чого ближче до кореня шва твердість зменшується до 2210 МПа. Такий розподіл свідчить про відносно стабільну

швидкість кристалізації і відсутність різко виражених зон пом'якшення.

Для Зразка 2 ($P = 2,5$ кВт; $V = 2,5$ м/хв) у верхній частині шва також зафіксовано підвищені значення мікротвердості – до 2530 МПа. У центральній частині шва твердість знижується до 2190–2280 МПа, що вказує на повільніші швидкості кристалізації порівняно зі Зразком 1. Далі, у напрямку до кореня шва, мікротвердість знову зростає до 2380–2450 МПа, а безпосередньо біля кореня зменшується до 2220 МПа. Такий характер розподілу свідчить про нерівномірність температурного розподілу по товщині металу.

У Зразка 3 ($P = 3,5$ кВт; $V = 3,5$ м/хв) мікротвердість у верхній частині шва є нижчою порівняно з попередніми зразками та становить близько 2210 МПа. У центральній зоні спостерігається помірне підвищення до 2280–2360 МПа, після чого в нижній частині шва зафіксовано зниження мікротвердості до мінімальних значень 2060 МПа. Наближаючись до кореня шва твердість знову зростає до 2210 МПа. Наявність зони знижених значень мікротвердості у нижній частині шва може свідчити про локальне перегрівання та уповільнене охолодження металу.

Розподіл мікротвердості у вертикальному напрямку показує, що зі зростанням потужності лазерного випромінювання зменшується рівномірність твердості вздовж осі шва та з'являються локальні зони пом'якшення, особливо в нижній частині зварного з'єднання.

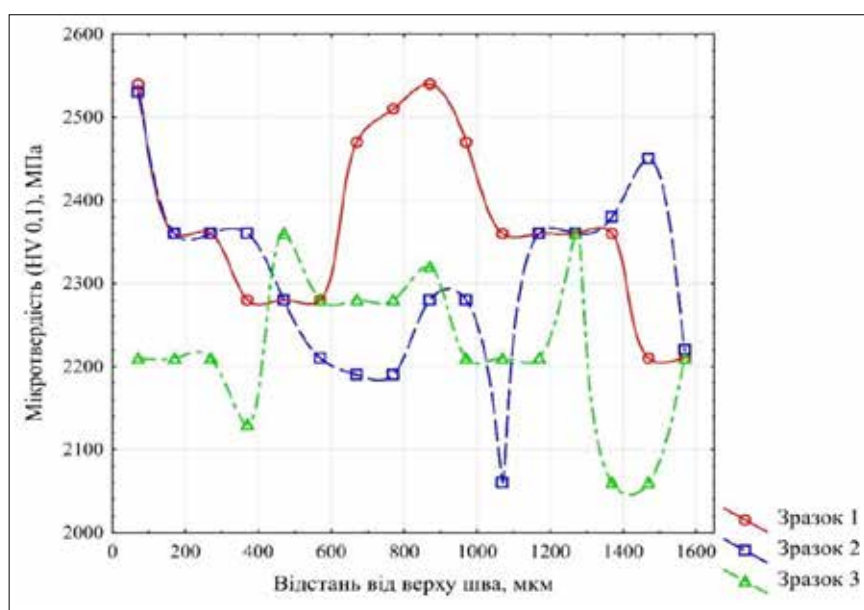


Рис. 5. Мікротвердість по осі шва

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. У роботі досліджено вплив режимів лазерного зварювання на формування мікротвердості зварних з'єднань корозійностійкої сталі AISI 304. Встановлено, що розподіл мікротвердості є нерівномірним як у поперечному перерізі, так і вздовж осі шва, причому в більшості випадків максимальні значення спостерігаються в зоні плавлення, що зумовлено швидкою кристалізацією і формуванням дрібнішої мікроструктури. Показано, що зі збільшенням потужності лазерного випромінювання та відповідно тепловкладення зростає неоднорідність розподілу мікротвердості і можуть формуватися локальні зони зниження твердості, особливо в корені шва. Найбільш рівномірні значення мікротвердості отримано при режимі лазерного зварювання $P = 1,5$ кВт; $V = 1,5$ м/хв, що свідчить про більш сприятливі умови формування структури. Отримані результати підтверджують, що параметри лазерного зварювання істотно впливають на мікротвердість зварних з'єднань і повинні підбиратися з урахуванням забезпечення стабільних значень мікротвердості по всій товщині металу. Подальші перспективи досліджень, на думку авторів, доцільно спрямувати на випробування зварних з'єднань на одноосовий статичний розтяг та трьохточковий згин з метою комплексної оцінки їх механічних властивостей.

ЛІТЕРАТУРА

1. Buang A. S., Abu Bakar M. S., Rohani M. Z. A Review Of Trend Advanced Welding Process And Welding Technology In Industries . *International Journal Of Technical Vocational And Engineering Technology*. 2024. Vol. 5, no.1, 133–145. URL: <https://journal.pktm.com.my/index.php/ijtv/article/view/103> (дата звернення: 10.02.2026).
2. Korzhyk V., Khaskin V., Grynyuk A., Ilyashenko E., Bernatskyi A., Peleshenko S. Features of laser-plasma welding of corrosion-resistant steel AISI 304 with laser application. *The Paton Welding Journal*. 2021. No. 12, P. 9–17. URL: <https://doi.org/10.37434/tpwj2021.12.02> (дата звернення: 10.02.2026)
3. Yurchenko Y., Siora O., Sokolovskyi M., Hryn A., Frolov M., Bernatskyi A. Influence of laser welding parameters on the geometry of welded joints of thin-sheet stainless steel AISI 304. *Advances in mechanical engineering and transport*. 2025. Vol. 2, no. 25, P. 87–96. URL: <https://doi.org/10.36910/automash.v2i25.1914> (дата звернення: 10.02.2026)
4. Юрченко Ю., Сіора О., Соколовський М., Гардер Д., Бернацький А. Лазерне зварювання

тонкостінних виробів з віссю обертання типу труба-штуцер виготовлених з корозійностійких високолегованих сталей. *Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. 2025. Т. 1, № 287, С. 12–20. URL: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2025-287-1-12-20> (дата звернення: 10.02.2026).

5. Юрченко Ю. В., Сіора О. В., Соколовський М. В., Набок Т. М., Бернацький А. В. Відпрацювання технології лазерного зварювання тонкостінних циліндричних виробів зі сталі 12X18H10T. *Shipbuilding & Marine Infrastructure* 2025. Т. 1, С. 15–26. URL: [https://doi.org/10.15589/smi2025.1\(20\).02](https://doi.org/10.15589/smi2025.1(20).02) (дата звернення: 10.02.2026).

6. Pankaj P., Tiwari A., Bhadra R., Biswas P. Experimental investigation on CO2 laser butt welding of AISI 304 stainless steel and mild steel thin sheets. *Optics & Laser Technology*. 2019. Vol. 119, 105633. URL: <https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2019.105633> (дата звернення: 10.02.2026).

7. Oyetunji A., Kutelu B. J., Akinola A. O. Effects of welding speeds and power input on the hardness property of type 304L austenitic stainless steel heat-affected zone (HAZ). *Journal of Metallurgical Engineering*. 2013. Vol. 2, no. 4, P. 124–129. URL: https://www.academia.edu/download/47743516/ME10072_2_4_124_129.pdf (дата звернення: 10.02.2026).

8. Prabakaran M., Kannan G. Optimization of CO2 laser beam welding process parameters to attain maximum weld strength in dissimilar metals. *Materials Today Proceedings*. 2018. Vol. 5, no. 2, P. 6607–6616. URL: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.11.316> (дата звернення: 10.02.2026).

9. Cui C., Cui X., Ren X., Liu T., Hu J., Wang Y. Microstructure and microhardness of fiber laser butt welded joint of stainless steel plates. *Materials & Design (1980-2015)*. 2013. Vol. 49, P. 761–765. URL: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2013.02.059> (дата звернення: 10.02.2026)

10. Kurc-Lisiecka A., Lisiecki A. Laser welding of stainless steel. *Journal of Achievements of Materials and Manufacturing Engineering*. 2020. Vol. 1, no. 98, P. 32–40. URL: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.0815> (дата звернення: 10.02.2026).

REFERENCES

1. Buang, A. S., Abu Bakar, M. S., & Rohani, M. Z. (2024). A Review Of Trend Advanced Welding Process And Welding Technology In Industries . *International Journal Of Technical Vocational And Engineering Technology*, 5 (1), pp. 133–145. <https://journal.pktm.com.my/index.php/ijtv/article/view/103>
2. Korzhyk, V., Khaskin, V., Grynyuk, A., Ilyashenko, E., Bernatskyi, A., & Peleshenko, S. (2021). Features of laser-plasma welding of cor-

rosion-resistant steel AISI 304 with laser application. *The Paton Welding Journal*, 12, 9–17. <https://doi.org/10.37434/tpwj2021.12.02>

3. Yurchenko, Y., Siora, O., Sokolovskyi, M., Hryn, A., Frolov, M., Bernatskyi, A. (2025). Influence of laser welding parameters on the geometry of welded joints of thin-sheet stainless steel AISI 304. *Advances in mechanical engineering and transport*, 2 (25), 87–96. <https://doi.org/10.36910/automash.v2i25.1914>

4. Yurchenko, Yu., Siora, O., Sokolovskyi, M., Harder, D. Bernatskyi, A. (2025). Lazerne zvariuvannia tonkostinnykh vyrobiv z vissiu obertannia typu truba-shtutser vyhotovlenykh z koroziiinostiikykh vysokolehovanykh stalei. *Visnyk skhidnoukrainskoho natsionalnoho universytetu imeni Volodymyra Dalia*, 1 (287), pp. 12–20. <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2025-287-1-12-20>

5. Yurchenko, Yu. V., Siora, O. V., Sokolovskyi, M. V., Nabok, T. M., Bernatskyi, A. V. (2025). Vidpratsiuvannia tekhnolohii lazernoho zvariuvannia tonkostinnykh tsylindrychnykh vyrobiv zi stali 12Kh18N10T. *Shipbuilding & Marine Infrastructure*, 1, pp. 15–26. [https://doi.org/10.15589/smi2025.1\(20\).02](https://doi.org/10.15589/smi2025.1(20).02)

6. Pankaj, P., Tiwari, A., Bhadra, R., & Biswas, P. (2019). Experimental investigation on CO2 laser butt

welding of AISI 304 stainless steel and mild steel thin sheets. *Optics & Laser Technology*, 119, 105633. <https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2019.105633>

7. Oyetunji, A., Kutelu, B. J., Akinola, A. O. (2013). Effects of welding speeds and power input on the hardness property of type 304L austenitic stainless steel heat-affected zone (HAZ). *Journal of Metallurgical Engineering*, 2 (4), pp. 124-129. https://www.academia.edu/download/47743516/ME10072_2_4_124_129.pdf

8. Prabakaran, M., & Kannan, G. (2018). Optimization of CO₂ laser beam welding process parameters to attain maximum weld strength in dissimilar metals. *Materials Today Proceedings*, 5 (2), pp. 6607–6616. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.11.316>

9. Cui, C., Cui, X., Ren, X., Liu, T., Hu, J., & Wang, Y. (2013). Microstructure and microhardness of fiber laser butt welded joint of stainless steel plates. *Materials & Design (1980-2015)*, 49, pp. 761–765. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2013.02.059>

10. Kurc-Lisiecka, A., Lisiecki, A. (2020). Laser welding of stainless steel. *Journal of Achievements of Materials and Manufacturing Engineering*, 1 (98), pp. 32–40. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.0815> (date of access: 24.01.2026).

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)



Дата першого надходження статті до видання: 24.02.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 23.03.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 08.05.2026

СУЧАСНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

УДК 664.951:664.8:664.014

Голембовська Н. В.,

*natahagolembovska@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-8159-4020, Researcher ID CAA-3051-2022,
к.т.н., доцент кафедри технології м'ясних, рибних та морепродуктів,
Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ*

Баль-Прилипка Л. В.,

*bplv@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-9489-8610, Researcher ID MIO-4001-2025,
д.т.н., професор кафедри громадського здоров'я та нутриціології,
Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ*

ВПЛИВ НЕТРАДИЦІЙНОЇ СИРОВИНИ НА СЕНСОРНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РИБНИХ ПАШТЕТІВ

Анотація. У представленій статті наведено результати комплексного дослідження впливу ягід Годжі на формування органолептичних показників рибних паштетів із прісноводної риби, а саме карася. Показано доцільність використання нетрадиційної рослинної сировини ягід Годжі з функціональними властивостями для вдосконалення технології паштетної продукції, що відповідає сучасним тенденціям функціонального харчування та розширення асортименту рибної продукції. В експериментальній частині дослідження визначено вплив різних концентрацій ягід Годжі на смакові, ароматичні характеристики та консистенцію паштетів. Результати сенсорного аналізу показали, що введення ягід Годжі сприяє підвищенню гармонійності смаку, покращенню вираженості аромату та оптимізації текстури рибних паштетів. Найкращі показники загального сприйняття продукту спостерігались при концентрації добавки на рівні 4 %, що дозволяє досягти збалансованого поєднання смакових властивостей без негативного впливу на структуру виробу. Підвищення дозування до 6 % не призводить до суттєвого покращення органолептичних показників і може негативно відобразитися на текстурних характеристиках та кольорі паштету, що свідчить про існування оптимального рівня введення функціональної добавки. Отримані результати підтверджують перспективність використання ягід Годжі як інноваційного функціонального інгредієнта, що дозволяє не лише поліпшити якість і сприйняття рибних паштетів, але й підвищити їхню конкурентоспроможність на ринку. Застосування нетрадиційної сировини з біологічно активними компонентами відкриває нові можливості для розробки високоякісних, корисних та інноваційних продуктів харчування, що відповідають сучасним потребам споживачів у функціональних і збалансованих продуктах. Результати дослідження можуть бути використані для впровадження технологічних інновацій у виробництві рибних паштетів і розробки нових функціональних продуктів харчування, що поєднують традиційні та сучасні підходи до харчової промисловості.

Ключові слова: паштети, нетрадиційна сировина, органолептичне оцінювання, сенсорна характеристика.

Holembovska N. V.,

natahagolembovska@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-8159-4020, Researcher ID GZL-3051-2022, Candidate of Technical Sciences (equivalent to a PhD), Associate Professor, Department of Meat, Fish and Seafood Technology, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv

Bal-Prylypko L. V.,

bplv@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-9489-8610, Researcher ID MIO-4001-2025, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Public Health and Nutrition, National University of Life Resources and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv

INFLUENCE OF NON-TRADITIONAL RAW MATERIALS ON THE SENSORY CHARACTERISTICS OF FISH PATES

Abstract. *The presented article presents the results of a comprehensive study of the influence of Goji berries on the formation of organoleptic indicators of fish pastes from freshwater fish, namely crucian carp. The feasibility of using non-traditional plant raw materials of Goji berries with functional properties for improving the technology of pate products is shown, which corresponds to modern trends in functional nutrition and expanding the range of fish products. In the experimental part of the study, the effect of different concentrations of Goji berries on the taste, aroma characteristics and consistency of pate was determined. The results of sensory analysis showed that the introduction of Goji berries contributes to increasing the harmony of taste, improving the expressiveness of aroma and optimizing the texture of fish pate. The best indicators of overall product perception were observed at a concentration of the additive at 4 %, which allows achieving a balanced combination of taste properties without a negative impact on the structure of the product. Increasing the dosage to 6 % does not lead to a significant improvement in organoleptic indicators and may negatively affect the textural characteristics and color of the pate, which indicates the existence of an optimal level of introduction of a functional additive. The results obtained confirm the prospects of using Goji berries as an innovative functional ingredient, which allows not only to improve the quality and perception of fish pate, but also to increase their competitiveness in the market. The use of non-traditional raw materials with biologically active components opens up new opportunities for the development of high-quality, healthy and innovative food products that meet the modern needs of consumers in functional and balanced products. The results of the study can be used to introduce technological innovations in the production of fish pate and the development of new functional food products that combine traditional and modern approaches to the food industry.*

Key words: pate, non-traditional raw materials, organoleptic evaluation, sensory characteristics.

JEL Classification: L66, 031

DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2026-45-05>

Постановка проблеми. Сучасний розвиток харчової промисловості характеризується активним пошуком нових видів сировини та інноваційних технологічних рішень, спрямованих на підвищення харчової цінності, функціональних властивостей і споживчої привабливості готової продукції. Особливої актуальності ці питання набувають у виробництві рибних продуктів, які є важливим джерелом повноцінного білка, поліненасичених жирних кислот, вітамінів і мінеральних речовин.

Рибні паштети належать до популярної групи кулінарних і снекових виробів завдяки м'якій консистенції, зручності споживання та можливості широкого варіювання рецептурного складу. Водночас традиційні рецептури рибних паштетів

не завжди забезпечують оптимальне поєднання харчової цінності та високих сенсорних показників, що зумовлює необхідність пошуку нових інгредієнтів для їх удосконалення [1–3].

Використання нетрадиційної сировини рослинного та тваринного походження, зокрема овочевих, зернових, бобових компонентів, пряно-ароматичних добавок і функціональних інгредієнтів, відкриває широкі можливості для корекції смаку, аромату, кольору та текстури рибних паштетів. Разом із тим введення таких компонентів може суттєво впливати на сенсорні характеристики продукції, що потребує комплексної оцінки їхнього впливу з урахуванням споживчих уподобань [4, 5].

У зв'язку з цим дослідження впливу нетрадиційної сировини на сенсорні характеристики

рибних паштетів є актуальним науковим і практичним завданням, спрямованим на розширення асортименту рибної продукції, підвищення її конкурентоспроможності та відповідності сучасним вимогам раціонального харчування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Попит на паштетну продукцію стабільно зростає, при цьому рибні паштети займають одне з провідних місць серед споживчих уподобань завдяки зручності використання, що є особливо важливим в умовах інтенсивного темпу життя сучасного суспільства [6]. Разом із тим, асортимент українського ринку здебільшого представлений паштетами, виготовленими виключно з рибної сировини без використання комбінованих інгредієнтів [7]. У зв'язку з цим удосконалення технологічних підходів до виробництва паштетів із прісноводної риби є науково обґрунтованим і актуальним напрямом досліджень [8].

Сучасні наукові дослідження активно спрямовані на оптимізацію технології рибних паштетів із залученням нетрадиційних видів сировини. Основна увага при цьому приділяється підвищенню харчової та біологічної цінності продукції, забезпеченню її безпечності та збільшенню тривалості зберігання.

У роботі Петрової Л. В. [9] розглянуто можливість використання водоростей, зокрема ламінарії та спіруліни, у технологічному процесі виробництва рибних паштетів. Отримані результати свідчать, що внесення 2–3 % подрібненої ламінарії сприяє збагаченню продукту йодом та іншими мікроелементами, а також забезпечує прояв антиоксидантної активності, що, у свою чергу, позитивно позначається на подовженні терміну зберігання готової продукції.

У дослідженнях Голембовської Н. В. та Влащенко А. С. [10] проаналізовано вплив включення перепелиних яєць і рослинних інгредієнтів до складу рибних паштетів на їх хімічний склад, органолептичні характеристики та фізико-хімічні показники.

Сапсай В. В. [11] зосередив увагу на розробленні рецептур рибних паштетів із використанням рослинної сировини з метою підвищення харчової цінності продукції та поліпшення її органолептичних властивостей.

У дослідженні Vallo та Enriquez була створена рибна паста, виготовлена за допомогою механізованого обладнання для виробництва рибної пасти і наведено результати експериментального дослідження її якісних та сенсорних характеристик, що

важливо для оцінки придатності такої технології виробництва для харчової промисловості [12].

У роботах Ізраєляна В. М. та Слободи Н. В. [13] вивчено вплив включення ягід журавлини та годжі до рецептури паштетів на їх хімічний склад, органолептичні й фізико-хімічні характеристики, а також визначено термін придатності готової продукції.

У роботі Menchynska та співавт. розроблено нові види рибних паст, на основі комбінування рибної сировини з додатковими інгредієнтами з метою підвищення їх харчової та споживчої цінності. Авторами встановлено, що використання удосконалених рецептур сприяє покращенню органолептичних показників і загальної прийнятності рибних паст порівняно з контрольним зразком, що підтверджує перспективність застосування нетрадиційних рецептурних рішень у технології рибних продуктів [14].

У своїх дослідженнях Іванов О. М. [15] проаналізував вплив білково-вуглеводних композицій рослинного походження, зокрема на основі горохового та соєвого білків, на показники якості рибних паштетів та встановлено, що раціонально підібране співвідношення рослинних білкових компонентів і рибної сировини сприяє покращенню текстурних характеристик продукту, зниженню втрат вологи під час теплової обробки та збагаченню амінокислотного складу за рахунок незамінних амінокислот.

У роботі Bashir та співавт. [16] представлені натуральні харчові добавки і консерванти у технології рибних паст. Автори систематизували сучасні наукові дані про різноманітні інгредієнти, що використовуються для поліпшення якості рибних паст, включаючи використання різних натуральних добавок (наприклад, порошок морських водоростей, креветкового порошку та інших компонентів) і способів їх впливу на технологічні та органолептичні властивості кінцевих продуктів.

У дослідженні Селезньової О. І. [17] проаналізовано доцільність використання м'яса диких тварин у технології виробництва м'ясних паштетів, що забезпечує підвищення їх харчової цінності та сприяє зменшенню масової частки жиру в готовій продукції.

За результатами досліджень Сидоренка В. П. [18] встановлено, що включення пшеничних і бурякових харчових волокон до складу рибних паштетів позитивно впливає на їх структурно-механічні показники, зменшує виділення вільної

вологи під час зберігання та забезпечує формування більш однорідної текстури.

Потреба у розробленні інноваційних харчових продуктів, які відповідають сучасним концепціям здорового харчування та поєднують високу якість із технологічною ефективністю виробництва, зумовлює актуальність цього дослідження. У зв'язку з цим удосконалення технологічних рішень у виробництві рибних паштетів із залученням нетрадиційних видів сировини є перспективним і важливим напрямом розвитку харчової промисловості.

Постановка завдання. Метою даного дослідження є наукове обґрунтування та розроблення технології виробництва рибних паштетів із прісноводної риби із залученням нетрадиційних інгредієнтів ягід Годжі з метою підвищення їх харчової та біологічної цінності та удосконалення органолептичних характеристик.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для виготовлення фаршів та готових паштетів були використані такі матеріали: карась, вирощений у Київській області, Ягоди Годжі виробник ТОВ «НВО ФітоБіоТехнології», Organic Herbs.

Карасі зберігалися в холодильній камері при температурі +4 °С протягом одного дня до моменту проведення експерименту.

На початковому етапі були підготовлені всі необхідні інгредієнти, зокрема карась, ягоди Годжі, морква, цибуля, олія, сіль та мелений чорний перець. Карасі розбирали до стану тушки, цибулю та моркву було очищено і потім все подрібнено на кутері. Для проведення експерименту до рецептур дослідних зразків додавали по 2, 4, 6 % ягід Годжі. Сушені ягоди Годжі перед використанням у виробництві паштетів підлягають попередній підготовці з метою відновлення їхньої структури, зниження жорсткості, забезпечення мікробіологічної безпеки та рівномірного розподілу в продукті.

На першому етапі здійснюють сортування ягід з видаленням сторонніх домішок та пошкоджених ягід. Далі ягоди піддають промиванню у проточній питній воді для видалення поверхневих забруднень.

Наступним етапом є гідратація (розмочування) сушених ягід коли їх заливають теплою водою температурою 40–60 °С у співвідношенні 1:5 і витримують протягом 30 хв до повного відновлення пружності м'якоти.

Після гідратації проводять короточасну термічну обробку, бланшування протягом 1–2 хв,

що б знизити мікробіологічне навантаження та стабілізувати колір сировини. Потім проводили подрібнення ягід до необхідного ступеня дисперсності за допомогою подрібнювача млина лабораторного SM-3C бо бажаної консистенції паштету.

Підготовлені ягоди Годжі вводять у паштетну масу на стадії кутерування. Масова частка ягід Годжі становить 2, 4, 6 % від загальної маси паштету, з урахуванням рецептурних особливостей.

Усі інгредієнти зважували та гомогенізували до досягнення однорідної консистенції, проводили фасування в тару та піддавали тепловій обробці у киплячій воді (100 °С) протягом 60 хвилин.

Зразки паштетів підібрали з урахуванням вмісту в них основних компонентів: дослід 1 – з додаванням 2 % ягід; дослід 2 – з додаванням 4 % ягід, дослід 3 – з додаванням 6 % ягід, контрольний зразок – без добавок, лише на основі м'яса карася.

Для оцінювання сенсорних властивостей продукції застосовують метод флейвор-профілювання, який належить до базових описових методів сенсорного аналізу [19]. Даний підхід широко рекомендований для розроблення нових і вдосконалення існуючих харчових продуктів [20]. Застосування методики флейвор-профілювання дає змогу детально описати сукупність дескрипторів, які визначають загальне сенсорне враження від продукту. Перевагою сенсорного аналізу порівняно з інструментальними методами є можливість одночасної оцінки людиною широкого комплексу органолептичних показників та їх інтегрованої інтерпретації.

Для створення профілів флейвору застосовано метод, викладений в ДСТУ ISO 6564:2005 «Дослідження сенсорне. Методологія. Методи створення спектра флейвору» [21]. Сенсорна оцінку проводили 20 постійних членів, серед яких викладачі, співробітники та аспіранти.

Оцінювачі скуштували та оцінили паштети за зовнішнім виглядом, ароматом, кольором, смаком, в'язкістю та загальною прийнятністю. Шкали оцінки були надані в оціночному аркуші всім оцінювачам. Щодо смаку та відчуттів у роті, оцінку проводили аналізуючи гармонійність смаку, післясмаку, ніжність та соковитість продукту. Щодо аромату, зовнішнього вигляду та в'язкості, рибний паштет поміщали в блюдо, нюхали та спостерігали за нею візуально. Дозволялося повторно понюхати та скуштувати.

Процедуру повторювали тричі з інтервалом 5 хвилин. Учасникам експерименту полоскати рот, готуючись до наступного тесту.

Для сенсорної оцінки рибних паштетів учасникам опитування було запропоновано шкалу з десяти дескрипторів, упорядкованих за спаданням їх значущості. На основі аналізу дескрипторів визначено їх вагову значущість у формуванні інтегральної оцінки якості зразків, з урахуванням споживчої важливості кожного показника. Дегустаційну оцінку проводили за шкалою бажаності та інтенсивності смакових і ароматичних характеристик продукту, де 0 балів відповідало відсутності ознаки, 1 бал – ледь помітна інтенсивність, 2 бали – слабкий прояв, 3 бали – середній рівень, 4 бали – сильному та 5 балів – дуже сильному прояву показника.

Дані лабораторних результатів були представлені як середнє стандартне відхилення та статично проаналізовані за допомогою однофакторного дисперсійного аналізу для визначення значущих відмінностей між групами. Усі статистичні аналізи були виконані з використанням програм статистичного аналізу в Excel.

На підставі результатів досліджень споживчих переваг, які були проведені, визначено набір за 10 дескрипторами для характеристики флейвору (табл. 1).

Аналізуючи дану таблицю спостерігаємо, що контрольний зразок характеризується зниженими показниками гармонійності аромату і смаку (4,0 бала), слабо вираженим рибним смаком

(3,5 бала) та недостатньою інтенсивністю солодкуватих і солонуватих нот (по 1,0–3,0 бала). Консистенція соковита і пластична (по 3,0 бала), однак щільність дещо перевищує еталонне значення (2,0 бала проти 1,0). Загальне враження від контрольного зразка становить 4,4 бала, а сумарна оцінка – лише 27,9 бала, що свідчить про нижчі споживчі властивості порівняно з еталоном.

У дослідному зразку 1 відбувається істотне покращення сенсорних характеристик. Показники гармонійності та рибного смаку досягли еталонного рівня (5,0 та 4,5 бала відповідно). Також відмічено помірну вираженість смаку (3,0 бала), де збалансовані солодкуваті та солонуваті ноти (2,5 бала), а також маємо оптимальні показники пластичності (3,5 бала). Загальне враження становило 5,0 бала, а сумарна оцінка – 34,5 бала, що значно перевищує контроль.

Дослідний зразок 2 характеризується найбільш гармонійним поєднанням аромату, смаку та консистенції. Високі оцінки отримали гармонійність (5,0 бала), помірно виражений смак (4,1 бала) та оптимальна щільність (3,0 бала). Показники соковитості та пластичності відповідали еталонним або наближеним до них значенням. Сумарна кількість балів для цього зразка є найвищою – 36,9 бала, що навіть перевищує еталон (36,0 бала), а загальне враження становить 5,0 бала.

Дослідний зразок 3 також характеризується високими сенсорними показниками, зокрема інтенсивним рибним смаком (4,8 бала) та гармонійністю (5,0 бала). Водночас дещо нижча оцінка

Таблиця 1

**Сенсорна оцінка рибних паштетів методом профілю флейвору
(n = 5, p ≤ 0,05)**

Дескриптори	Інтенсивність характеристик, бал				
	рибні паштети				
	еталон	контроль	дослід 1	дослід 2	дослід 3
<i>Характеристика аромату та смаку:</i>					
гармонійний	5,0	4,0 ± 0,10	5,0 ± 0,10	5,0 ± 0,20	5,0 ± 0,20
властивий	4,5	3,0 ± 0,01	4,0 ± 0,01	4,0 ± 0,02	4,0 ± 0,02
рибний	4,5	3,5 ± 0,10	4,5 ± 0,10	4,5 ± 0,10	4,8 ± 0,30
помірно виражений	3,5	1,0 ± 0,20	3,0 ± 0,10	4,1 ± 0,20	3,5 ± 0,10
солодкуватий	3,0	1,0 ± 0,01	2,5 ± 0,20	2,8 ± 0,30	3,0 ± 0,03
солонуватий	3,0	3,0 ± 0,01	2,5 ± 0,01	2,5 ± 0,10	2,5 ± 0,02
<i>Характеристика консистенції:</i>					
соковита	3,0	3,0 ± 0,10	2,0 ± 0,20	2,5 ± 0,20	2,5 ± 0,10
пластична	3,5	3,0 ± 0,10	3,5 ± 0,20	3,5 ± 0,10	3,0 ± 0,10
щільна	1,0	2,0 ± 0,02	2,5 ± 0,02	3,0 ± 0,02	2,9 ± 0,02
Загальне враження	5,0	4,4 ± 0,10	5,0 ± 0,20	5,0 ± 0,10	4,0 ± 0,10
Сума балів	36,0	27,9	34,5	36,9	35,2

загального враження (4,0 бала) і зменшена соковитість (2,5 бала) зумовили незначне зниження сумарної оцінки до 35,2 бала порівняно з дослідним зразком 2.

Отримані результати свідчать, що використання удосконалених рецептур та технологічних параметрів у дослідних зразках дозволило суттєво покращити органолептичні властивості рибних паштетів. Найбільш оптимальним за сукупністю сенсорних показників є дослідний зразок 3, який характеризується високою гармонійністю смаку й аромату, збалансованою консистенцією та найвищою сумою балів. Це підтверджує доцільність обраних технологічних рішень для виробництва рибних паст підвищеної біологічної цінності.

Контрольний зразок рибних паштетів вирізнявся світло-сірим забарвленням, солодко-солонуватим смаком, а також пластичною та рівномірно щільною консистенцією. Такі показники свідчать про потребу вдосконалення рецептури з метою досягнення бажаних сенсорних характеристик (рис. 1).

На рисунку наведено результати органолептичної оцінки зразків, подані у вигляді пелюсткової діаграми. Такий спосіб візуалізації дає змогу чітко простежити відмінності між еталонним, контрольним та дослідним зразками за основними сенсорними показниками. Оцінювання проводили з урахуванням гармонійності смаку, типовості аромату, вираженості рибного присмаку, інтенсивності смаку, солодкуватості, солонуватості, соковитості, пластичності, щільності консистенції та загального враження.

Як видно з діаграми, еталонний зразок має найбільш збалансований профіль і отримав найвищі бали за показниками «гармонійний»,

«властивий» та «загальне враження». Це свідчить про його добру сенсорну якість і відповідність очікуваним характеристикам продукту. Контрольний зразок за більшістю показників є близьким до еталону, проте дещо поступається за окремими смаковими та текстурними властивостями.

Дослідний зразок характеризується певними відмінностями профілю. За окремими смаковими показниками він наближається до еталонного, однак за консистенційними характеристиками, зокрема щільністю та пластичністю, спостерігається зниження оцінок. Водночас загальне враження від зразка залишається на достатньому рівні, що свідчить про його потенційну споживчу привабливість.

Під час порівняння розрахованої загальної оцінки в балах, дослідний зразок перевищує еталон з додаванням ягід Годжі у кількості 4 % – з оцінкою 36,9 (рис. 2).

Дослідний зразок 2 загалом демонструє позитивну динаміку порівняно з контролем. Зокрема, відзначено достатню гармонійність смаку, добре виражений рибний присмак та кращі показники пластичності. Разом із тим за показником щільності його оцінка нижча, ніж у еталонного зразка, що може вказувати на більш м'яку структуру продукту. Солодкуватість і солонуватість перебувають на помірному рівні та не порушують загальної смакової рівноваги.

Отже, отримані результати свідчать про те, що дослідний зразок 2 за більшістю характеристик перевищує показники еталону та контроль. Це підтверджує, що продукт за даною рецептурою найбільш збалансований.

Профілограма флейвору рибного паштету дослідного зразка 3 наведена на рисунку 3.



Рис. 1. Профілограма флейвору рибного паштету з додаванням ягід Годжі (дослід 1)



Рис. 2. Профілограма флейвору рибного паштету з додаванням ягід Годжі (дослід 2)



Рис. 3. Профілограма флейвору рибного паштету з додаванням ягід Годжі (дослід 3)

Дослідний зразок 3 демонструє тенденцію до покращення окремих показників порівняно з контролем, зокрема за гармонійністю смаку, вираженістю рибного присмаку та пластичністю. Водночас за параметром «щільність» його значення залишаються нижчими, що може свідчити про менш щільну, більш м'яку консистенцію продукту. Показники солодкуватості та солонуватості знаходяться в межах помірних значень і не створюють дисбалансу смаку.

Отже, отримані результати свідчать, що дослідний зразок 3 за більшістю сенсорних характеристик наближається до еталонного та перевищує контроль за окремими показниками. Це підтверджує позитивний вплив внесених технологічних змін і доцільність їх подальшої оптимізації з метою покращення структурно-механічних властивостей продукту.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Проведені дослідження показали, що включення ягід Годжі до складу рибних паштетів із прісноводної сировини помітно впливає на формування їх органолептичних властивостей. Використання цієї нетрадиційної добавки сприяє більш гармонійному поєднанню смакових відтінків, зменшенню характерного рибного смаку та загальному покращенню сенсорної оцінки порівняно з контрольним зразком.

За сукупністю органолептичних показників найвищі результати продемонстрував зразок із додаванням 4 % ягід Годжі. Він відзначався збалансованим смаком, помірно вираженим ароматом, а також оптимальними показниками щільності та пластичності консистенції. Загальна сенсорна оцінка цього варіанта перевищила

показники як контрольного, так і еталонного зразків, що свідчить про доцільність застосування саме такої концентрації добавки у технології рибних паштетів. Підвищення вмісту ягід до 6 % не забезпечило суттєвого зростання споживчої привабливості та певною мірою вплинуло на текстурні характеристики продукту та колір паштетів.

Таким чином, результати дослідження підтверджують можливість і доцільність використання ягід Годжі як функціонального інгредієнта у виробництві рибних паштетів з метою розширення асортименту та підвищення їх конкурентоспроможності.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на визначення фізико-хімічних, мікробіологічних та антиоксидантних показників розроблених зразків, оцінювання їх харчової й біологічної цінності, а також вивчення змін якості під час зберігання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Голембовська Н. В., Баль-Прилипко Л. В., Слободянюк Н. М., Берник І. М., Ізраєлян В. М., Ніколаєнко М. С., ... & Лялик А. Т. Розробка технологій м'ясних, рибних та дієтичних продуктів з використанням нетрадиційної сировини та харчових продуктів для військовослужбовців. *Монографія*. Київ, 2025. 308 с.
2. Дорошко В., & Голембовська Н. Удосконалення технології рибних паштетів із додаванням нетрадиційної сировини. *Здоров'я людини і нації*. 2025. № 3 (2), С. 7–18.
3. Dorozhko V., Holembovska N., Slobodianiuk N., Israelian V. I., Stetsyuk I., Pylypchuk O., ... & Rudyk Y. Enhancing fish pâté with non-traditional ingredients: maca root, broccoli, and beetroot. *SciFood*. 2025. 19, P. 192–207.
4. Holembovska N., & Vlasenko A. Research of changes in quality indicators of fish pate with non-traditional raw materials. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*. 2022. 24 (97), P. 9–13. <https://doi.org/10.32718/nvlvet-f9702>
5. Luo Q., Zha G., Lin L., Huang Y., & Zou X. Comparison of physicochemical properties of different tissues from China climbing perch *Anabas testudineus* and crucian carp *Carassius auratus*. *Food Science & Nutrition*. 2022. 10, P. 936–944. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2727>
6. Silovs M., & Dmitrijeva O. Innovative technological process for emulgated pate production out of fish processing BY-PRODUCTS. *Carpathian Journal of Food Science & Technology*. 2025. 10 (4), P. 43–52.
7. Thiel P. R., Massaut K. B., Souza D. M., de Brito Leal A., de Lima Costa I. H., dos Santos Hackbart H. C., ... & Fiorentini Â. M. Functional pâté elaborated with tambica (*Oligosarcus robustus*) and viola (*Loricariichthys anus*): Oxidative stability, microbiological and sensory quality. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2024. 58, P. 103222.
8. Rutynskiy M. Leisure as a component of the life of post-industrial civilization and the subject of study of recreology and recreational geography. *Geography and Modernity. Collection of scientific works of the National Polytechnic University named after MP Dragomanov*. 2009. P. 183–191.
9. Petrova L. V. The use of algae in the production of fish pastes. *Scientific Notes of the National University of Chemistry and Technology*. 2020. Vol. 28, No. 2, PP. 98–105. DOI:10.5678/nuhj.2020.28.2.98
10. Golembowska N. V., Vlasenko A. S. "Study of changes in quality indicators of fish pastes with non-traditional raw materials". *Scientific Bulletin of the National University of Chemistry and Technology*. 2021. 27 (1), PP. 34–40. DOI:10.1234/nuhj.2021.27.1.34
11. Sapsay V. V. Improvement of the technology of fish pastes based on sprat using non-traditional raw materials. *Bulletin of Agricultural Science*. 2020. 35 (3), PP. 88–93. DOI:10.5678/vas.2020.35.3.88
12. Ballo C. J. I., & Enriquez M. D. Sensory Properties and Chemical Composition of Fish Paste Produced from the Mechanized Fish Paste Maker. *Food Science and Technology*. 2025. 13 (1), PP. 97–102.
13. Israelyan V. M., & Sloboda N. V. Improvement of the technology of fish semi-finished products with the addition of non-traditional raw materials. *Journal of Food Science and Technology*. 2022. 29 (2), PP. 45–52. DOI:10.9101/jfst.2022.29.2.45
14. Menchynska A., Manoli T., Tyshchenko L., Pylypchuk O., Ivanyuta A., Holembovska, N., & Nikolaenko, M. *Biological value and consumer properties of fish pastes*. 2021. Vol. 15, Issue 3. PP. 52–62 DOI: <https://doi.org/10.15673/fst.v15i3.2121>
15. Ivanov O. M. The influence of vegetable proteins on the quality of fish pastes. *Journal of Food Science and Technology*. 2021. Vol. 15, No. 3, PP. 45–52. DOI:10.1234/jfst.2021.15.3.45
16. Bashir K. M. I., Kim J. S., An J. H., Sohn J. H., & Choi J. S. Natural food additives and preservatives for fish-paste products: A review of the past, present, and future states of research. *Journal of Food Quality*. 2017. (1), PP. 1–31
17. Селезньова О. І. Розширення асортименту та удосконалення технології паштетів з нетрадиційної сировини : дис. ... канд. техн. наук. Київ : Національний університет харчових технологій, 2021. С. 180.

18. Sydorenko V. P. The influence of dietary fiber on the quality of fish pastes". *Bulletin of Agricultural Science*. 2019. Vol. 34, No. 4, PP. 67–74. DOI: 10.9101/vas.2019.34.4.67

19. Krüseemann E. J., Lasschuijt M. P., De Graaf C., de Wijk R. A., Punter P. H., van Tiel L., ... & Talhout R. Sensory analysis of characterising flavours: evaluating tobacco product odours using an expert panel. *Tobacco Control*. 2019. 28 (2), PP. 152–160.

20. Yu P., Low M. Y., & Zhou W. Design of experiments and regression modelling in food flavour and sensory analysis: A review. *Trends in Food Science & Technology*. 2018. 71, PP. 202–215.

21. ДСТУ ISO 6564:2005 Дослідження сенсорне. Методологія. Методи створювання спектра флейвору. *Національний орган стандартизації України*. Київ, 2005.

REFERENCES

1. Holembovska N. V., Bal-Prylypko L. V., Slobodianiuk N. M., Beryk I. M., Israelian V. M., Nikolaienko M. S., ... & Lialyk A. T. Rozrobka tekhnolohii miasnykh, rybnykh ta diietychnykh produktiv z vykorystanniam netradytsiinoi syrovyny ta kharchovykh produktiv dlia viiskovosluzhbovtiv. Monohrafiia. Kyiv, 2025. 308 s.

2. Dorozhko V., & Holemboska N. Udoskonalennia tekhnolohii rybnykh pashtetiv iz dodavanniam netradytsiinoi syrovyny. *Zdorovia liudyny i natsii*. – 2025. 3 (2), S. 7–18.

3. Dorozhko V., Holemboska N., Slobodianiuk N., Israelian V. I., Stetsyuk I., Pylypchuk O., ... & Rudyk Y. Enhancing fish pâté with non-traditional ingredients: maca root, broccoli, and beetroot. *Sci-food*. 2025. 19, P. 192–207.

4. Holemboska N., & Vlasenko A. Research of changes in quality indicators of fish pate with non-traditional raw materials. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*. 2022. 24 (97), P. 9–13. <https://doi.org/10.32718/nvlvet-f9702>

5. Luo Q., Zha G., Lin L., Huang Y., & Zou X. Comparison of physicochemical properties of different tissues from China climbing perch *Anabas testudineus* and crucian carp *Carassius auratus*. *Food Science & Nutrition*. 2022. 10, P. 936–944. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2727>

6. Silovs M., & Dmitrijeva O. Innovative technological process for emulgated pate production out of fish processing BY-PRODUCTS. *Carpathian Journal of Food Science & Technology*. 2025. 10 (4), P. 43–52.

7. Thiel P. R., Massaut K. B., Souza D. M., de Brito Leal A., de Lima Costa I. H., dos Santos Hackbart H. C., ... & Fiorentini Â. M. Functional pâté elaborated with tambica (*Oligosarcus robustus*) and viola (*Loricariichthys anus*): Oxidative stability, microbio-

logical and sensory quality. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2024. 58, P. 103222.

8. Rutynskiy M. Leisure as a component of the life of post-industrial civilization and the subject of study of recreology and recreational geography. *Geography and Modernity. Collection of scientific works of the National Polytechnic University named after MP Dragomanov*. 2009. P. 183–191.

9. Petrova L. V. The use of algae in the production of fish pastes. *Scientific Notes of the National University of Chemistry and Technology*. 2020. Vol. 28, No. 2, PP. 98–105. DOI:10.5678/nuhj.2020.28.2.98

10. Golembovska N. V., Vlasenko A. S. "Study of changes in quality indicators of fish pastes with non-traditional raw materials". *Scientific Bulletin of the National University of Chemistry and Technology*. 2021. 27 (1), PP. 34–40. DOI:10.1234/nuhj.2021.27.1.34

11. Sapsay V. V. Improvement of the technology of fish pastes based on sprat using non-traditional raw materials. *Bulletin of Agricultural Science*. 2020. 35 (3), PP. 88–93. DOI:10.5678/vas.2020.35.3.88

12. Ballo C. J. I., & Enriquez M. D. Sensory Properties and Chemical Composition of Fish Paste Produced from the Mechanized Fish Paste Maker. *Food Science and Technology*. 2025. 13 (1), PP. 97–102.

13. Israelyan V. M., & Sloboda N. V. Improvement of the technology of fish semi-finished products with the addition of non-traditional raw materials. *Journal of Food Science and Technology*. 2022. 29 (2), PP. 45–52. DOI:10.9101/jfst.2022.29.2.45

14. Menchynska A., Manoli T., Tyshchenko L., Pylypchuk O., Ivanyuta A., Holemboska, N., & Nikolaenko, M. *Biological value and consumer properties of fish pastes*. 2021. Vol. 15, Issue 3. PP. 52–62 DOI: <https://doi.org/10.15673/fst.v15i3.2121>

15. Ivanov O. M. The influence of vegetable proteins on the quality of fish pastes. *Journal of Food Science and Technology*. 2021. Vol. 15, No. 3, PP. 45–52. DOI:10.1234/jfst.2021.15.3.45

16. Bashir K. M. I., Kim J. S., An J. H., Sohn J. H., & Choi J. S. Natural food additives and preservatives for fish-paste products: A review of the past, present, and future states of research. *Journal of Food Quality*. 2017. (1), PP. 1–31

17. Seleznova O. I. Rozshyrennia asortymentu ta udoskonalennia tekhnolohii pashtetiv z netradytsiinoi syrovyny: dys. ... kand. tekhn. nauk. Kyiv. 2021. Natsionalnyi universytet kharchovykh tekhnolohii. S. 180

18. Sydorenko V. P. The influence of dietary fiber on the quality of fish pastes". *Bulletin of Agricultural Science*. 2019. Vol. 34, No. 4, PP. 67–74. DOI:10.9101/vas.2019.34.4.67

19. Krüseemann E. J., Lasschuijt M. P., De Graaf C., de Wijk R. A., Punter P. H., van Tiel L., ... & Talhout R.

Sensory analysis of characterising flavours: evaluating tobacco product odours using an expert panel. *Tobacco Control*. 2019. 28 (2), PP. 152–160.

20. Yu P., Low M. Y., & Zhou W. Design of experiments and regression modelling in food flavour and

sensory analysis: A review. *Trends in Food Science & Technology*. 2018. 71, PP. 202–215.

21. DSTU ISO 6564:2005 Doslidzhennia sensorne. Metodolohiia. Metody stvoriuvannia spektra fleivoru. Natsionalnyi orhan standartyzatsii Ukrainy. Kyiv, 2005

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)



Дата першого надходження статті до видання: 23.02.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.03.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 08.05.2026

УДК 663.3

Карачов В. В.,

v.karachov.gs@snau.edu.ua, ORCID ID: 0009-0001-7342-0618,
аспірант кафедри технологій та безпечності харчових продуктів,
Сумський національний аграрний університет, м. Суми

Болгова Н. В.,

natalia.bolhova@snau.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-0201-0769, Researcher ID: MVT-8931-2025,
доцент кафедри технологій та безпечності харчових продуктів,
Сумський національний аграрний університет, м. Суми

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВІТАМІНІЗОВАНОГО НАПОЮ ШВИДКОГО ПРИГОТУВАННЯ

Анотація. *Виробництво функціональних напоїв на основі рослинних порошків є одним із швидкозростаючих ринків завдяки високій концентрації біоактивних сполук у їх складі, які можуть бути корисними для здоров'я споживачів. Для забезпечення мікробної стабільності та стабільної якості напоїв піддаються термічній обробці. Однак застосування високих температур призводить до втрати термочутливих біологічно активних речовин. Перспективною альтернативою високотермічній обробці є криогенні технології зневоднення. Метою даного дослідження є розробка удосконаленої технології виробництва напоїв швидкого приготування на основі суміші рослинної та молочної сировини із високим вмістом вітаміну С. Особливістю запропонованої технології є поєднання різних способів зневоднення сировини. В якості основних рецептурних компонентів запропоновано використовувати порошок морінги та м'яти, виготовленні методом конвективного сушіння, сухе молоко, виготовлене вакуум-сушінням та апельсиновий криопорошок. Предметом дослідження є рецептура функціонального напою та вміст вітаміну С у ньому. Застосування криогенної технології дозволило зберегти високий вміст вітаміну С у апельсиновому порошку. Як наслідок – вміст вітаміну С у готовому до споживання продукті складає 73,8 мг/100 г, що становить 82–98 % рекомендованої добової норми споживання для дорослої людини. Використання у рецептурі м'ятного порошку дозволить покращити органолептичні показники якості напоїв на основі морінги, зменшивши інтенсивність їх трав'янистого смаку та запаху. Присутність у складі напою сухого молока дозволяє підвищити його харчову цінність, збагатити білком та жирами. Таким чином, розроблений швидкокорозчинний напій можна вважати функціональним продуктом.*

Ключові слова: криогенні технології, функціональні напої, сухе молоко, рослинні порошки, вітамін С.

Karachov V. V.,

v.karachov.gs@snau.edu.ua, ORCID ID: 0009-0001-7342-0618,
PhD student, Department of Technology and Food Safety, Sumy National Agrarian University, Sumy

Bolhova N. V.,

natalia.bolhova@snau.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-0201-0769, Researcher ID: MVT-8931-2025,
Associate Professor, Head of the Department of Food Technology and Safety, Sumy National Agrarian University, Sumy

IMPROVEMENT OF QUICK-CARE VITAMINIZED DRINK TECHNOLOGY

Abstract. *The production of functional beverages based on plant powders is one of the fastest growing markets due to the high concentration of bioactive compounds in their composition, which can be beneficial for the health of consumers. To ensure microbial stability and stable quality, drinks undergo heat treatment. However, the use of high temperatures leads to the loss of thermolabile biologically active substances.*

A promising alternative to high-temperature treatment is cryogenic dehydration technologies. The aim of this study is to develop an improved technology for the production of instant beverages based on a mixture of plant and dairy raw materials with a high content of vitamin C. A feature of the proposed technology is the combination of different methods of dehydration of raw materials. As the main recipe components, it is proposed to use moringa and mint powder, produced by convective drying, powdered milk produced by vacuum drying, and orange cryopowder. The subject of the study is the recipe of a functional beverage and the content of vitamin C in it. The use of cryogenic technology allowed to preserve the high content of vitamin C in orange powder. As a result, the content of vitamin C in the ready-to-eat product is 73.8 mg/100 g, which is 82–98 % of the recommended daily intake for an adult. The use of mint powder in the recipe will improve the organoleptic quality indicators of moringa-based drinks, reducing the intensity of their herbal taste and smell. The presence of powdered milk in the composition of the drink allows to increase its nutritional value, enrich it with protein and fats. Thus, the developed instant drink can be considered a functional product.

Key words: cryogenic technologies, functional drinks, powdered milk, vegetable powders, vitamin C.

JEL Classification: L 66

DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2026-45-06>

Постановка проблеми. Харчова промисловість зацікавлена в розробці функціональних продуктів через їхню популярність у колах харчування та здорового способу життя. Виробництво функціональних напоїв на основі рослинних порошків є одним із швидкозростаючих ринків завдяки високій концентрації біоактивних сполук, які можуть бути корисними для здоров'я споживачів. Вживання функціональних напоїв є потенційним способом використання харчових та біоактивних властивостей рослин, що може привернути увагу споживачів. Для забезпечення мікробної стабільності та стабільної якості напої піддаються консерваційній обробці. Однак застосування високих температур призводить до втрати термолабільних біологічно активних речовин.

Перспективною альтернативою високотермічній обробці є кріо-екстракція. Кріо-екстракти – це висококонцентровані витяжки з рослинної або біологічної сировини, отримані за допомогою технологій кріогенного подрібнення та екстракції при наднизьких температурах. Головною перевагою таких екстрактів є максимальне збереження біологічно активних речовин, які руйнуються при термічній обробці або використанні хімічних розчинників.

Тому, удосконалення технології розчинного напою на основі кріо-екстрактів є актуальним завданням для виробників та науковців.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Напої більше не вважаються просто засобом для втамування спраги, вони є важливими складовими щоденного споживання поживних речовин. Споживачі шукають певні функціональні елементи для належного покращення свого

самопочуття, а напої є найпоширенішими та найприйнятнішими функціональними продуктами харчування завдяки їхній зручності, стабільності зберігання та оптимальній матриці з бажаним поживним складом [1, 2].

Відповідно до сучасних вимог споживачів щодо забезпечення безпечнішими та мінімально обробленими харчовими продуктами з гарними споживчими характеристиками, харчова промисловість та наукова спільнота заохочуються до пошуку ефективних інноваційних технологій переробки для одночасного збереження харчових та сенсорних якостей. При цьому важливо забезпечити мікробіологічну стабільність та стабільність терміну придатності харчових продуктів [3]. Відповідно, протягом останніх десятиліть були запропоновані нетермічні та термічні методи, включаючи кріо-екстракцію. Встановлено, що використання кріогенної технології дозволяє зберегти біологічно-активні речовини, зокрема вітамін С у порошках [4].

На ринку існує широкий вибір функціональних напоїв, які можуть задовольнити різні харчові потреби та вподобання споживачів щодо інгредієнтів. Деякі з поширених категорій включають напої на молочній основі, напої на основі овочів та фруктів, спортивні напої, енергетичні напої, чай та напої на основі чаю, а також напої на основі сироваткових та соєвих білків [5].

До функціональних молочних напоїв, відносяться напої у яких основним компонентом є молоко або молочні похідні та доповнюються пробіотичними бактеріями або іншими базуючими речовинами, такими як омега-3 жирні кислоти, альфа-лінолева кислота, кон'югована

лінолева кислота та фітостероли, які додаються для покращення харчування та здоров'я [6]. Крім того, популярністю користуються напої на основі сухого молока, доповнені мінералами (кальцієм, залізом та магнієм).

Непереносимість лактози є однією з основних проблем, пов'язаних зі споживанням функціональних молочних продуктів на основі сирого молока. Тому пошук альтернатив посилюється в останні роки. Напої на основі фруктів виявилися чудовою альтернативою напоєм, збагаченими кількома базовими бактеріями та пробіотиками. Крім того, фрукти та овочі самі по собі багаті на вітаміни, мінерали та фенольні сполуки, які описуються як засоби для покращення здоров'я, головним чином завдяки зміцненню імунної системи.

Поширеною сировиною у виробництві функціональних напоїв є похідні переробки цитрусових. Високий вміст вітаміну С і фенольних сполук є основними факторами, що сприяють чудовій загальній антиоксидантній активності цитрусових. Тим не менш, фенольні сполуки ще не мають жодних заяв щодо їхньої харчової цінності для здоров'я.

Концентрований лимонний сік має антимікробний потенціал завдяки високому вмісту лимонної кислоти, вітаміну С та фенольних сполук [7]. Він багатий на вітамін С (сік одного лимона містить приблизно 18,6 мг вітаміну С). Хоча надмірна кислотність, гіркота та терпкість соку обмежує споживання та комерційний успіх [8], однак, як апельсиновий так і лимонний сік є багатим джерелом природних фітохімічних речовин та вітаміну С.

Доведено, що суміш двох або більше фруктів може призвести до отримання напоїв з вищою концентрацією вітаміну С та амінокислот [9].

Крім того, поєднання фруктових соків з молоком або рослинним молоком забезпечує синергетичний ефект, оскільки: тваринне молоко багате на кальцій, кон'юговану лінолеву кислоту, білки та жиророзчинні вітаміни; рослинне молоко багате на незамінні амінокислоти та мінерали, а також лінолеву (омега-6) та альфа-ліноленову (омега-3) кислоти [10].

Зростає також споживання напоїв на основі трав. Трав'яні напої містять велику кількість каротиноїдів, фенольних кислот, флавоноїдів, кумаринів, алкалоїдів, поліацетиленів, сапонінів і терпеноїдів. Показано, що напій з порошку морінги продемонстрував найвищу концентрацію фенольних і флавоноїдних сполук, а також

потужну антиоксидантну здатність [11]. Тому, розробляючи оптимальну рецептуру функціонального напою доцільно у його склад ввести порошок морінги.

Таким чином, напої на основі суміші рослинної та молочної сировини забезпечують значну концентрацію різних активних речовин, які можуть покращити функціональні властивості кінцевого продукту, а в деяких випадках покращити його фізико-хімічні та органолептичні характеристики, роблячи його більш привабливим для споживачів.

Постановка завдання. Оскільки збереження фізичної стабільності та біологічної активності кінцевого продукту є важливими параметрами, які слід вивчати під час змішування різноманітних за своїм складом рецептурних компонентів, доцільно використовувати готові до вживання порошки.

Літературні дані демонструють потенціал криопорошків та трав у виробництві функціональних напоїв. Але огляд відповідної літератури показав, що досі не запропоновано технологію виробництва, яка б передбачала використання сухого молока, порошку морінги та апельсинового порошку. Це дозволяє припустити, що проведення дослідження, присвяченого розробці рецептури та технології виготовлення функціонального розчинного напою на основі зазначених видів сировини є актуальним.

Таким чином, метою даного дослідження є розробка удосконаленої технології виробництва напоїв швидкого приготування на основі суміші рослинної та молочної сировини із високим вмістом вітаміну С.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розроблена рецептура дослідного зразка розчинного напою (табл. 1). В якості рецептурних компонентів використовували: сухе молоко жирністю 25 % СПД Салюк А. В. (Україна), порошок морінги компанії "Holistic Solutions s.r.o" (Чехія), порошок м'яти сублімованої ТМ Vestra Healthy (Україна), порошок апельсину сублімованого ТМ Vestra Healthy (Україна).

Таблиця 1

Рецептура дослідного зразку напоїв

Найменування сировини	Кількість сировини, г
Молоко сухе 25 % жирності	25
Порошок морінги	25
Порошок м'яти	25
Порошок апельсину	25
Разом	100

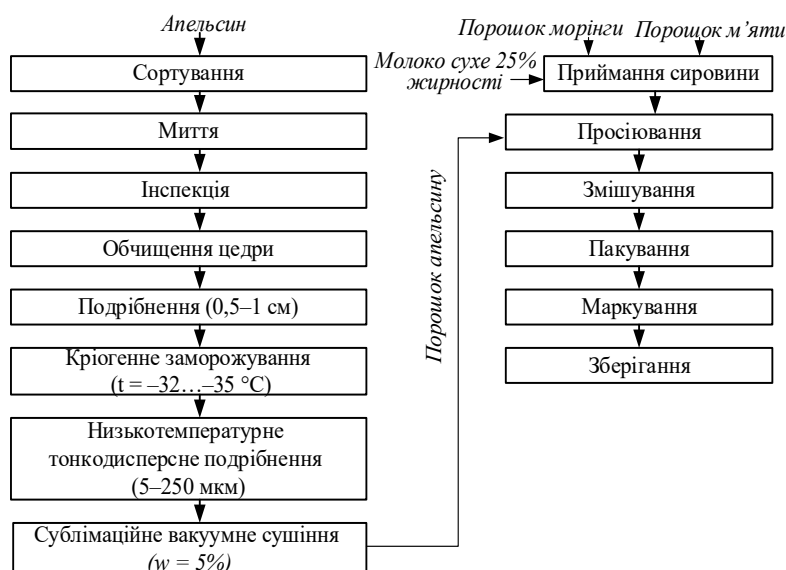


Рис. 1. Удосконалена технологічна схема виробництва функціонального напою

Згідно запропонованої технології (рис. 1) ретельно відмиті апельсини, гарної якості, очищуються від цедри та подрібнюються у овочерізці. Подрібнена апельсинова кашка заморожується в сушарці шокової заморозки. Після заморожування проводиться тонкодисперсне подрібнення заморожених частинок апельсина у кріогенному млині. Після тонкодисперсного подрібнення мікрочастинки висушуються у сублімаційній вакуумній сушарці. Всі рецептурні компоненти просіюються та ретельно змішуються. Отримана суміш розчинного напою пакується, маркується та направляється на зберігання. Гарантований термін придатності до споживання становить 6 місяців.

Для приготування напою 100 г суміші розчиняється у 200 мл окропу, перемішується до отримання однорідної консистенції. Рекомендована температура напою під час вживання 70–75 °С.

З метою оцінки біологічної цінності отриманого напою методом вискоєфективної рідинної хроматографії визначали вміст вітаміну С у ньому. Результати дослідження показали, що напій із апельсиновим порошком містить 73,8 мг/100 г вітаміну С, що становить 82–98 % рекомендованої добової норми споживання.

Люди не здатні синтезувати вітамін С ендогенним шляхом, тому він є важливим компонентом дієти. Вітамін С також є важливим фізіологічним антиоксидантом, регенує інші антиоксиданти в організмі, включаючи альфа-токоферол. Тому високий вміст вітаміну С у складі напоїв надає

їм додаткових функціональних властивостей.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Запропонована технологія дозволяє отримати функціональний швидкорозчинний напій. Функціональність напою підтверджується високим вмістом вітаміну С в ньому 73,8 мг/100 г, що становить 82–98 % рекомендованої добової потреби.

ЛІТЕРАТУРА

1. Routray W., Orsat V. 15 – Agricultural and Food Industry By-Products: Source of Bioactive Components for Functional Beverages. *Nutrients in Beverages*. 2019. Vol. 12, P. 543–589. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816842-4.00015-0>.
2. Bolhova, N. V., Karachov V. V. Nutritional value of moringa powder-based quick-made drinks. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Mechanization and Automation of Production Processes*. 2025. Vol. 1 (59). P. 3–7. <https://doi.org/10.32782/msnau.2025.1.1>
3. Jiménez-Sánchez C., Lozano-Sánchez J., Segura-Carretero A., Fernández-Gutiérrez A. Alternatives to conventional thermal treatments in fruit-juice processing. Part 2: Effect on composition, phytochemical content, and physicochemical, rheological, and organoleptic properties of fruit juices. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2017. Vol. 57 (3). P. 637–652. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.914019>.
4. Павлюк Р. Ю., Бессараб О. С., Погарська В. В., Балабай К. С., Лосєва С. М. Розробка кріогенної технології отримання нанопорошків із топінамбуру з використанням рідкого та газоподібного азоту. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2015. Вип. 6 (10). С. 4–10. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.56170>.
5. Cilla A., Garcia-Llatas G., Lagarda M. J., Barberá R., Alegría A. Development of Functional Beverages: The Case of Plant Sterol-Enriched Milk-Based Fruit Beverages. *Funct. Med. Beverages*. 2019. Vol. 11. P. 285–312. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816397-9.00008-X>.
6. Nazir M., Arif S., Khan R. S., Nazir W., Khalid N., Maqsood S. Opportunities and Challenges for Functional and Medicinal Beverages: Current and Future Trends. *Trends Food Sci. Technol*. 2019. Vol. 88. P. 513–526. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.04.011>.
7. Oikeh E. I., Omeregbe E. S., Oviasogie F. E., Oriakhi K. Phytochemical, Antimicrobial, and

Antioxidant Activities of Different Citrus Juice Concentrates. *Food Sci. Nutr.* 2016. Vol. 4. P.103–109. <https://doi.org/10.1002/fsn3.268>.

8. Gupta A. K., Koch P., Mishra P. Optimization of Debitting and Deacidification Parameters for Pomelo Juice and Assessment of Juice Quality. *J. Food Sci. Technol.* 2020. Vol. 57. P. 4726–4732. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04687-w>.

9. Vilas-Boas A. A., Magalhães D., Campos D. A., Porretta S., Dellapina G., Poli G., Istanbulu Y., Demir S., San Martín Á. M., García-Gómez P., Mohammed R. S., Ibrahim F. M., El Habbasha E. S. & Pintado M. Innovative Processing Technologies to Develop a New Segment of Functional Citrus-Based Beverages: Current and Future Trends. *Foods*. 2022. Vol. 11 (23). P. 3859. <https://doi.org/10.3390/foods11233859>.

10. Barreca D., Gattuso G., Bellocco E., Calderaro A., Trombetta D., Smeriglio A., Laganà G., Daglia M., Meneghini S., Nabavi S. M. Flavanones: Citrus Phytochemical with Health-promoting Properties. *Bio Factors*. 2017. Vol. 43. P. 495–506. <https://doi.org/10.1002/biof.1363>.

11. Rodrigues J. F., Soares C., Moreira M. M., Ramalhosa M. J., Duarte N. F., Delerue-Matos C., Grosso C. Moringa oleifera Lam. Commercial Beverages: A Multifaceted Investigation of Consumer Perceptions, Sensory Analysis, and Bioactive Properties. *Foods*. 2023. Vol. 12 (11). P. 2253. <https://doi.org/10.3390/foods12112253>.

REFERENCES

1. Routray, W. and Orsat, V. (2019), 15 – Agricultural and Food Industry By-Products: Source of Bioactive Components for Functional Beverages, *Nutrients in Beverages*, 12, 543–589. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816842-4.00015-0>.

2. Bolhova, N. V. and Karachov, V. V. (2025), Nutritional value of moringa powder-based quick-made drinks, *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Mechanization and Automation of Production Processes*, 1 (59), 3–7. <https://doi.org/10.32782/msnau.2025.1.1>

3. Jiménez-Sánchez, C., Lozano-Sánchez, J., Segura-Carretero, A. and Fernández-Gutiérrez, A. (2017), Alternatives to conventional thermal treatments in fruit-juice processing. Part 2: Effect on composition, phytochemical content, and physicochemical, rheological, and organoleptic properties of fruit juices, *Crit Rev Food Sci Nutr*, 57 (3), 637–652. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.914019>.

4. Pavlyuk, R. Yu., Bessarab, O. S., Pogarska, V. V., Balabay, K. S. and Loseva S. M. (2015), Development of cryogenic technology for obtaining nanopowders from Jerusalem artichoke using liquid and gaseous nitrogen, *East European Journal of Advanced Technologies*, 6 (10), 4–10. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.56170>.

5. Cilla, A., Garcia-Llatas, G., Lagarda, M. J., Barberá, R. and Alegría A. (2019), Development of Functional Beverages: The Case of Plant Sterol-Enriched Milk-Based Fruit Beverages, *Funct. Med. Beverages*, 11, 285–312. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816397-9.00008-X>.

6. Nazir, M., Arif, S., Khan, R. S., Nazir, W., Khalid, N. and Maqsood S. (2019), Opportunities and Challenges for Functional and Medicinal Beverages: Current and Future Trends, *Trends Food Sci. Technol.*, 88, 513–526. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.04.011>.

7. Oikeh, E. I., Omoregie, E. S., Oviasogie, F. E. and Oriakhi K. (2016), Phytochemical, Antimicrobial, and Antioxidant Activities of Different Citrus Juice Concentrates, *Food Sci. Nutr.*, 4, 103–109. <https://doi.org/10.1002/fsn3.268>.

8. Gupta, A. K., Koch, P. and Mishra P. (2020), Optimization of Debitting and Deacidification Parameters for Pomelo Juice and Assessment of Juice Quality, *J. Food Sci. Technol.*, 57, 4726–4732. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04687-w>.

9. Vilas-Boas, A. A., Magalhães, D., Campos, D. A., Porretta, S., Dellapina, G., Poli, G., Istanbulu, Y., Demir, S., San Martín, Á. M., García-Gómez, P., Mohammed, R. S., Ibrahim, F. M., El Habbasha, E. S. and Pintado, M. (2022), Innovative Processing Technologies to Develop a New Segment of Functional Citrus-Based Beverages: Current and Future Trends, *Foods*, 11 (23), 3859. <https://doi.org/10.3390/foods11233859>.

10. Barreca, D., Gattuso, G., Bellocco, E., Calderaro, A., Trombetta, D., Smeriglio, A., Laganà, G., Daglia, M., Meneghini, S. and Nabavi, S. M. (2017), Flavanones: Citrus Phytochemical with Health-promoting Properties, *Bio Factors*, 43, 495–506. <https://doi.org/10.1002/biof.1363>.

11. Rodrigues, J. F., Soares, C., Moreira, M. M., Ramalhosa, M. J., Duarte, N. F., Delerue-Matos, C. and Grosso, C. (2023), Moringa oleifera Lam. Commercial Beverages: A Multifaceted Investigation of Consumer Perceptions, Sensory Analysis, and Bioactive Properties, *Foods*, 12 (11), 2253. <https://doi.org/10.3390/foods12112253>.

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)



Дата першого надходження статті до видання: 18.02.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 16.03.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 08.05.2026

УДК 637.5.03

Пасічний В. М.,

pasww1@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-0138-5590, ResearcherID: N-6100-2018,
д.т.н., професор кафедри м'яса та м'ясних продуктів,
Національний університет харчових технологій, м. Київ

Єпішкін С. С.,

iepushkinsergii@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7037-5380,
аспірант, Національний університет харчових технологій, м. Київ

РОЗРОБЛЕННЯ РЕЦЕПТУРИ ТЕКСТУРОФОРМУЮЧОЇ ХАРЧОВОЇ КОМПОЗИЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ТРАНСГЛУТАМІНАЗИ ДЛЯ ВАРЕНИХ КОВБАСНИХ ВИРОБІВ

Анотація. Розроблення ефективних текстурорегулюючих харчових добавок для ковбасних виробів вареної групи потребує врахування їх термостабільності, для забезпечення в процесі виробництва необхідних показників якості. Для забезпечення показників в'язкості, в складі текстуроформуєчих добавок використовується широкий клас гідроколоїдів – крохмалі, камеді, карбоксиметил целюлоза, білки тваринного і рослинного походження. Для формування реологічних показників систем, які містять білок, для утворення заданої текстури, також використовуються трансферази заданої ферментативної активності. Підбір, складових сумішей на основі гідроколоїдів повинен враховувати підвищення стабільності реологічних показників, зокрема динамічної в'язкості, для формування якісних показників ковбасних виробів. В дослідженнях, для розроблення текстуроформуєчої харчової композиції, використано крохмаль картопляний, ксантанову камедь (E415), карбоксиметил целюлозу (E466), камедь конжаку (E425), розпушуючий агент (E551), суху демінералізовану сироватку та фермент трансглютаміназу. В процесі дослідження показників 1 % і 2 % розчинів модельних композицій сумішей визначено вплив рецептурного комбінування гідроколоїдів, молочної сироватки та трансглютамінази на показники динамічної в'язкості на 2 та 12 годину зберігання розчинів. Вивчено вплив рецептурного комбінування складу сумішей на зміну динамічної в'язкості, після прогрівання до температури 73 °С. Це дозволило оцінити термостабільність композиційних сумішей з використанням трансглютамінази. Встановлено, що використання трансглютамінази з ферментативною активністю в межах 90–130 одиниць в кількості 10–15 % в складі текстуроформуєчих композицій з молочною сироваткою дозволяє підвищити стабільність показників динамічної в'язкості при проведенні теплового оброблення, яке моделює завершення процесу нагрівання варених ковбасних виробів.

Ключові слова: гідроколоїди, молочна сироватка, трансглютаміназа, композиційна суміш, динамічна в'язкість, реологічні показники.

Pasichnyi V. M.,

pasww1@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-0138-5590, ResearcherID: N-6100-2018,
Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Meat and Meat Products,
National University of Food Technologies, Kyiv

Iepishkin S. S.,

iepushkinsergii@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7037-5380,
PhD student, National University of Food Technologies, Kyiv

DEVELOPMENT OF A TEXTURE-FORMING FOOD COMPOSITION FORMULATION USING TRANSGLUTAMINASE FOR COOKED SAUSAGE PRODUCTS

Abstract. The development of effective texture-regulating food additives for cooked sausage products requires taking into account their thermal stability to ensure the necessary quality indicators in the production process. To ensure viscosity indicators, a wide class of hydrocolloids is used in the composition of texture-

forming additives – starches, gums, carboxymethyl cellulose, proteins of animal and plant origin. To form the rheological indicators of systems containing protein, to form a given texture, transferases of a given enzymatic activity are also used. The selection of components of mixtures based on hydrocolloids should take into account the increase in the stability of rheological indicators, in particular dynamic viscosity, to form quality indicators of sausage products. In the studies, potato starch, xanthan gum (E415), carboxymethyl cellulose (E466), konjac gum (E425), leavening agent (E551), dry demineralized whey and transglutaminase enzyme were used to develop a texture-forming food composition. In the process of studying the indicators of 1 % and 2 % solutions of model compositions of mixtures, the effect of the prescription combination of hydrocolloids, whey and transglutaminase on the dynamic viscosity indicators for 2 and 12 hours of storage of the solutions was determined. The effect of the prescription combination of the composition of the mixtures on the change in dynamic viscosity after heating to a temperature of 73°C was studied. This allowed us to assess the thermal stability of the composite mixtures using transglutaminase. It has been established that the use of transglutaminase with enzymatic activity within 90–130 units in an amount of 10–15 % in the composition of texture-forming compositions with whey allows to increase the stability of dynamic viscosity indicators during heat treatment, which simulates the completion of the heating process of cooked sausage products.

Key words: hydrocolloids, whey, transglutaminase, composite mixture, dynamic viscosity, rheological indicators.

JEL Classification: O 31

DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2026-45-07>

Постановка проблеми. В м'ясопереробній галузі для забезпечення стабільної якості варених ковбасних виробів широко використовуються текстуро формуючі харчові добавки та ферментні препарати, які при можливому відхиленні якості сировини, дозволяють стабілізувати функціонально-технологічні і реологічні показники стандартизованої продукції [1, 2, 3].

В якості стабілізаторів використовуються гідроколоїди (рослинні волокна, камеді, похідні целюлози) [4, 5, 7], тваринні і рослинні білковмісні інгредієнти [6, 8, 9, 13].

При цьому полісахариди рослинного і мікробіологічного походження, завдяки своїй здатності підвищувати після нагрівання здатність зв'язувати вологу і змінювати в'язкісні характеристик систем комбінованого складу, можуть стабілізувати реологічні і функціональні показники фаршевих емульсій [9, 10].

До таких інгредієнтів належать крохмалі та харчові волокна, які виконують функцію стабілізації білково-жирових емульсій [11, 12, 23].

Крім гідроколоїдів в складу стабілізаторів використовуються білки тваринного і рослинного походження, які виконують частіше гелеутворюючу та емульгуючу функцію [13, 14, 19].

З метою більш раціонального використання супутніх продуктів переробки молока і м'яса, для моделювання харчових, з використанням білкової сировини, часто використовуються тваринний білок колаген [16, 17] та суха демінералізована молочна сироватка [9, 22]. Їх використання в складі

текстуроформуючих харчових композицій, не тільки забезпечує можливість балансування якісного білкового складу рецептур ковбасних виробів, а й, завдяки синергізму з гідроколоїдами, дозволяє ефективно стабілізувати функціональні та реологічні характеристики фаршевих емульсій [13, 9].

Тому пошук варіаційних комбінацій рецептур таких технологічних сумішей дозволяє підвищити рентабельність виробництва продукції в м'ясопереробній галузі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

В якості можливих модифікаторів реологічних показників та підвищення синергії у взаємодії з харчовими компонентами композиційних сумішей можуть бути використані нанокоспозити [9, 23] та різного роду ензими тваринного і мікробіологічного походження [15, 20].

Підбір ефективних модифікаторів реологічних характеристик може бути реалізованим завдяки формуванню структурних та технологічних характеристик під впливом ферментативних процесів, які залежать від часу впливу ферментних препаратів та їх концентрації [14].

Одним з таких модифікаторів, для регуляції текстури продуктів, можуть бути трансферази, зокрема трансклятаміназа, яка завдяки взаємодії з просторовою структурою білків і гідроколоїдів здатна утворювати щільну тривимірну структуру [10, 18]. При цьому ефективність її утворення потребує часової експозиції та залежить від активності ферментного препарату, його концентрації в складі системи [6].

Рядом авторів вивчалась можливість комбінування трансглютамінази з білками плазми крові свиней, результати яких підтвердили можливість підвищення функціонально-технологічних показників та мінімізації втрат ковбасних виробів. Було визначено, що поєднання трансглютамінази з тваринними білками підвищує стійкість колоїдної системи до нагрівання [15, 21].

Тому наявність трансглютамінази в складі функціональних композицій може сприяти утворенню високомолекулярних білкових комплексів актину та міозину, що покращує реологічні властивості продукту [6, 20].

Поєднання білків, гідроколоїдів полісахаридів та ферментативних препаратів [20, 23] дозволяє інтенсифікувати технологічний ефект на сировину та нівелювати можливість негативного впливу [20, 23].

Постановка завдання. В процесі досліджень було поставлено завдання визначити можливість впливу використання стандартизованої за ферментативною активністю трансглютамінази (активність 100-120 одиниць) на реологічні показники модельних харчових сумішей в складі яких використовувались крохмаль картопляний, ксантанова камедь (E415), карбоксиметил целюлоза (E466), камедь конжаку (E425), діоксид кремнію (E551), а також суха демінералізована

молочна сироватка. Склад рецептур модельних композицій представлено в табл. 1 та табл. 2.

При моделюванні сумішей варіаційно змінювали співвідношення крохмальної крохмалю і сухої демінералізованої сироватки.

В таблиці 2 наведено рецептури композиційних сумішей в яких, співвідносно вмісту картопляного крохмалю вносились трансглютаміназа.

Отримані дослідні зразки сумішей, за варіантами гідратували дистильованою водою з температурою 20-24°C, для отримання 1 і 2 % розчинів та витримували 2 і 12 годин, для отримання однорідності структури.

Для виявлення впливу нагрівання на стабільність реологічних показників гідратовані розчини, після 12 годин стабілізації, піддавали нагріванню на водяній бані до температури 73°C та охолоджували до кімнатної температури.

Для отриманих розчинів було відмічено відсутність здатності до гелеутворення, тому у підготовлених дослідних зразках для 1 і 2 % розчинів модельних сумішей з і без трансглютаміназою визначали динамічну в'язкість на віскозиметрі (Брукфілду DV-II+PRO, США), який призначений для вимірювання в'язкості рідин за умов зсуву.

Візуалізація вимірювання динамічної в'язкості на віскозиметрі Брукфілду DV-II+PRO представлено на рисунку 1.

Таблиця 1

Рецептурний склад модельних сумішей текстуроформуючих композицій

Сировина	Кількісний вміст за варіантами, %			
	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3	Варіант 4
Крохмаль картопляний екстра (vimal)	38,0	33,0	28,0	23,0
Сироватка суха демінералізована	25,0	30,0	35,0	40,0
E415 (ксантан)	18,0	18,0	18,0	18,0
Фермент трансглютаміназа (активність 100–120)	0,0	0,0	0,0	0,0
E466 (карбоксиметил-целюлоза)	13,0	13,0	13,0	13,0
E551 (Діоксид кремнію)	5,0	5,0	5,0	5,0
E425 (камідь конжаку)	1,0	1,0	1,0	1,0

Таблиця 2

Рецептурний склад модельних сумішей текстуроформуючих композицій з трансглютаміназою

Сировина	Кількісний вміст за варіантами, %			
	Варіант 5	Варіант 6	Варіант 7	Варіант 8
Крохмаль картопляний екстра (vimal)	38,0	33,0	28,0	23,0
Сироватка суха демінералізована	20,0	20,0	20,0	20,0
E415 (ксантан)	18,0	18,0	18,0	18,0
Фермент трансглютаміназа (активність 100–120)	5,0	10,0	15,0	20,0
E466 (карбоксиметил-целюлоза)	13,0	13,0	13,0	13,0
E551 (Діоксид кремнію)	5,0	5,0	5,0	5,0
E425 (камідь конжаку)	1,0	1,0	1,0	1,0



Рис. 1 Приклад робочого вимірювання на віскозиметрі DV-III+PRO



Рис. 2. Візуалізація модельних гідратованих сумішей

Виклад основного матеріалу дослідження.

Як видно з рисунку 2 дослідні зразки розчинів композицій, після виготовлення, мали достатньо густу однорідну структуру.

В таблиці 3 представлено дані визначених показників динамічної в'язкості дослідних зразків без внесення трасглутамінази, а в табл. 4 з внесенням трасглутамінази до складу рецептурних композицій.

Аналіз значень динамічної в'язкості зразків без трасглутамінази (табл. 3) засвідчує, що при збільшенні частки крохмалю в рецептурі композиційної суміші, для досягнення високих

стабільних значень динамічної в'язкості, кращі результати спостерігаються при 12 годинах витримки гідратованих композицій, що можна пояснити утворенням в часі більш стабільної колоїдної матриці.

При цьому відносно збільшення значень динамічної в'язкості, для розчинів без трасглутамінази, порівняно із розчинами без нагрівання до 73°C, досягається в межах 125,2–134,7 %, з найбільшим відносним збільшенням динамічної в'язкості від вмісту крохмалю для зразків № 3 та № 4. Це на наш погляд пов'язано з синергізмом взаємодії картопляного крохмалю та демінералізованої молочної сироватки, яка представлена, більшою частиною, термостійкими альбуміновими білками.

Таблиця 3

Показники динамічної в'язкості дослідних зразків гідратованих сумішей без трасглутамінази

№ варіант	Значення динамічної в'язкості в системі C_{ps} , $10^{-3} \text{Па}\cdot\text{с}$				
	Одновідсоткові розчини		Двовідсоткові розчини		
	Через 2 год	Через 12 год	Через 2 год	Через 12 год	Через 12 год, після нагріву
1	984	940	1946	2300	3080
2	986	925	1932	2280	2855
3	984	890	1946	2120	2750
4	986	859	1932	1960	2640

Таблиця 4

Показники динамічної в'язкості дослідних зразків гідратованих сумішей з трасглутаміназою

№ варіант	Значення динамічної в'язкості в системі C_{ps} , $10^{-3} \text{Па}\cdot\text{с}$				
	Одновідсоткові розчини		Двовідсоткові розчини		
	Через 2 год	Через 12 год	Через 2 год	Через 12 год	Через 12 год, після нагріву
5	1020	924	1838	2330	3225
6	922	874	1799	2230	3080
7	910	868	1786	2125	2880
8	894	792	1574	1855	2675

Аналіз даних табл. 4 показників динамічної в'язкості, для модельних прогрітих розчинів композиційних сумішей з трансглутаміназою, в порівнянні з даними табл. 3, вказує на підвищення значення динамічної в'язкості, при тих же відсотках картопляного крохмалю в рецептура на 1,3–7,8 %. При цьому відмічено, що відносно збільшення значень динамічної в'язкості розчинів з трансглутаміназою, порівняно із цими ж розчинами без нагрівання до 73°C, дозволяє досягти збільшення значень динамічної в'язкості на 135,5–144,2 %.

З урахуванням передбаченого використання композиційної суміші з трансглутаміназою для стабілізації реологічних показників варених ковбасних виробів, така стабільність, при нагріванні, показників динамічної в'язкості всіх композицій з трансглутаміназою дозволяє рекомендувати розроблені композиції харчових сумішей № 5, № 6, № 7, та № 8 для виробництва варених ковбасних виробів.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі.

В процесі порівняння показників динамічної в'язкості композиційних сумішей гідроколоїдів з демінералізованою молочною сироваткою та трансглутаміназою підтверджено їх термостабільність для забезпечення необхідних показників динамічної в'язкості.

Визначено, що розроблені композиції з трансглутаміназою дозволяють, в процесів нагріву, характерному для виробництва варених ковбасних виробів досягати стабільного підвищення значень динамічної в'язкості дисперсних систем.

Подальші дослідження будуть направлені на обґрунтування рецептурного складу та технології варених ковбасних виробів з розробленими текстуроформуючими композиціями з трансглутаміназою.

ЛІТЕРАТУРА

1. Akbari M., Razavi S. H., Kieliszek M. Recent advances in microbial transglutaminase biosynthesis and its application in the food industry. *Trends in Food Science & Technology*. 2021. Vol. 110. P. 458–469. URL: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.036>.
2. Nature-derived ingredients as sustainable alternatives for tenderizing meat and meat products: An updated review / E. G. Anaduaka et al. *Food Biotechnology*. 2023. Vol. 37, no. 2. P. 136–165. URL: <https://doi.org/10.1080/08905436.2023.2201354>.
3. Function of Different Emulsifiers in Spreadable Meat Emulsions: A Systematic Study of Physi-

cal Properties / M. Baechle et al. *Food Biophysics*. 2025. Vol. 20, no. 2. URL: <https://doi.org/10.1007/s11483-025-09941-2>.

4. Dietary fibres in processed meat: A review on nutritional enhancement, technological effects, sensory implications and consumer perception / M.-M. Ciobanu et al. *Foods*. 2025. Vol. 14, no. 9. P. 1459. URL: <https://doi.org/10.3390/foods14091459>.

5. Fadeyibi A. Modeling rheological behavior of beef based on time-dependent deformation and packaging. *Gazi University Journal of Science*. 2021. URL: <https://doi.org/10.35378/gujs.742087>.

6. Underlying the interactions in myofibrillar proteins and κ -carrageenan mixed sols as mediated by microbial transglutaminase based on conformational alterations, rheological behavior and molecular docking / Y. Feng та ін. *Food Hydrocolloids*. 2025. С. 111253. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2025.111253>.

7. Comprehensive review of carrageenan's multifaceted role in health and food systems / G. Kalsi et al. *Discover Food*. 2025. Vol. 5, no. 1. URL: <https://doi.org/10.1007/s44187-025-00405-7>.

8. Influence of functional food composition on the properties of meat mince systems / I. Strashynskiy et al. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. Vol. 6, no. 11 (84). P. 53–58. URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.86957>.

9. Development of combined protein-fat emulsions for sausage and semifinished products with poultry meat / V. Pasichniy et al. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2015. Vol. 1, no. 6 (73). P. 32–38. URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.36232>.

10. Influence of soybean dietary fiber with varying particle sizes and transglutaminase on soy protein isolate gel / Y. Lv et al. *Food Research International*. 2022. Vol. 161. P. 111876. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111876>.

11. Montes L., Rosell C. M., Moreira R. Rheological properties of corn starch gels with the addition of hydroxypropyl methylcellulose of different viscosities. *Frontiers in Nutrition*. 2022. Vol. 9. URL: <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.866789>.

12. Effects of pre-gelatinized whole Pueraria powder on the properties of duck meat sausages: Insights into gelatinization and molecular interactions / J. Shao et al. *Food Chemistry*. 2025. P. 146020. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.146020>.

13. Rudiuk V., Pasichnyi V. Assessment of function-technological and rheological parameters of consistency stabilisers for dairy protein-fat systems for the production of semi-smoked sausages. *Technology audit and production reserves*. 2023. Vol. 3, no. 3 (71). P. 41–45. URL: <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2023.283465>.

14. Biotransformation of collagen-containing meat materials into valuable product / O. Topchii et al. *Bioconversion of waste to value-added products* / ed. by O. Stabnikova et al. Boca Raton, London, New York, 2023. P. 37–68. URL: <https://doi.org/10.1201/9781003329671-2>.

15. Effect of transglutaminase on quality characteristics of two-structure cooked/smoked sausage / I. Shevchenko et al. *Ukrainian Food Journal*. 2025. Vol. 14, no. 4. P. 698–712. URL: <https://doi.org/10.24263/2304-974X-2025-14-4-8>.

16. Encapsulation of lutein in gelatin type A/B-chitosan systems via tunable chains and bonds from tweens: Thermal stability, rheologic property and food 2D/3D printability / H. Wang et al. *Food Research International*. 2023. Vol. 173. P. 113392. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113392>.

17. Вплив білоквмісних композицій на основі колагену на якість ковбасних виробів / А. І. Українець та ін. *Харчова наука і технологія*. 2016. № 3. С. 50–55. URL: <https://doi.org/10.15673/fst.v10i3.181>.

18. Tetrasodium pyrophosphate promotes light meromyosin crosslinking by microbial transglutaminase / Q. Wang et al. *Food Chemistry*. 2020. P. 128910. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128910>.

19. Agar-based composite emulsion gel as a pork fat substitute in sausages: Understanding meat batter stabilization mechanisms based on fat sources / M. Woo et al. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2025. Vol. 318. P. 144851. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.144851>.

20. Гармаш Д., Пасічний В. Вплив режимів термічної обробки на характеристики продуктів із м'яса птиці з використанням цільової ферментації. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Нові рішення у сучасних технологіях. 2021. № 3 (5). С. 40–44. URL: <https://doi.org/10.20998/2413-4295.2020.01.06>.

21. Effects of ultrasound-assisted extraction and transglutaminase treatment on the physicochemical properties of protein from *Stropharia rugosoannulata* / L. Yang et al. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2025. Vol. 122. P. 107637. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2025.107637>.

22. Youssef M. K., Barbut S. Effects of two types of soy protein isolates, native and preheated whey protein isolates on emulsified meat batters prepared at different protein levels. *Meat Science*. 2011. Vol. 87, no. 1. P. 54–60. URL: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.09.002>.

23. Effect of carboxymethyl cellulose (CMC) on some physico-chemical and mechanical properties of unrinsed surimi gels / C. Zhang et al. *Lwt*. 2023. P. 114653. URL: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114653>.

REFERENCES

1. Akbari, M., Razavi, S. H., & Kieliszek, M. (2021). Recent advances in microbial transglutaminase biosynthesis and its application in the food industry. *Trends in Food Science & Technology*, 110, 458–469. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.036>

2. Anaduaka, E. G., Chibuogwu, C. C., Ezugwu, A. L., & Ezeorba, T. P. C. (2023). Nature-derived ingredients as sustainable alternatives for tenderizing meat and meat products: An updated review. *Food Biotechnology*, 37 (2), 136–165. <https://doi.org/10.1080/08905436.2023.2201354>

3. Baechle, M., Via, M. A., Clausen, M. P., & Vilgis, T. A. (2025). Function of Different Emulsifiers in Spreadable Meat Emulsions: A Systematic Study of Physical Properties. *Food Biophysics*, 20 (2). <https://doi.org/10.1007/s11483-025-09941-2>

4. Ciobanu, M.-M., Manoliu, D.-R., Ciobotaru, M. C., Flocea, E.-I., & Boișteanu, P.-C. (2025). Dietary fibres in processed meat: A review on nutritional enhancement, technological effects, sensory implications and consumer perception. *Foods*, 14 (9), 1459. <https://doi.org/10.3390/foods14091459>

5. Fadeyibi, A. (2021). Modeling rheological behavior of beef based on time-dependent deformation and packaging. *Gazi University Journal of Science*. <https://doi.org/10.35378/gujs.742087>

6. Feng, Y., Li, X., Zhao, Z., Kong, B., Cao, C., Sun, F., Liu, Q., & Huang, X. (2025). Underlying the interactions in myofibrillar proteins and κ-carrageenan mixed sols as mediated by microbial transglutaminase based on conformational alterations, rheological behavior and molecular docking. *Food Hydrocolloids*, 111253. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2025.111253>


7. Kalsi, G., Hazarika, U., Baruah, L. D., Bordoloi, P. L., & Gogoi, M. (2025). Comprehensive review of carrageenan's multifaceted role in health and food systems. *Discover Food*, 5 (1). <https://doi.org/10.1007/s44187-025-00405-7>

8. Strashynskiy, I., Fursik, O., Pasichniy, V., Marynin, A., & Goncharov, G. (2016). Influence of functional food composition on the properties of meat mince systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (11 (84)), 53–58. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.86957>

9. Pasichniy, V., Marynin, A., Moroz, E., & Geredchuk, A. (2015). Development of combined protein-fat emulsions for sausage and semifinished products with poultry meat. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (6 (73)), 32–38. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.36232>

10. Lv, Y., Tang, T., Xu, L., Wang, J., Su, Y., Li, J., Gu, L., Zhang, M., Yang, Y., & Chang, C. (2022). Influence of soybean dietary fiber with varying particle sizes and transglutaminase on soy protein

- isolate gel. *Food Research International*, 161, 111876. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111876>
11. Montes, L., Rosell, C. M., & Moreira, R. (2022). Rheological properties of corn starch gels with the addition of hydroxypropyl methylcellulose of different viscosities. *Frontiers in Nutrition*, 9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.866789>
12. Shao, J., Zhang, C., Ai, Y., Wang, H., Han, Y., & Hou, W. (2025). Effects of pre-gelatinized whole Pueraria powder on the properties of duck meat sausages: Insights into gelatinization and molecular interactions. *Food Chemistry*, 146020. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.146020>
13. Rudiuk, V., & Pasichnyi, V. (2023). Assessment of function-technological and rheological parameters of consistency stabilisers for dairy protein-fat systems for the production of semi-smoked sausages. *Technology audit and production reserves*, 3 (3(71)), 41–45. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2023.283465>
14. Topchii O., Pasichniy V., Marynin A., Stabnikova O. (2023). Biotransformation of collagen-containing meat materials into valuable product. In: O. Stabnikova, O. Shevchenko, V. Stabnikov, O. Paredes-López (Eds.), *Bioconversion of waste to value-added products*, pp. 37–68. CRC Press, Boca Raton, London, New York, <https://doi.org/10.1201/9781003329671-2>
15. Shevchenko, I., Haschuk, O., Moskaliuk, O., & Kharchenko, Ye. (2025). Effect of transglutaminase on quality characteristics of two-structure cooked smoked sausage. *Ukrainian Food Journal*, 14 (4), 698–712. <https://doi.org/10.24263/2304-974X-2025-14-4-8>
16. Wang, H., Lin, X., Zhu, J., Yang, Y., Qiao, S., Jiao, B., Ma, L., & Zhang, Y. (2023). Encapsulation of lutein in gelatin type A/B-chitosan systems via tunable chains and bonds from tweens: Thermal stability, rheologic property and food 2D/3D printability. *Food Research International*, 173, 113392. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113392>
17. Ukrainets, A., Pasichniy, V., Zheludenko, Y., & Polumbryk, M. (2016). Impact of protein composition with collagen on boiled sausages quality. *Food Science and Technology*, 10 (3), 50–55. <https://doi.org/10.15673/fst.vl0i3.181>
18. Wang, Q., Sun, Y., Shao, J., Lv, B., Yu, Z., Zhao, S., & Li, C. (2020). Tetrasodium pyrophosphate promotes light meromyosin crosslinking by microbial transglutaminase. *Food Chemistry*, 128910. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128910>
19. Woo, M., Jo, K., Kim, S., Han, S., Choi, Y.-S., Kang, T., Jung, S., & Lee, S. (2025). Agar-based composite emulsion gel as a pork fat substitute in sausages: Understanding meat batter stabilization mechanisms based on fat sources. *International Journal of Biological Macromolecules*, 318, 144851. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.144851>
20. Garmash, D., & Pasichnyi, V. (2021). The influence of heat treatment regimes on the characteristics of poultry meat products using targeted fermentation. *Bulletin of the National Technical University “KhPI”. Series: New solutions in modern technologies*, (3 (5), 40–44. <https://doi.org/10.20998/82413-4295.2020.01.06>
21. Yang, L., Yang, L., Feng, X., Xiao, Y., Tian, X., Huang, W., & Liu, Y. (2025). Effects of ultrasound-assisted extraction and transglutaminase treatment on the physicochemical properties of protein from *Stropharia rugosoannulata*. *Ultrasonics Sonochemistry*, 122, 107637. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2025.107637>
22. Youssef, M. K., & Barbut, S. (2011). Effects of two types of soy protein isolates, native and pre-heated whey protein isolates on emulsified meat batters prepared at different protein levels. *Meat Science*, 87 (1), 54–60. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.09.002>
23. Zhang, C., He, Y., Zheng, Y., Ai, C., Cao, H., Xiao, J., El-Seedi, H., Chen, L., & Teng, H. (2023). Effect of carboxymethyl cellulose (CMC) on some physico-chemical and mechanical properties of unrinsed surimi gels. *Lwt*, 114653. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114653>

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0) 

Дата першого надходження статті до видання: 18.02.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 17.03.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 08.05.2026

УДК 641.613.2:664.6/7

Рогова А. Л.,

rogovaal.th@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0345-4548>, Researcher ID: HNI-2739-2023, к.е.н., доц., доцент кафедри туризму та готельно-ресторанної справи, Хмельницький національний університет, м. Хмельницький

Чоні І. В.,

inna.choni@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5156-4741>, Researcher ID: HNI-2909-2023, к.т.н., доц., доцент кафедри технологій харчових виробництв і ресторанного господарства, Полтавський університет економіки і торгівлі, м. Полтава

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ СТВОРЕННЯ БЕЗГЛЮТЕНОВИХ СОУСІВ ДЛЯ РЕСТОРАННОГО ВИРОБНИЦТВА

Анотація. У статті досліджується можливість використання амарантового, рисового та кукурудзяного борошна як загусників у технології соусів. Визначено зміну водопоглинальної здатності пшеничного і безглютенових видів борошна без нагріву та після сухого нагріву при температурі 120 °C упродовж 5, 10, 15 і 20 хв. Встановлено, що стартові показники водопоглинальної здатності безглютенових видів борошна суттєво перевищують аналогічний показник пшеничного, що обумовлює можливість їх використання у зменшеній кількості під час приготування соусів. Сухий нагрів спричиняє стійке зниження водопоглинальної здатності всіх досліджуваних зразків, що пов'язано з денатурацією білкових фракцій; декстринізацією крохмалю та зменшенням його набухання; зниженням кількості доступних гідрофільних груп. На основі експериментальних даних розраховано порівняльні коефіцієнти заміни пшеничного борошна безглютеновими аналогами: для рисового – 0,26; кукурудзяного – 0,25; амарантового – 0,32. Хоча амарантове борошно потребує децю більшої кількості, але забезпечує кращу стабільність та більш високу харчову цінність. Розроблені безглютенові соуси характеризуються привабливим зовнішнім виглядом, однорідною консистенцією. За смаковими характеристиками дослідні зразки не поступалися традиційним соусам, виготовленим із використанням пшеничного борошна, що підтверджує ефективність застосування альтернативних структуроутворювачів. Соус з амарантовим борошном має кремовий відтінок і легкий горіховий присмак. Отримані результати підтверджують перспективність застосування амарантового, рисового та кукурудзяного борошна у виробництві безглютенових соусів. Подальші дослідження доцільно спрямувати на вивчення реологічних властивостей соусів, використання комбінованих загущувачів та оптимізацію рецептур з урахуванням функціональної й біологічної цінності продукції.

Ключові слова: глютен, соуси, борошно амарантове, кукурудзяне, рисове, водопоглинальна здатність, коефіцієнт заміни.

Rohova A. L.,

rogovaal.th@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0345-45-48> Researcher ID: HNI-2739-2023, PhD, Associate Professor, Associate Professor at the Department of tourism and hotel and restaurant business, Khmelnytskyi National University, Khmelnytskyi

Choni I. V.,

inna.choni@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5156-4741>, Researcher ID: HNI-2909-2023, PhD, Associate Professor, Associate Professor at the Department technologies of food production and restaurant industry, Poltava University of Economics and Trade, Poltava

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF CREATING GLUTEN-FREE SAUCES FOR RESTAURANT PRODUCTION

Abstract. The article investigates the feasibility of using amaranth, rice, and corn flours as thickeners in sauce technology. Changes in the water absorption capacity of wheat flour and gluten-free flours were determined without heating and after dry heating at 120 °C for 5, 10, 15, and 20 minutes. It was established

that the initial water absorption capacity of gluten-free flours significantly exceeds that of wheat flour, which substantiates the possibility of their use in reduced amounts during sauce preparation. Dry heating causes a stable decrease in the water absorption capacity of all studied samples, which is associated with denaturation of protein fractions, starch dextrinization and reduced starch swelling, as well as a decrease in the number of available hydrophilic groups. Based on experimental data, comparative substitution coefficients for replacing wheat flour with gluten-free analogues were calculated: 0.26 for rice flour, 0.25 for corn flour, and 0.32 for amaranth flour. Although amaranth flour requires a slightly higher amount, it provides better stability and higher nutritional value. The developed gluten-free sauces are characterized by an attractive appearance and a homogeneous consistency. In terms of sensory characteristics, the experimental samples were not inferior to traditional sauces prepared with wheat flour, which confirms the effectiveness of using alternative structure-forming agents. Sauce containing amaranth flour has a creamy hue and a mild nutty flavour. The obtained results confirm the prospects of using amaranth, rice, and corn flours in the production of gluten-free sauces. Further research should focus on studying the rheological properties of sauces, the use of combined thickeners, and the optimization of formulations taking into account the functional and biological value of the products.

Key words: desserts, superfoods, culinary trends, healthy lifestyle, nutritional value.

JEL Classification: L66, O32

DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2026-45-08>

Постановка проблеми. Сучасний етап розвитку ресторанного господарства характеризується суттєвими змінами у структурі споживчого попиту, зумовленими зростанням уваги до питань здорового, функціонального та спеціалізованого харчування. Для людини важливий якісний склад споживаних нею продуктів – джерел поліненасичених жирних кислот, вітамінів, мінеральних елементів, повноцінних білків, тому створення нових продуктів з використанням оптимального співвідношення макро- і мікрокомпонентів набуває все більшої значущості. Споживачі бажають здорової їжі, яка була б приємною на смак і доступною за ціною, але не обов'язково дешевою [1]. Не втрачає актуальності забезпечення спеціалізованими продуктами харчування категорії споживачів, які страждають на певні захворювання.

Ринок безглютенових продуктів значно розширився за останні роки, що зумовлено зростанням глобальної поширеності захворювань, пов'язаних з глютенем, включаючи целиакію та алергію на пшеницю. Безглютенові дієти (БГД) набирають популярності в усьому світі [2]. Спочатку БГД були розроблені для людей з непереносимістю глютену, включаючи такі стани, як целиакія, нецелиакійна чутливість до глютену, глютеносенсивна атаксія або герпетиформний дерматит. Однак багато людей без чутливості до глютену згодом перейшли на цю дієту, що призвело до зростання попиту на безглютенові харчові продукти.

Глютен – це білок, що міститься в пшениці, ячмені та житі, діє як клей, надаючи тісту

характерної еластичності. Целиакія, найпоширеніша форма чутливості до глютену – це аутоімунна реакція в тонкому кишечнику, викликана вживанням глютену. Це може призвести до запалення та потенційних ускладнень, якщо його не лікувати [3].

Особливе місце у структурі ресторанного меню займають соуси, які виконують не лише смако-ароматичну, але й текстуроутворювальну та композиційну функції, забезпечуючи цілісність страви та її сенсорну привабливість. Найчастіше як загусник використовують пшеничне борошно. Його застосування унеможливує використання соусів у складі безглютенових страв і створює ризики перехресної контамінації у виробничих умовах ресторану. Таким чином, актуальним є пошук альтернативних натуральних та функціональних загущувачів [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження, проведені останніми роками, показали, що 1 % населення світу страждає на целиакію. Це захворювання, поширене в усьому світі, хоча й з географічними відмінностями через генетичні та екологічні фактори, включаючи особливості споживання пшениці [5].

Одним із актуальних напрямів є формування безглютенового асортименту страв і кулінарних виробів, що обумовлено як медичними показаннями (целиакія, нецелиакійна чутливість до глютену), так і свідомим вибором споживачів, орієнтованих на персоналізовані дієтичні підходи. Оскільки глютен відіграє важливу роль у формуванні смаку та текстури, то при заміні пшеничного борошна новими функціональними

інгредієнтами (безглютеновими) у стравах слід враховувати технологічні, харчові та органолептичні характеристики [6].

Формування асортименту соусів у сучасному закладі ресторанного господарства – це не лише кулінарне завдання, а й стратегічна частина створення унікальної концепції. Соуси також здатні збагатити основну страву дефіцитними нутрієнтами: макро-, мікроелементами, вітамінами, харчовими волокнами, ПНЖК та іншими біологічно активними речовинами, показати у новому світлі звичні страви, продукти та інгредієнти [7, 8].

У сучасній науковій літературі виявляється значний інтерес до розроблення безглютенових харчових продуктів, що обумовлено зростаючими тенденціями до функціонального харчування. Хоча більшість таких публікацій присвячена безглютеновим виробам з тіста, ці фундаментальні принципи можуть бути застосовані й до розроблення безглютенових соусів, де реологічні характеристики є критично важливими для споживчих властивостей [9-12]. Дослідження властивостей безглютенових компонентів також підкреслюють важливість розуміння взаємодій між компонентами рецептури на молекулярному рівні. Наприклад, структурують здатність крохмалю, за відсутності глютену, суттєво залежить від типу і обробки крохмалю, а також від присутності полімерних загущувачів, що впливає на текстуру та стабільність продукту при нагріванні і зберіганні. Технологічні властивості крохмалів і безглютенових видів борошна досліджувалися у роботах Грищенко А. М., Дробот В. І. [13, 14].

У роботах українських вчених розглянуто і запропоновано наукові підходи щодо розроблення безглютенових соусів з додаванням до їх складу різноманітних функціональних інгредієнтів: слизи насіння льону, плодово-ягідної сировини [15, 16]. Спеціалізованих публікацій саме про безглютенові соуси з використанням різних видів борошна, які виробляються у закладах ресторанного господарства, значно менше [17].

Постановка завдання. Вивчення можливості використання нетрадиційної сировини (амарантового, кукурудзяного, рисового борошна) у виробництві соусів червоного та білого для підприємств харчування, вироблених за традиційною рецептурою. Досліджено вплив тривалості сухого нагріву борошна на водопоглинальну здатність з метою отримання оптимальної консистенції соусів.

Експериментальна частина роботи виконана в Полтавському університеті економіки і торгівлі. Сировина, яка використовувалась, відповідає ДСТУ та вимогам діючої в Україні нормативної документації. Відбір проб готового продукту та підготовка проб до аналізу здійснювалися за стандартною методикою. Водопоглинальну здатність безглютенової сировини визначали методом центрифугування.

Виклад основного матеріалу дослідження. Нами запропоновано для соусів із загущувачами заміну борошна пшеничного на борошно амаранту, рисового і кукурудзяного у різних пропорціях. Це обґрунтовано наступними факторами. Амарантове борошно відзначається високою біологічною цінністю, характеризується високим вмістом білка (14...18 %), з добре збалансованим амінокислотним складом. Вуглеводний комплекс представлений переважно крохмалем дрібнозернистої структури, що забезпечує добру здатність до гелеутворення та формування в'язких систем. Завдяки цій властивості амарантове борошно може використовуватися як природний загущувач у безглютенових соусах і кулінарних виробках. Вміст харчових волокон (9...11 %) сприяє покращенню функціональних властивостей готової продукції. Мінеральний склад представлений значними кількостями кальцію, магнію, заліза, фосфору та калію, а також мікроелементами. Вітамінний комплекс включає вітаміни групи В, Е та інші біологічно активні речовини [18].

Кукурудзяне борошно, залежно від сорту, містить до 10 % білків, до 5 % жирів, до 70 % крохмалю. Білковий склад кукурудзяного борошна відрізняється від пшеничного, що зумовлює знижену здатність до набрякання та відсутність клейковинного каркаса. Водночас кукурудзяне борошно надає виробам характерний смак і колір. Кукурудзяне борошно забезпечує більш щільну структуру і стійкість до нагрівання, але потребує поєднання з гідроколоїдами або іншими загущувачами для отримання гладкої консистенції соусів.

Рисове борошно різних виробників містить 70 % вуглеводів, із яких крохмалю – до 55 %, білків – до 10 %, жирів – до 1 %. Воно є джерелом біотину та цинку, які мають важливе медико-біологічне значення та набуває популярності завдяки органолептичним властивостям, високій засвоюваності (до 96 %) та гіпоалергенності. Рисове борошно має нейтральний смак і легку текстуру, добре підходить для рідких соусів, але його білок

має низьку біологічну цінність і слабку здатність до загущення без додаткових стабілізаторів.

При пасеруванні борошна для соусів, відбувається сухе нагрівання: крохмаль частково декстринізується, білки денатурують, а поверхня частинок змінює полярність. Це прямо впливає на водопоглинання, зазвичай воно знижується зі збільшенням часу нагріву, але темп і характер змін залежать від виду борошна. У ході дослідження було проаналізовано зміну водопоглинальної здатності пшеничного, амарантового, рисового та кукурудзяного борошна під впливом термічної обробки за температури 120 °С упродовж 5, 10, 15 та 20 хв., що відповідає технологічним режимам пасерування загусників для соусів у ресторанному господарстві.

Водопоглинальна здатність (ВПЗ) борошна визначається співвідношенням амілози та амілопектину; вмістом і природою білків; наявністю клітковини та ліпідів; ступенем термічної модифікації крохмалю. Безглютені види борошна (амарантове, рисове, кукурудзяне) не утворюють клейковинного каркасу, тому їх структурна поведінка при нагріванні відрізняється від пшеничного. Зміна водопоглинальної здатності (%) наведена у таблиці 1.

Встановлено, що безглютені види борошна (рисове, кукурудзяне, амарантове) мають у 3–4 рази вищу водопоглинальну здатність, ніж пшеничне, що обумовлено відсутністю клейковинного каркасу; високим ступенем набухання крохмалю; підвищеним вмістом пошкоджених крохмальних гранул. Отримані результати свідчать, що тривалість нагрівання істотно впливає на здатність борошна зв'язувати воду, причому характер змін суттєво різниться залежно від виду сировини.

Сухий нагрів при 120 °С спричиняє стійке зниження водопоглинальної здатності всіх досліджуваних зразків, що пов'язано з денатурацією білкових фракцій; декстринізацією крохмалю та зменшенням його набухання; зниженням кількості доступних гідрофільних груп. Найбільш інтенсивне зменшення показника спостерігається у рисового та кукурудзяного борошна, що є критичним при використанні їх як загусників у соусах.

Після 20 хв. сухого нагріву водопоглинальна здатність знижується до рівня, який може бути недостатнім для формування стабільної консистенції соусу без додаткових структуроутворювачів. Для пшеничного борошна це зниження складає 25,8 %, для рисового і кукурудзяного – 30,4 % і 31,3 % відповідно, а для амарантового – 26,3 %.

Збільшення тривалості нагріву до 15...20 хв. знижує вологоутримуючу здатність борошна через термічну деструкцію крохмальних гранул, денатурацію білків і зменшення кількості активних центрів зв'язування води. За рахунок високого вмісту крохмалю та чутливості до сухого нагріву кукурудзяне та рисове борошно демонструють найбільше зниження показників.

У пшеничному борошні є глютенівий комплекс білків, який може частково компенсувати втрати гідрофільності, що пояснює його відносно термостабільність і вологоутримуючу здатність. Амарантове борошно займає проміжне місце, оскільки його білково-крохмальна матриця та високий вміст харчових волокон показують помірне зниження показника.

Отримані дані свідчать про те, що під час обробки технологій соусної продукції, слід брати до уваги вид борошна та тривалість термічної обробки. Це пов'язано з тим, що зміна водопоглинальної здатності значно впливає на реологічні властивості та якість готової продукції.

Розрахунок порівняльних коефіцієнтів заміни пшеничного борошна безглютенівими аналогами було проведено за водопоглинальною здатністю (ВПЗ), оскільки саме вона визначає дозування загусника в соусах. Коефіцієнт заміни (K_z), який показує, яку частину маси пшеничного борошна потрібно взяти безглютенівого аналога, визначали за формулою [19]:

$$K_z = \frac{ВПЗ_{пб}}{ВПЗ_{бгб}}$$

де $ВПЗ_{пб}$ – водопоглинальна здатність пшеничного борошна, %;

$ВПЗ_{бгб}$ – водопоглинальна здатність безглютенівого борошна, %.

Таблиця 1

Зміни водопоглинальної здатності борошна при сухому нагріві, %

Вид борошна	без нагріву	5 хв	10 хв	15 хв	20 хв
Пшеничне	60,1 ± 3	56,5	52,8	48,9	45,2
Рисове	227,2 ± 5	210,1 ± 5	192,3 ± 5	175,2 ± 5	158,4 ± 5
Кукурудзяне	240,2 ± 5	222,1 ± 5	200,3 ± 5	282,2 ± 5	165,3 ± 5
Амарантове	190,3 ± 5	175,4 ± 5	160,3 ± 5	145,2 ± 5	140,3 ± 5

Коефіцієнти заміни пшеничного борошна

Вид борошна	ВПЗ, %	Коефіцієнт заміни (Кз)	Практична інтерпретація
Пшеничне	52,8	1,00	Базове значення
Рисове	192,3	0,27	27 г замість 100 г пшеничного
Кукурудзяне	200,3	0,26	26 г замість 100 г пшеничного
Амарантове	160,3	0,32	33 г замість 100 г пшеничного

Розрахунок коефіцієнту заміни пшеничного борошна на безглютенове при тривалості нагріву не більш 10 хв. як технологічно оптимального показника представлено в таблиці 2.

Згідно із даних таблиці видно, що найменша норма внесення встановлена для кукурудзяного та рисового борошна. Амарантове потребує дещо більшої кількості, але забезпечує кращу стабільність та більш високу харчову цінність. Заміна пшеничного борошна у співвідношенні 1:1 технологічно недопустима, це призведе до надмірної густини соусу.

Результати органолептичної оцінки показали, що розроблені безглютенові соуси характеризуються привабливим зовнішнім виглядом, однорідною консистенцією та гармонійним смако-ароматичним профілем. Консистенція соусів оцінена як стабільна, густа кремоподібна, без ознак розшарування або утворення грудочок, що є важливим показником для продукції ресторанного призначення. За смаковими характеристиками дослідні зразки не поступалися традиційним соусам, виготовленим із використанням пшеничного борошна, що підтверджує ефективність застосування альтернативних структуроутворювачів. Білий соус з амарантовим борошном має кремовий відтінок і легкий горіховий присмак.

Впровадження безглютенових соусів у меню закладів ресторанного господарства потребує комплексного підходу, що поєднує технологічні, організаційні та економічні чинники. Практична реалізація науково обґрунтованих рецептур можлива лише за умови адаптації технологій до виробничих процесів закладу, дотримання вимог харчової безпечності та забезпечення стабільної якості готової продукції. Практика свідчить, що доцільним є створення базових безглютенових соусів, які можуть слугувати основою для подальших варіацій за рахунок додавання смако-ароматичних компонентів, що підвищує гнучкість меню та оптимізує виробничі витрати.

Важливе значення має адаптація технологічного процесу приготування безглютенових соусів до умов ресторанного виробництва. Зокрема,

необхідно враховувати часові обмеження, можливість приготування соусів у невеликих обсягах, стійкість до короткочасного зберігання та повторного нагрівання. Практичний досвід підтверджує доцільність використання технологічних карт із чітким регламентуванням етапів приготування, температурних режимів і тривалості теплової обробки, що сприяє відтворюваності якості готової продукції.

Окрему увагу у практичній діяльності необхідно приділяти організації виробничого процесу та запобіганню перехресній контамінації глютену. Це передбачає чітке зонування робочих поверхонь, використання окремого інвентарю та посуду, а також впровадження внутрішніх стандартів контролю. Навчання персоналу принципам безглютенового виробництва є важливою умовою дотримання технологічної дисципліни та забезпечення довіри споживачів до безглютенового меню.

Практичний аспект впровадження безглютенових соусів також пов'язаний з формуванням інформаційної прозорості для споживачів. Чітке маркування безглютенових позицій у меню, надання інформації про склад і особливості приготування сприяють підвищенню споживчої лояльності та розширенню цільової аудиторії закладу. У цьому контексті безглютенові соуси можуть розглядатися не лише як елемент дієтичного харчування, а й як складова сучасної гастрономічної концепції ресторану.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Таким чином, результати досліджень підтверджують, що амарантове борошно є найбільш перспективним інгредієнтом для розроблення безглютенових соусів у ресторанному господарстві, оскільки поєднує високу водопоглинальну здатність із відносною стабільністю до термічної обробки. Перспективи подальших досліджень доцільно спрямувати на поглиблене вивчення реологічних властивостей безглютенових соусів, а також на оптимізацію рецептур з урахуванням функціональної та біологічної цінності продукції.

ЛІТЕРАТУРА

1. Полотай Б. Я. Еко-тренди в ресторанному бізнесі. *Індустрія туризму і гостинності в Центральній та Східній Європі*. 2023, № 8. С. 97–101. URL: <https://doi.org/10.32782/tourismhospsee-8-13>.

2. Borges V. da Costa, Fernandes S. S., Zavareze E. da Rosa, Haros C. M., Hernandez C. P., Guerra Dias A. R., Salas-Mellado M. Production of gluten free bread with flour and chia seeds (*Salvia hispanica* L), *Food Bioscience*. Vol. 43. 2021. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101294>.

3. Hussein F. Hassan, Lydia Mourad, Narjes Khatib, Ranim Assi, Shaymaa Akil, Sami El Khatib, Rasha Hteit. Perceptions towards gluten free products among consumers: *A narrative review, Applied Food Research*. Vol. 4, Issue 2. 2024. URL: <https://doi.org/10.1016/j.afres.2024.100441>.

4. Войтенко А. Рябополова І. Безглютенове харчування – виклики та інновації у виробництві. *Молодь – науки і виробництво: Актуальні питання харчової промисловості* : матеріали ІV всеукр. наук.-техн. конф. (Кропивницький 14 травня 2025 р.). Кропивницький : ХДАЕУ. С. 19–20.

5. Bradauskiene V., Vaiciulyte-Funk L., Martinitiene D. Andruskiene J., Catassi C. Wheat consumption and prevalence of celiac disease: Correlation from a multilevel analysis. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2023, 63 (1). P. 18–32. URL: <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1939650>.

6. Rodica, S., Dinu Ț. Certain Aspects of Nutritional Security of People with Gluten-Related Disorders. *Food and Nutrition Sciences*. 2020, 11. P. 1012–1031.

7. Цвітун С., Рогова А. Сучасні напрямки формування асортименту соусів у закладах ресторанного господарства. *Готельно-ресторанний бізнес та харчові технології: сучасні тенденції, виклики, інновації* : матеріали ІІ-ої всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. (Львів, 15 травня 2025 р.). Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2025. С. 156–159.

8. Башта А., Стеценко Н., Бажай-Жежерун С. Підвищення харчової цінності та розширення асортименту соусів оздоровчого призначення. *Biota. Human. Technology*. 2025, № 1. С. 161–175. DOI: 10.58407/bht.1.25.10.

9. Сова Н. А., Коршунов Р. Д., Єфімов В. Г., Леусенко О. О. Використання продуктів переробки насіння амаранту у технології цукрового печива. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, 2025, № 2 (4), С. 158–169. URL: <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2025.4.2.18>.

10. Миколенко С. Ю., Царук Л. Ю., Чурсінов Ю. О. Вплив продуктів переробки амаранту і чіа на якість хліба. *Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях*. 2019, № 5 (1330). С. 145–151.

11. Денисова, Н. М., Зінюк, М. О., Буяльська, Н. П. Використання добавок безглютенового борошна в технології виробництва хлібобулочних виробів. *Технічні науки та технології*. 2020, 3 (17). С. 234–240. DOI:10.25140/2411-5363-2019-3 (17)-234-240.

12. Чоні І. В., Рогова А. Л. Вплив борошна амаранту на харчову цінність пряників. *Проблеми і практичні підходи виробництва та регулювання використання харчових добавок в країнах Європейського Союзу та в Україні*: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (Київ, 30 листопада 2021 р.). Київ : НУХТ, 2021. С. 160–162.

13. Грищенко А. М., Дробот В. І. Технологічні властивості безглютенових видів сировини. *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій*. 2014, вип. 46 (1). С. 162–166.

14. Амарантове борошно – перспективна харчова добавка у виробництві морозива. URL: <https://surl.li/eozlux> (дата звернення: 15.01.2026)

15. Лебеденко Т. Є., Крусір Г. В., Шунько Г. С., Коркач Г. В. Розробка технології соусів з функціональними інгредієнтами для закладів ресторанного господарства. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С. З. Гжицького. Серія: Харчові технології*. 2021, № 95. С. 57–64.

16. Рогова А. Л., Чоні І. В. Підвищення харчової цінності соусів. *Інноваційний розвиток готельно-ресторанного господарства та харчових виробництв* : матеріали ІІ міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (Прага, 30 квітня 2021 р.). Прага, 2021. С. 110–111.

17. Гередчук А. М., Булах Т. С. Розробка нових композиційних сумішей для безглютенових соусів та емульсійних продуктів. *Новації в технології та обладнанні готельно-ресторанних, харчових і переробних виробництв* : матеріали міжнар. наук.-практ. інтернет конф. (Мелітополь, 24 листопада 2020 р.). Мелітополь : ТДАТУ, 2020. С. 275–276.

18. Дочинець І. В., Сильчук Т. А., Кирпиченкова О. М. Перспективи використання амарантового борошна в закладах ресторанного господарства. URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/359a400b-7936-4612-8cf4f3324d69870d/content> (дата звернення: 15.01.2026).

19. Culetu A, Susman I., Duta D., Belc N. Nutritional and Functional Properties of Gluten-Free Flours. *Author to whom correspondence should be addressed*. 2021, 11 (14). URL: <https://doi.org/10.3390/app11146283>.

REFERENCES

1. Polotai B.Ia. Eko-trendy v restorannomu biznesi. (2023). *Industriia turizmu i hostynnosti v Tsentralnii ta Skhidnii Yevropi*. № 8. S. 97–101. URL: <https://doi.org/10.32782/tourismhospsee-8-13>.

2. Borges V. da Costa, Fernandes S. S., Zavareze E. da Rosa, Haros C. M., Hernandez C. P., Guerra Dias A. R., Salas-Mellado M. (2021). Production of

gluten free bread with flour and chia seeds (*Salvia hispânica* L), *Food Bioscience*. Volume 43. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101294>.

3. Hussein F. Hassan, Lydia Mourad, Narjes Khatib, Ranim Assi, Shaymaa Akil, Sami El Khatib, Rasha Hteit. (2024). Perceptions towards gluten free products among consumers: A narrative review, *Applied Food Research*. Volume 4, Issue 2. URL: <https://doi.org/10.1016/j.afres.2024.100441>.

4. Voitenko A. Riabopolova I. Bezghliutenove kharchuvannia – vyklyky ta innovatsii u vyrobnytstvi. Molod – nautsi i vyrobnytstvu: *Aktualni pytan- nia kharchovoi promyslovosti*: materialy IV vseukrain. nauk.-tekh. konf. (Kropyvnytskyi 14 travnia 2025 r.). Kropyvnytskyi: KhDAEU. S. 19–20.

5. Bradauskiene V., Vaiciulyte-Funk L., Marti- naitiene D. Andruskiene J., Catassi C. (2023). Wheat consumption and prevalence of celiac disease: Correl- ation from a multilevel analysis. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63 (1). R. 18–32. URL: <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1939650>.

6. Rodica, S., Dinu T. (2020). Certain Aspects of Nutritional Security of People with Gluten-Related Dis- orders. *Food and Nutrition Sciences*. 11. P. 1012–1031.

7. Tsvitun S., Rohova A. Suchasni napriamky for- muvannia asortymentu sousiv u zakladakh restoran- noho hospodarstva. *Hotelno-restoranni biznes ta kharchovi tekhnologii: suchasni tendentsii, vyk- lyky, innovatsii*: materialy II-oi Vseukr. nauk.-prakt. internet-konf. (Lviv, 15 travnia 2025 r.). Lviv : LNU im. Ivana Franka, 2025. S. 156–159.

8. Bashta A., Stetsenko N., Bazhai-Zhezherun S. (2025). Pidvyshchennia kharchovoi tsinnosti ta rozshy- rennia asortymentu sousiv ozdorovchoho pryznachen- nia. *Biota. Human. Technology*, № 1. S. 161–175. DOI: 10.58407/bht.1.25.10.

9. Sova N. A., Korshunov R. D., Yefimov V. H., Leusenko O. O. (2025). Vykorystannia produktiv pererobky nasinnia amarantu u tekhnologii tsukro- voho pechya. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Serii: Tekhnichni nauky*. № 2 (4). S. 158–169. URL: <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2025.4.2.18>.

10. Mykolenko S.Iu., Tsaruk L.Iu., Chursinov Yu.O. (2019). Vplyv produktiv pererobky amarantu i chia na yakist khliba. *Visnyk NTU “KhPI”*, Serii: *Novi rishennia v suchasnykh tekhnologiiakh*. № 5 (1330). S. 145–151. doi:10.20998/2413-4295.2019.05.19.

11. Denysova, N. M., Ziniuk, M. O., Buialska, N. P. (2020). Vykorystannia dobavok bezghliutenovoho

boroshna v tekhnologii vyrobnytstva khlিবobuloch- nykh vyrobiv. *Tekhnichni nauky ta tekhnologii*, 3 (17). S. 234–240. DOI:10.25140/2411-5363-2019-3(17)- 234-240.

12. Choni I. V., Rohova A. L. Vplyv boroshna amarantu na kharchovu tsinnist prianykiv. *Problemy i praktychni pidkhody vyrobnytstva ta rehuliuвання vykorystannia kharchovykh dobavok v krainakh Yev- ropeiskoho Soiuzu ta v Ukraini: materialy mizhnar. nauk.-prakt. konf. (Kyiv, 30 lystopada 2021 r.)*. Kyiv: NUKhT, 2021. S.160–162.

13. Hryshchenko A. M., Drobot V. I. (2014). Tekhnologichni vlastyvyty bezghliutenovykh vydiv syrovyny. *Naukovi pratsi Odeskoi natsional- noi akademii kharchovykh tekhnologii*. vyp. 46 (1). S. 162–166.

14. Amarantove boroshno – perspektyvna khar- chova dobavka u vyrobnytstvi morozyva. URL: <https://surl.li/eozlyx>.


15. Lebedenko T.Ie., Krusir H. V., Shunko H. S., Korkach H. V. (2021). Rozrobka tekhnologii sou- siv z funktsionalnymy inhrediiemy dlia zakladiv restorannoho hospodarstva. *Naukovyi visnyk LNU- VMB imeni S. Z. Gzhytskoho. Serii: Kharchovi tekhnologii*. № 95. S. 57–64.

16. Rohova A. L., Choni I. V. Pidvyshchennia kharchovoi tsinnosti sousiv. *Innovatsiyni rozvytok hotelno-restorannoho hospodarstva ta kharchovykh vyrobnytstv*: materialy II mizhnar. nauk.-prakt. inter- net-konf. (Praha, 30 kvitnia 2021 r.). Praha, 2021. S. 110–111.

17. Heredchuk A. M., Bulakh T. S. Rozrobka novykh kompozytsiinykh sumishei dlia bezgh- liutenovykh sousiv ta emulsiinykh produktiv. *Novat- sii v tekhnologii ta obladnanni hotelno-restorannykh, kharchovykh i pererobnykh vyrobnytstv*: materialy mizhnar. nauk.-prakt. internet konf. (Melitopol, 24 lys- topada 2020 r.). Melitopol: TDATU, 2020. S. 275–276.

18. Dochynets I. V., Sylchuk T. A., Kyrpichen- kova O. M. Perspektyvy vykorystannia amarantovoho boroshna v zakladakh restorannoho hospodarstva. URL: [https://dSPACE.nuft.edu.ua/server/api/core/bit- streams/359a400b-7936-4612-8cf4f3324d69870d/ content](https://dSPACE.nuft.edu.ua/server/api/core/bit- streams/359a400b-7936-4612-8cf4f3324d69870d/content).

19. Culetu A, Susman I., Duta D., Belc N. (2021). Nutritional and Functional Properties of Gluten-Free Flours. *Author to whom correspondence should be addressed*. 11 (14). URL: [https://doi.org/10.3390/ app11146283](https://doi.org/10.3390/app11146283).

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0) 

Дата першого надходження статті до видання: 23.02.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.03.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 08.05.2026

УДК 664.68:664.013

Синенко Т. П.,

tetiana.synenko@snau.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-5300-5142, Researcher ID: AAD-1619-2021,
д.ф., доцент, доцент кафедри технологій та безпечності харчових продуктів,
Сумський національний аграрний університет, м. Суми

Шамкало С. І.,

shamkalosvitlana1906@gmail.com, ORCID ID: 0009-0007-9762-394X, Researcher ID: PGP-9442-2026,
здобувачка СВО «Бакалавр», факультет харчових технологій,
Сумський національний аграрний університет, м. Суми

РОЗРОБКА ТА ОЦІНКА ЯКОСТІ БЕЗГЛЮТЕНОВИХ МАКАРОННИХ ВИРОБІВ З ДОДАВАННЯМ ПОРОШКУ MORINGA OLEIFERA ЯК ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ІНГРЕДІЄНТА

***Анотація.** У науковій роботі висвітлено результати комплексного дослідження з розробки рецептури безглютенових макаронних виробів функціонального призначення з використанням порошку *Moringa oleifera*. Актуальність дослідження обумовлена зростанням захворюваності на целиакію, поширенням непереносимості глютену серед населення, а також зростаючим інтересом до здорового харчування, зокрема під час воєнного стану, коли особливо важливо забезпечити населення продуктами з підвищеною харчовою та біологічною цінністю. Метою роботи було науково обґрунтувати доцільність використання порошку *Moringa oleifera* у складі безглютенових макаронних виробів, визначити його вплив на якісні характеристики готового продукту, а також запропонувати практичні рекомендації щодо впровадження такого продукту у виробництво. У рамках дослідження виготовлено чотири зразки макаронів із вмістом порошку *Moringa oleifera* 5 %, 10 % та 15 %. Проведено фізико-хімічний аналіз тіста та готових виробів за показниками вологості, кислотності, зольності та вмісту білка; визначено стабільність виробів під час варіння, сенсорну оцінку після термічної обробки та втрати сухих речовин за допомогою рефрактометричного методу. Оцінено мікробіологічні показники та стабільність макаронних виробів протягом 60 днів зберігання. Результати дослідження свідчать, що додавання порошку *Moringa oleifera* у кількості 10 % забезпечує оптимальне співвідношення харчової цінності, органолептичних властивостей, кулінарної стабільності та мікробіологічної безпеки виробів. Запропоновано рецептурну модель макаронних виробів та рекомендації щодо їх промислового впровадження в Україні з урахуванням доступної сировинної бази та технічних можливостей локального виробництва. Отримані результати можуть бути використані для розробки безглютенових продуктів функціонального призначення.*

Ключові слова: безглютенові вироби, макаронні вироби, *Moringa oleifera*, функціональне харчування, харчова цінність, сталий розвиток.

Syenko T. P.,

tetiana.syenko@snau.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-5300-5142, Researcher ID: AAD-1619-2021, PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Food Technology and Safety, Sumy National Agrarian University, Sumy

Shamkalo S. I.,

shamkalosvitlana1906@gmail.com, ORCID ID: 0009-0007-9762-394X, Researcher ID: PGP-9442-2026, Student, Bachelor's Degree Program, Faculty of Food Technology, Sumy National Agrarian University, Sumy

DEVELOPMENT AND QUALITY EVALUATION OF GLUTEN-FREE PASTA PRODUCTS WITH THE ADDITION OF MORINGA OLEIFERA POWDER AS A FUNCTIONAL INGREDIENT

Abstract. *This scientific paper presents the results of a comprehensive study on the development of a gluten-free functional pasta recipe using Moringa oleifera powder. The relevance of the study lies in the increasing incidence of celiac disease, the spread of gluten intolerance among the population, as well as the growing interest in healthy eating, especially during martial law, when it is imperative to provide the population with products of high nutritional and biological value. This study aimed to scientifically substantiate the feasibility of using Moringa oleifera powder in gluten-free pasta products, to determine its effect on the quality characteristics of the finished product, and to provide practical recommendations for introducing such a product into production. As part of the study, four samples of pasta were produced with 5 %, 10 %, and 15 % Moringa oleifera powder content. Physical and chemical analyses of the dough and finished products were carried out to determine moisture, acidity, ash content, and protein content. The stability of the products during cooking, sensory evaluation after heat treatment, and loss of dry matter were also assessed using the refractometric method. The microbiological indicators and stability of pasta products were evaluated over a 60-day storage period. The results of the study show that adding 10 % Moringa oleifera powder provides an optimal balance of nutritional value, organoleptic properties, culinary stability, and microbiological safety of products. A recipe model for pasta products and recommendations for their industrial implementation in Ukraine are proposed, taking into account the available raw material base and technical capabilities of local production. The results obtained can be used to develop gluten-free functional products.*

Key words: gluten-free products, pasta, Moringa oleifera, functional nutrition, nutritional value, sustainable development.

JEL Classification: L66

DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2026-45-09>

Постановка проблеми. У сучасному світі харчування виконує не лише базову фізіологічну функцію, а й виступає інструментом підтримки здоров'я, профілактики захворювань та підвищення якості життя. У зв'язку з цим все більшої уваги набуває розробка функціональних харчових продуктів, зокрема тих, які враховують індивідуальні харчові обмеження, як-от непереносність глютену. Поширеність целиакії та глютенної чутливості у світі постійно зростає, що зумовлює підвищений попит на безглютенові продукти, серед яких макаронні вироби займають важливе місце завдяки своїй універсальності та зручності у використанні.

З наукової точки зору, тематика безглютенових макаронних виробів із додаванням натуральних

біоактивних інгредієнтів є багатогранною й перспективною. Вона поєднує дослідження у галузі харчової технології, нутриціології, біохімії, агропромислового виробництва та сталого розвитку. Особливу увагу науковці приділяють рослинним компонентам із високою поживною цінністю, зокрема порошку морінги (*Moringa oleifera*) – рослини, яка має винятковий склад білків, антиоксидантів, вітамінів (А, С, Е) та мікроелементів.

Наукові дослідження в цій сфері є важливими з кількох причин: сприяють створенню альтернатив глютенівмісним продуктам, що є критично важливо для мільйонів людей з дієтичними обмеженнями; допомагають оптимізувати технологічні параметри виробництва, зберігаючи органолептичні властивості та підвищуючи харчову цінність

продуктів; підтримують розвиток агропереробної галузі, використовуючи недооцінену сировину (як-от морінга), що сприяє сталому розвитку.

З практичної точки зору, результати таких досліджень мають прикладне значення у виробництві харчових продуктів, орієнтованих на забезпечення спеціалізованого та лікувально-профілактичного харчування; підвищення харчової безпеки в умовах обмеженого доступу до якісної продукції, особливо в період воєнного стану в Україні; формування інноваційного асортименту для вітчизняного та світового ринку функціональних продуктів.

Крім того, враховуючи глобальні цілі сталого розвитку, зокрема боротьбу з голодом, покращення харчування, підтримку здоров'я та розвиток сталої сільськогосподарської системи, такі дослідження набувають міждисциплінарного значення.

Отже, тематика безглютенних макаронних виробів із функціональними добавками, такими як морінга, є актуальною як у фундаментальному науковому вимірі, так і в прикладному контексті, що виправдовує подальше її вивчення та розвиток.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботі [1] наведено результати дослідження хімічного складу листя *Moringa oleifera* та перспектив його використання у харчових продуктах. Показано, що морінга є джерелом білка, вітамінів, антиоксидантів і має потенціал як функціональна добавка. Але залишилися невирішеними питання, пов'язані з впливом морінги на структурно-механічні властивості тіста, особливо у безглютенному середовищі. Причиною цього є обмеженість досліджень у прикладному напрямі, а також недостатня увага до макаронних виробів як об'єкта досліджень.

У роботі [2] досліджено вплив морінги на сенсорні властивості хлібобулочних виробів. Показано, що морінга здатна покращувати харчову цінність продуктів без шкоди для споживчих властивостей. Проте специфічний зелений колір та гіркуватий присмак при високих дозах залишаються проблемою. Це зумовлено вмістом хлорофілу та глікозидів, а також браком технологічних рішень для їх маскування.

У дослідженні [3] оцінено заміну пшеничного борошна на суміш рисового та кукурудзяного у виробництві макаронів. Авторами доведено, що така комбінація є перспективною для безглютенних продуктів. Однак не вивчено вплив додаткових функціональних компонентів, таких

як морінги, що обмежує можливість створення збагачених макаронів.

У роботі [4] наведено результати досліджень впливу порошку морінги (*Moringa oleifera*) та кукурудзи як сировини для виробництва безглютенної пасти. Показано, що ці компоненти підвищують вміст білка та мінералів у готовій продукції. Але залишилися невирішеними питання, пов'язані з оцінкою органолептичних властивостей кінцевого продукту. Причиною цього є об'єктивні труднощі, пов'язані з відсутністю стандартизованих сенсорних панелей у країнах проведення дослідження. Варіантом подолання цієї проблеми може бути залучення ISO-методик органолептичного аналізу.

У публікації [5] розглянуто способи зменшення втрат сухих речовин під час варіння макаронів без глютену. Встановлено ефективність використання природних стабілізаторів, однак роль морінги у структуроутворенні не досліджувалась. Причиною цього є новизна напрямку та відсутність стандартизованих методик її введення в макаронне тісто.

Робота [6] присвячена біологічній активності морінги та її антимікробним властивостям. Автори описують пригнічення росту мікроорганізмів, що відкриває перспективу для продовження терміну зберігання харчових продуктів. Проте дослідження проведено лише у вигляді екстрактів, що ускладнює застосування у харчовій матриці макаронів.

У статті [7] проаналізовано споживчі тренди щодо безглютенних продуктів у Європі та США. Вказано на стійке зростання попиту на макаронні вироби без глютену, особливо з додатковою функціональною цінністю. Але у розрізі України таких досліджень обмаль, що ускладнює розробку продуктів із чітким маркетинговим фокусом.

У роботі [8] проаналізовано методики покращення текстури безглютенного тіста з рослинними добавками. Показано, що в'язкість і формостійкість тіста залежать від виду й кількості введеної сировини. Водночас, конкретні дані щодо морінги як добавки у макаронному тісті відсутні.

У роботі [9] досліджено можливості використання морінги у формі порошку в кондитерських виробках. Показано, що термообробка частково знижує біологічну активність, але при помірному нагріванні зберігаються антиоксидантні властивості.

Проведений критичний аналіз наукових дже-рел дозволяє виявити наукову нішу, що залишається недостатньо дослідженою. Це – розробка рецептури безглютенових макаронних виробів із порошком морінги, яка б одночасно відповідала функціональним, органолептичним, мікробіологічним та технологічним критеріям, з урахуванням можливостей її адаптації до умов України.

Все це дозволяє стверджувати, що доцільним є проведення дослідження, присвяченого створенню, оптимізації та оцінці якості безглютенових макаронних виробів з додаванням морінги як функціонального інгредієнта.

Постановка завдання. Метою дослідження є науково обґрунтувати та розробити рецептуру безглютенових макаронних виробів із додаванням порошку *Moringa oleifera*, з урахуванням їхньої харчової цінності, органолептичних характеристик, мікробіологічної безпеки та збереження функціональних властивостей при зберіганні. Це дозволить комплексно вирішити наукову проблему, пов'язану з недостатньо вивченим впливом морінги на якість, стабільність і технологічну придатність безглютенових макаронних виробів.

Практичне значення дослідження полягає в тому, що його результати дадуть змогу створити інноваційний зразок функціонального безглютенового продукту, адаптованого до умов української переробної промисловості. Це сприятиме впровадженню безглютенових макаронів у соціальне та лікувально-профілактичне харчування (особливо в умовах воєнного стану), а також розширить асортимент здорового харчування для осіб із харчовими обмеженнями.

Для досягнення поставленої мети у дослідженні визначено такі задачі:

1. Вивчити вплив порошку *Moringa oleifera* на фізико-хімічні та органолептичні властивості макаронних виробів у різних концентраціях.
2. Дослідити стабільність продукції при зберіганні.
3. Розробити оптимальну рецептуру безглютенових макаронних виробів з морінгою, що відповідає вимогам харчової безпеки, сенсорної якості та споживчої привабливості.

Виклад основного матеріалу дослідження. Об'єктом дослідження є технологічний процес виробництва безглютенових макаронних виробів з додаванням порошку *Moringa oleifera*.

Предметом дослідження є вплив порошку морінги на фізико-хімічні, харчові, мікробіологічні та органолептичні характеристики безглютенових макаронних виробів, а також їх стійкість при зберіганні та перспективи адаптації до умов української харчової промисловості.

У дослідженні як основні інгредієнти для виготовлення безглютенових макаронних виробів були використані натуральні сировинні компоненти, що відповідають вимогам до функціонального та дієтичного харчування:

Борошно рисове – основа рецептури, легко засвоюється, має нейтральний смак та низьку алергенність.

Порошок *Moringa oleifera* – висушене та подрібнене листя морінги, сертифіковане як харчова добавка. Джерело природних антиоксидантів, білка, вітамінів (А, С, Е), мікроелементів (Fe, Ca, K).

Вся сировина відповідала стандартам безпеки харчових продуктів (ДСТУ, Codex Alimentarius) та не містила глютену. Порошок морінги проходив мікробіологічний контроль та не мав сторонніх домішок.

У дослідженні було використано рисове борошно як базовий компонент рецептури макаронних виробів – контрольний зразок (0 % морінги). До нього було додано порошок *Moringa oleifera* в кількостях 5 %, 10 % та 15 % (табл. 1).

Кількість води може коригуватися залежно від вологості сировини та консистенції тіста. Всі зразки були виготовлені в однакових умовах для забезпечення коректного порівняння.

У результаті проведеного дослідження було виготовлено серію безглютенових макаронних виробів із додаванням порошку *Moringa oleifera*. Зразки були проаналізовані за фізико-хімічними, мікробіологічними та органолептичними показниками, а також за стабільністю під час варіння та зберігання.

Всі зразки тіста були досліджені за основними фізико-хімічними параметрами, які впливають на формування структури макаронного тіста та його технологічні властивості. Результати представлено в табл. 2.

Із підвищенням вмісту порошку морінги спостерігається поступове зниження вологості тіста, що може бути пов'язано з вищим вмістом харчових волокон і білка в морінзі, які частково заміщують крохмалисті компоненти рисового борошна. Додавання порошку морінги зумовлює незначне зниження рН тіста, що може бути пов'язано з природними кислотами, присутніми у листі

Таблиця 1

Рецептурні композиції зразків макаронних виробів

Інгредієнт	Контрольний зразок (S0)	Зразок 1 (S1)	Зразок 2 (S2)	Зразок 3 (S3)
Рисове борошно, г	95	90	85	80
Порошок <i>Moringa oleifera</i> , г	0	5	10	15
Кукурудзяний крохмаль, г	5	5	5	5
Сіль кухонна, г	0,5	0,5	0,5	0,5
Питна вода, мл	30–32	30–32	30–32	30–32

Таблиця 2

Фізико-хімічні параметри зразків тіста для макаронних виробів

Параметри	S0	S1	S2	S3
Вологість, %	31,2 ± 0,4	30,5 ± 0,3	29,6 ± 0,5	28,8 ± 0,6
Кислотність (рН)	6,3 ± 0,1	6,2 ± 0,1	6,1 ± 0,1	6,0 ± 0,1
Водопоглинання, %	52,4 ± 0,1	55,7 ± 0,2	57,9 ± 0,1	59,3 ± 0,1
Колір тіста (CIELab):				
– L (світлість)	86,5	75,2	68,4	62,9
– a (червоний/зелений)	-1,2	-4,8	-7,6	-9,1
– b (жовтий/синій)	15,6	10,3	7,1	5,5
Щільність тіста, г/см ³	1,03 ± 0,05	1,08 ± 0,04	1,12 ± 0,04	1,15 ± 0,05

Moringa oleifera. Показник водопоглинання зростає із вмістом морінги, що свідчить про збільшення гігроскопічності суміші. Це може позитивно впливати на структуру тіста, але потребує точного контролю кількості доданої води при замісі. Збільшення щільності тіста свідчить про його ущільнення внаслідок підвищеного вмісту рослинного білка та клітковини в морінзі, що змінює реологічні властивості суміші на основі рисового борошна.

Використання порошку *Moringa oleifera* у рецептурі макаронного тіста на основі рисового борошна призводить до наступних змін: зниження вологості та рН; збільшення водопоглинання та щільності; збагачення тіста пігментами морінги, що змінює колір у бік зеленого. Ці зміни необхідно враховувати при подальшому формуванні макаронів та виборі умов сушіння й зберігання. Оптимальним із технологічної точки зору виявився вміст морінги на рівні 5–10 %, який забезпечував збалансовану консистенцію та стійку структуру сирого тіста.

На рис. 1 представлено зовнішній вигляд макаронних виробів, виготовлених із додаванням порошку *Moringa oleifera* у концентраціях 5 %, 10 % та 15 % до борошняної основи (зразки S1, S2, S3, відповідно) у порівнянні із контрольним зразком (S0) – рисові макарони без добавок. Макарони представлені у трьох різних форматах: різьки, гнізда (лапша) та пластичні смужки (таліятели/локшина), що дозволяє оцінити вплив

морінги на текстуру, форму та колір у різних технологічних варіантах.

При внесенні порошку *Moringa oleifera* до рецептури рисових макаронних виробів спостерігається поступове інтенсивне забарвлення виробів у зелений колір зі зростанням концентрації добавки. Також можна помітити незначну зміну форми при 15 % вмісті морінги – краї стали менш чіткими, з'явилась легка деформація, що свідчить про вплив морінги на в'язкість і пластичність тіста.

Усі зразки демонструють гарну однорідність кольору та відсутність тріщин або розривів, що свідчить про загальну технологічну придатність добавки *Moringa oleifera* до рецептури безглутенових макаронних виробів.

Фізико-хімічні характеристики готових (сухих) макаронних виробів є важливими показниками, які визначають якість, стабільність під час зберігання та кулінарну придатність продукту. У межах дослідження було оцінено такі параметри: вологість, кислотність (рН), вміст білка, зольність, водопоглинальна здатність при варінні та втрати сухих речовин. Результати представлено в табл. 3.

Спостерігається зниження вологості зі зростанням вмісту морінги, що позитивно впливає на здатність до тривалого зберігання та зменшує ризики мікробіологічного псування.

Незначне зниження рН відображає присутність природних органічних кислот у морінзі, що може мати легкий консервуючий ефект.

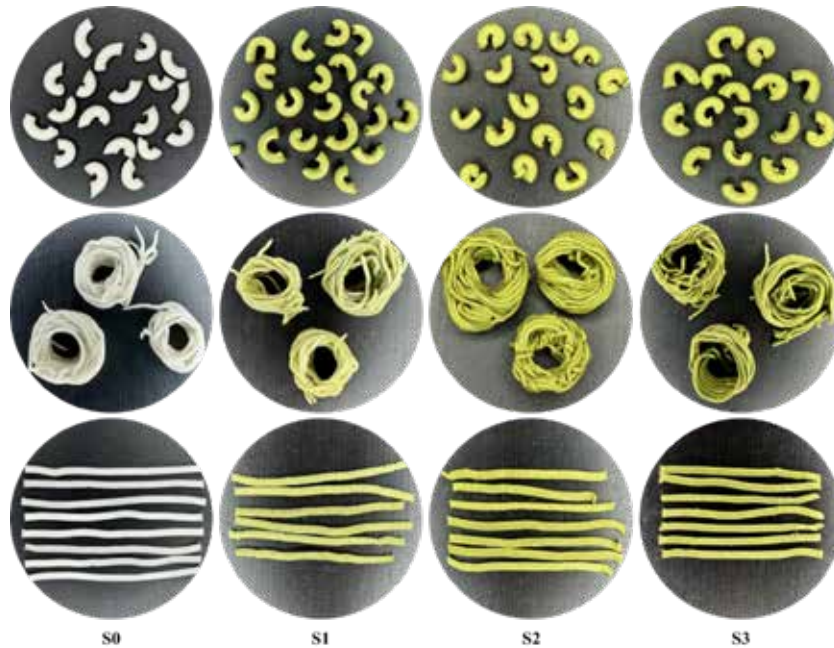


Рис. 1. Зовнішній вигляд зразків макаронних виробів

Таблиця 3

Фізико-хімічні параметри зразків макаронних виробів

Параметри	S0	S1	S2	S3
Вологість, %.	11,8 ± 0,3	11,1 ± 0,2	10,5 ± 0,3	10,1 ± 0,4
Кислотність:				
– активна, од. рН	6,25 ± 0,1	6,12 ± 0,1	6,03 ± 0,1	5,94 ± 0,1
– титрована, °Т	2,3 ± 0,1	2,5 ± 0,1	2,7 ± 0,1	2,9 ± 0,1
Масова частка білка, %	6,1 ± 0,1	7,8 ± 0,1	9,2 ± 0,1	10,1 ± 0,1
Зольність, %	0,55 ± 0,03	0,72 ± 0,05	0,83 ± 0,25	0,91 ± 0,05
Водопоглинальна здатність, %	162,0 ± 5,0	175,0 ± 4,0	183,0 ± 8,0	189,0 ± 2,0
Час варіння, хв	6,0 ± 0,5	6,3 ± 0,6	6,7 ± 0,5	7,1 ± 0,4
Втрати сухих речовин при варінні, %	6,4 ± 0,1	6,1 ± 0,1	5,7 ± 0,2	5,2 ± 0,1

Збільшення вмісту порошку *Moringa oleifera* призводить до помітного підвищення білкової цінності продукту, що є важливим критерієм функціональності.

Підвищення мінерального складу (зольності) зумовлене високим вмістом макро- і мікроелементів (залізо, кальцій, калій) у моринзі.

Здатність до водопоглинання зростає, що вказує на утворення щільнішої гелеподібної структури тіста після варіння (рис. 2). Час варіння поступово збільшується через ущільнення структури тіста при більш високому вмісті порошку моринги.

Зменшення втрат сухих речовин свідчить про підвищену структурну стабільність макаронів, що особливо важливо для безглютенових продуктів.

Таким чином, введення порошку *Moringa oleifera* у рецептуру макаронів на основі рисового борошна позитивно впливає на збереження вологості на технологічно оптимальному рівні; підвищення білкової та мінеральної цінності; покращення кулінарних властивостей.

Одним з індикаторів структурної стабільності макаронних виробів під час термічної обробки є кількість сухих речовин, що переходять у відвар. Високі втрати свідчать про надмірну розпушеність тіста, недостатню зв'язаність компонентів та порушення цілісності гелеутвореної сітки, особливо у безглютенових продуктах.

Результати аналізу сухих речовин у відварі після варіння макаронних виробів рефрактометричним методом представлено на графіку (рис. 2).

У контрольному зразку втрати залишаються на мінімальному рівні, що характерно для макаронів із стабільною структурою. При додаванні 5 % морінги, вміст розчинних речовин зростає на $\approx 38\%$ порівняно з контролем, що вказує на незначне порушення структури, але в межах допустимого. Зразки з 10 % та 15 % морінги мають суттєве підвищення Вгіх-показника, що свідчить про значне вимивання компонентів тіста у воду (насамперед крохмалю та біоактивних речовин з морінги), що знижує харчову цінність готового продукту.

Таким чином, оптимальний рівень введення морінги – до 10 %, при якому зберігається задовільна структурна стабільність тіста. При 15 % зростання втрат сухих речовин є небажаним з точки зору ефективності використання функціонального компонента та консистенції макаронних виробів.

Оцінювання сенсорних властивостей макаронних виробів проводилось після варіння. Розглядалися наступні критерії: зовнішній вигляд (цілісність, форма, деформація); колір після термічної обробки; смак та аромат; текстура (щільність, пружність, еластичність). Вироби оцінювались

дегустаційною комісією з 10 осіб за 10-бальною шкалою. Візуальне представлення зразків після варіння наведено на рис. 3.

Результати дегустаційної оцінки представлено у вигляді профілограми (рис. 4).

Найвищу загальну сенсорну оцінку отримав зразок з 5 % порошку морінги – він поєднав приємний натуральний зелений колір, стабільну форму після варіння, приємну консистенцію, смак та аромат. Зразки з 10 % морінги мали прийнятні характеристики, але частково втрачали пружність. При 15 % морінги відзначено зниження еластичності та виражений рослинний присмак, який не всі дегустатори визнали приємним.

Таким чином, оптимальною концентрацією для збереження найкращих сенсорних властивостей є 5–10 % додавання порошку *Moringa oleifera*.

Мікробіологічна безпека макаронних виробів – критично важливий показник якості, особливо при розробці функціональних продуктів з додаванням рослинних компонентів. Порошок *Moringa oleifera*, окрім харчової цінності, має природні антимікробні властивості завдяки вмісту

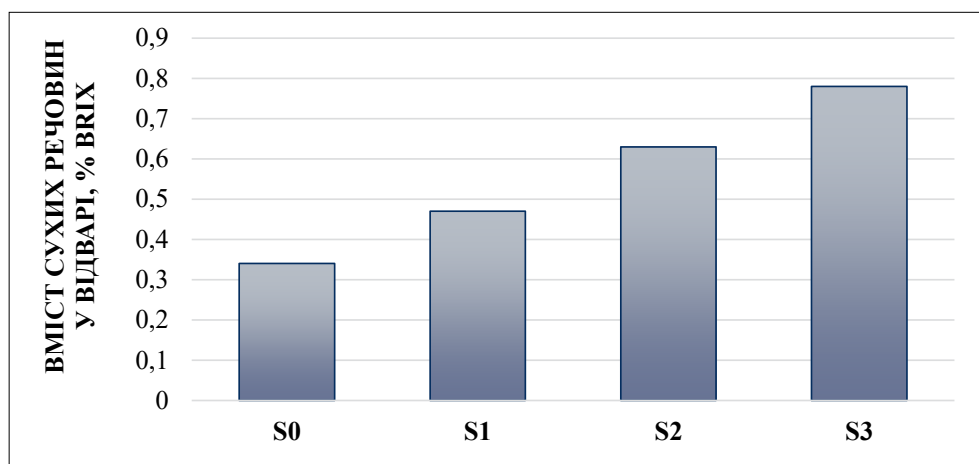


Рис. 2. Аналіз сухої речовини у відварі після варіння зразків макаронних виробів



Рис. 3. Зовнішній вигляд зразків макаронних виробів після варіння

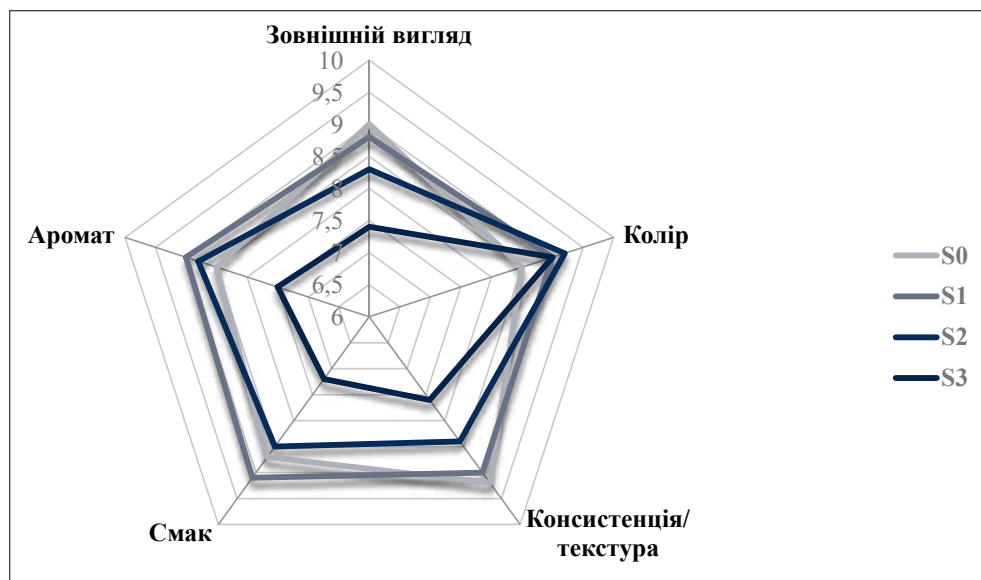


Рис. 4. Сенсорний профіль зразків макаронних виробів після варіння

біоактивних сполук (ізогіоціанати, фенольні кислоти, флавоноїди).

Додання порошку *Moringa oleifera* до складу безглютенових макаронних виробів істотно знижує мікробіологічну забрудненість та підвищує стабільність продукту під час зберігання. Оптимальними з точки зору мікробіологічної безпеки є зразки з 10 % і 15 % морінги, де рівень КМАФАнМ і загальної кількості дріжджів та пліснявих грибів не перевищує допустимих значень навіть через 60 діб зберігання. Це дозволяє збільшити термін реалізації виробу без використання хімічних консервантів, що є перевагою для споживачів, які орієнтовані на здорове харчування.

На підставі комплексної оцінки фізико-хімічних, мікробіологічних, органолептичних та кулінарно-технологічних характеристик макаронних виробів, виготовлених із додаванням порошку *Moringa oleifera*, було встановлено, що оптимальним є рівень включення морінги на

рівні 10 % від маси борошняної основи. Саме цей варіант забезпечує найбільш збалансоване поєднання сенсорної привабливості, харчової цінності, структурної стабільності та мікробіологічної безпеки.

Уведення порошку *Moringa oleifera* забезпечує підвищення вмісту білків, харчових волокон, мінералів та біоактивних речовин у готовому продукті, з одночасним зменшенням мікробіологічного навантаження під час зберігання. Така рецептура також сприяє формуванню стабільної структури тіста та привабливого натурального кольору після варіння.

Запропонована рецептура та модель виробництва безглютенових макаронних виробів із порошком *Moringa oleifera* є технологічно здійсненою, економічно обґрунтованою та маркетингово привабливою. Вона відповідає сучасним вимогам до функціонального харчування та має потенціал для впровадження в українське та міжнародне виробництво.

Таблиця 3

Мікробіологічні показники зразків макаронних виробів під час зберігання

Зразок	Показник	День 0	День 14	День 30	День 60
S0	КМАФАнМ, КУО/г	$1,2 \times 10^2$	$3,6 \times 10^2$	$6,4 \times 10^2$	$1,1 \times 10^3$
	Загальна кількість дріжджів та пліснявих грибів, КУО/г	2,1	8,0	20,0	44,0
S1	КМАФАнМ, КУО/г	$1,0 \times 10^2$	$2,2 \times 10^2$	$3,9 \times 10^2$	$6,5 \times 10^2$
	Загальна кількість дріжджів та пліснявих грибів, КУО/г	1,8	5,9	18,0	31,0
S2	КМАФАнМ, КУО/г	$0,8 \times 10^2$	$1,6 \times 10^2$	$2,4 \times 10^2$	$4,2 \times 10^2$
	Загальна кількість дріжджів та пліснявих грибів, КУО/г	1,4	4,0	10,0	17,0
S3	КМАФАнМ, КУО/г	$0,6 \times 10^2$	$1,2 \times 10^2$	$1,9 \times 10^2$	$3,5 \times 10^2$
	Загальна кількість дріжджів та пліснявих грибів, КУО/г	1,0	3,1	7,0	12,0

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. У результаті виконаного наукового дослідження було обґрунтовано доцільність використання порошку *Moringa oleifera* як функціонального інгредієнта у рецептурі безглютенових макаронних виробів на основі рисового борошна. Встановлено, що додавання 10 % порошку *Moringa oleifera* забезпечує оптимальне поєднання функціональних властивостей і стабільності готового продукту; макарони мають підвищений вміст білка, мінералів та біологічно активних речовин; втрати сухих речовин під час варіння залишаються на прийнятному рівні (до 0,63 % Brix); продукти з морінгою демонструють підвищену мікробіологічну стабільність при зберіганні (до 60 діб); сенсорні властивості макаронів із додаванням 10 % морінги були оцінені як добрі або відмінні за всіма критеріями.

На основі отриманих даних запропоновано оптимальну рецептуру безглютенових макаронів функціонального призначення. Таким чином, проведене дослідження не лише розширює науково-практичні підходи до створення продуктів функціонального харчування на безглютеновій основі, але й має високу прикладну цінність для розвитку інноваційного харчового виробництва в Україні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Gopalakrishnan L., Doriya K., Kumar D. S. *Moringa oleifera*: A review on nutritive importance and its medicinal application. *Food Science and Human Wellness*. 2016. Vol. 5, no. 2. P. 49–56. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2016.04.001>
2. Sengev A. I., Abu J. O., Gernah D. I. Effect of *Moringa oleifera* Leaf Powder Supplementation on Some Quality Characteristics of Wheat Bread. *Food and Nutrition Sciences*. 2013. Vol. 04, no. 03. P. 270–275. URL: <https://doi.org/10.4236/fns.2013.43036>
3. Gluten-free bakery and pasta products: prevalence and quality improvement / Y. Gao et al. *International Journal of Food Science & Technology*. 2017. Vol. 53, no. 1. P. 19–32. URL: <https://doi.org/10.1111/ijfs.13505>
4. Leal I. A., Garlit G. B., Ramos L. M. Exploring post-harvest processing of tropical crops: *Moringa oleifera* and *Zea mays* as alternative ingredients for gluten-free pasta production. *Journal of Tropical Crop Research*. 2025. Vol. 12 No. 2. URL: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29940.46723>
5. Optimizing gluten-free pasta quality: The impacts of transglutaminase concentration and knead-

ing time on cooking properties, nutritional value, and rheological characteristics / N. J. d. S. Ramos et al. *LWT*. 2023. Vol. 189. P. 115485. URL: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115485>

6. *Moringa oleifera* : a comprehensive review of its nutritional benefits, functional applications, and future potential in food science / B. Ramesh et al. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2025. URL: <https://doi.org/10.1002/jsfa.70388>

7. Current status and prospects of sensory and consumer research approaches to gluten-free bakery and pasta products / V. D. Capriles et al. *Food Research International*. 2023. Vol. 173. P. 113389. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113389>

8. Physical quality of gluten-free doughs and fresh pasta made of amaranth / T. Lux (née Bantleon) et al. *Food Science & Nutrition*. 2023. URL: <https://doi.org/10.1002/fsn3.3301>

9. Mbikay M. Therapeutic Potential of *Moringa oleifera* Leaves in Chronic Hyperglycemia and Dyslipidemia: A Review. *Frontiers in Pharmacology*. 2012. Vol. 3. URL: <https://doi.org/10.3389/fphar.2012.00024>

REFERENCES

1. Gopalakrishnan, L., Doriya, K., Kumar, D. S. (2016). *Moringa oleifera*: A review on nutritive importance and its medicinal application. *Food Science and Human Wellness*. 5 (2), 49–56. doi: 10.1016/j.fshw.2016.04.001
2. Sengev, A. I., Abu, J. O., Gernah, D. I. (2013). Effect of *Moringa oleifera* Leaf Powder Supplementation on Some Quality Characteristics of Wheat Bread. *Food and Nutrition Sciences*. 04 (03), 270–275. doi: 10.4236/fns.2013.43036
3. Gao, Y., Janes, M. E., Chaiya, B., Brennan, M. A., Brennan, C. S. та Prinyawiwatkul, W. (2017). Gluten-free bakery and pasta products: prevalence and quality improvement. *International Journal of Food Science & Technology*. 53 (1), 19–32. doi: 10.1111/ijfs.13505
4. Leal, I. A., Garlit, G. B., Ramos, L. M. (2025). Exploring post-harvest processing of tropical crops: *Moringa oleifera* and *Zea mays* as alternative ingredients for gluten-free pasta production. *Journal of Tropical Crop Research*. 12 (2). doi: 10.13140/RG.2.2.29940.46723
5. Ramos, N. J. d. S., Rocha, E. B. M., Gusmão, T. A. S., Nascimento, A., Lisboa, H. M., de Gusmão, R. P. (2023). Optimizing gluten-free pasta quality: The impacts of transglutaminase concentration and kneading time on cooking properties, nutritional value, and rheological characteristics. *LWT*. 189, 115485. doi: 10.1016/j.lwt.2023.115485
6. Ramesh, B., Chauhan, R., Don, P. M. U., Joshi, R., Pansare, S., Modi, Z., Verma, A., Abdur Rahim Imthiaz, F. R., Chaudhary, P., Vashisht, P., Modak, B.,


Gandhi, G., Rathnakumar, K. (2025). Moringa oleifera : a comprehensive review of its nutritional benefits, functional applications, and future potential in food science. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. doi: 10.1002/jsfa.70388

7. Capriles, V. D., Valéria de Aguiar, E., Garcia dos Santos, F., Fernández, M. E. A., de Melo, B. G., Tagliapietra, B. L., Scarton, M., Clerici, M. T. P. S., Conti, A. C. (2023). Current status and future prospects of sensory and consumer research approaches to gluten-free bakery and pasta products. *Food*

Research International. 173, 113389. doi: 10.1016/j.foodres.2023.113389

8. Lux (née Bantleon), T., Spillmann, F., Reimold, F., Erdös, A., Lochny, A., Flöter, E. (2023). Physical quality of gluten-free doughs and fresh pasta made of amaranth. *Food Science & Nutrition*. doi: 10.1002/fsn3.3301

9. Mbikay, M. (2012). Therapeutic Potential of Moringa oleifera Leaves in Chronic Hyperglycemia and Dyslipidemia: A Review. *Frontiers in Pharmacology*. 3. doi: 10.3389/fphar.2012.00024

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0) 

Дата першого надходження статті до видання: 24.02.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 23.03.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 08.05.2026

УДК 664.95:664.6:633.854.78

Черемська Т. В.,

tatyana.trochiy@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6518-3889, Researcher ID: HGU-6347-2022,
к.т.н., доц., доцент кафедри харчових технологій в ресторанній індустрії,
Державний біотехнологічний університет, м. Харків

Колеснікова М. Б.,

marynakolesnikova@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-6223-7105, Researcher ID: AAN-2354-2019,
к.т.н., доц., професор кафедри харчових технологій в ресторанній індустрії,
Державний біотехнологічний університет, м. Харків

Семененко В. С.,

vlad.semenenko.94@ukr.net, ORCID ID: 0009-0000-1897-4338, Researcher ID: MEQ-0066-2025,
асистент кафедри харчових технологій в ресторанній індустрії,
Державний біотехнологічний університет, м. Харків

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПАШТЕТУ ПЕЧІНКОВОГО ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ШРОТУ ВИСОКОЛЕЇНОВОГО СОНЯШНИКУ

Анотація. У статті наведено результати комплексного науково-технологічного дослідження, спрямованого на удосконалення технології виробництва печінкових паштетів шляхом використання шроту високоолеїнового соняшнику як функціонального рослинного інгредієнта. Обґрунтовано доцільність його використання, враховуючи особливості хімічного складу, зокрема високий вміст повноцінного білка, харчових волокон, мононенасичених жирних кислот та збалансований амінокислотний профіль, що зумовлює підвищення харчової та біологічної цінності готової продукції. Проведено порівняльний аналіз амінокислотного складу шротів різних насінневих культур і встановлено перспективність використання саме шроту високоолеїнового соняшнику у технології виробництва печінкових паштетів. Досліджено вплив масової частки рослинного інгредієнта на процеси структуроутворення, реологічні та структурно-механічні показники паштетної маси. Визначено оптимальну тривалість гідратації шроту, за якої досягається максимальне значення граничної напруги зсуву, що свідчить про формування стабільної, однорідної та пластичної консистенції продукту. Вивчено зміни адгезійної та вологоутримуючої здатності основних фізико-хімічних показників готових паштетів. Доведено, що введення рослинного інгредієнта сприяє підвищенню вмісту білка, зниженню масової частки жиру, покращенню текстурних характеристик і підвищенню стабільності структури продукту. Встановлено, що використання шроту високоолеїнового соняшнику позитивно впливає на формування структурованої системи паштетної маси та забезпечує відтворюваність якісних показників готового продукту. Практична значущість роботи полягає у можливості використання отриманих результатів при розробленні нових рецептур паштетів з покращеними споживчими властивостями та зниженим вмістом тваринних жирів. Запропонований технологічний підхід дозволяє оптимізувати рецептурний склад, підвищити стабільність якості продукту, розширити асортимент м'ясо-рослинних продуктів функціонального призначення та забезпечити їх конкурентоспроможність на продовольчому ринку.

Ключові слова: печінковий паштет, високоолеїновий соняшник, шрот високоолеїнового соняшнику, м'ясо-рослинні паштети, функціональні інгредієнти, технологія.

Cheremskaya T. V.,

tatyana.trochiy@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6518-3889, Researcher ID: HGU-6347-2022, Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor, Department of Food Technologies in the Restaurant Industry, State Biotechnological University, Kharkiv

Kolesnikova M. B.,

marynakolesnikova@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-6223-7105, Researcher ID: AAH-2354-2019, Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Professor, Department of Food Technologies in the Restaurant Industry, State Biotechnological University, Kharkiv

Semenenko V. S.,

vlad.semenenko.94@ukr.net, ORCID ID: 0009-0000-1897-4338, Researcher ID: MEQ-0066-2025, Assistant, Department of Food Technologies in the Restaurant Industry, State Biotechnological University, Kharkiv

IMPROVEMENT OF LIVER PÂTÉ TECHNOLOGY THROUGH THE USE OF HIGH-OLEIC SUNFLOWER MEAL

Abstract. *The article presents the results of a complex scientific and technological study aimed at improving the technology of liver pate production by using high-oleic sunflower meal as a functional plant ingredient. The expediency of its use is substantiated, taking into account the peculiarities of the chemical composition, in particular, the high content of complete protein, dietary fibers, monounsaturated fatty acids and a balanced amino acid profile, which leads to an increase in the nutritional and biological value of the finished product. A comparative analysis of the amino acid composition of meal from various seed crops was conducted and the prospects of using high-oleic sunflower meal in the production technology of liver pastes were established. The influence of the mass fraction of the vegetable ingredient on the processes of structure formation, rheological and structural-mechanical indicators of the paste mass was studied. The optimal duration of hydration of the meal was determined, at which the maximum value of the ultimate shear stress is reached, which indicates the formation of a stable, homogeneous and plastic consistency of the product. Changes in the adhesive and moisture-retaining capacity of the main physicochemical parameters of the finished pastes were studied. It has been proven that the introduction of a vegetable ingredient helps to increase the protein content, reduce the mass fraction of fat, improve textural characteristics and increase the stability of the product structure. It was established that the use of high-oleic sunflower meal has a positive effect on the formation of a structured system of paste mass and ensures the reproducibility of the quality indicators of the finished product. The practical significance of the work lies in the possibility of using the obtained results in the development of new recipes of pastes with improved consumer properties and a reduced content of animal fats. The proposed technological approach makes it possible to optimize the recipe composition, increase the stability of product quality, expand the range of functional meat and vegetable products and ensure their competitiveness on the food market.*

Key words: liver pâté, high-oleic sunflower, high-oleic sunflower meal, meat-plant pâtés, functional ingredients, technology.

JEL Classification: L 66

DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2026-45-10>

Постановка проблеми. У сучасних умовах розвитку індустрії харчування (HoReCa) спостерігаються суттєві зміни, зумовлені трансформацією харчових уподобань населення, поширенням концепції здорового та функціонального харчування, а також прагненням до створення гастрономічно оригінальних продуктів. Сучасний споживач приділяє значну увагу якості та складу харчових продуктів, надаючи перевагу виробам із підвищеною харчовою цінністю,

збалансованим нутрієнтним складом і зниженим вмістом насичених жирів. У зв'язку з цим традиційні страви, зокрема паштети, зазнають певної трансформації: удосконалюються рецептури, впроваджуються нові технологічні рішення та використовуються інноваційні інгредієнти, зокрема рослинного походження. Такий підхід сприяє створенню нових видів м'ясних і м'ясо-рослинних продуктів, які відповідають сучасним вимогам споживачів.

Паштети, особливо печінкові, належать до традиційних м'ясних продуктів і відзначаються високими органолептичними показниками та доброю засвоюваністю. Основним компонентом таких виробів є печінка, яка характеризується високою біологічною цінністю завдяки значному вмісту повноцінних білків, жиророзчинних вітамінів (А, D, E, К), вітамінів групи В, а також мінеральних елементів, зокрема заліза. Водночас класичні рецептури паштетів містять значну кількість тваринних жирів і мають досить високу калорійність, що може обмежувати їх споживання певними категоріями населення.

Одним із перспективних напрямів удосконалення технології виробництва паштетних виробів є використання рослинних інгредієнтів із високим вмістом білка та харчових волокон, які здатні частково замінювати тваринну сировину без істотного погіршення якості продукту. Серед таких компонентів особливий інтерес викликає шрот високоолеїнового соняшнику – побічний продукт переробки насіння соняшнику в олієжировій промисловості. Він характеризується значним вмістом білкових речовин, харчових волокон і залишковою кількістю мононенасичених жирних кислот.

Отже, актуальність даного дослідження визначається необхідністю розроблення печінкових паштетів із покращеними показниками харчової цінності та зменшеним вмістом тваринних жирів шляхом використання функціональних рослинних компонентів, зокрема шроту високоолеїнового соняшнику, що відповідає сучасним тенденціям розвитку індустрії HoReCa та запитам споживачів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Актуальність удосконалення технології виробництва печінкових паштетів шляхом залучення білкових інгредієнтів рослинного походження підтверджується результатами сучасних наукових досліджень у сфері технології м'яса та м'ясопродуктів. Зростаючий інтерес до комбінованих харчових систем обумовлює необхідність пошуку нових функціональних компонентів, здатних покращити якість готової продукції.

Практичні підходи до використання продуктів переробки насіння соняшнику у технології паштетів висвітлено в матеріалах міжнародної наукової конференції НУХТ [1]. У зазначених дослідженнях обґрунтовано доцільність застосування соняшникової клітковини як ефективного засобу регулювання структурно-механічних властивостей продукту.

Технологічні аспекти отримання харчового шроту з безлушпинного насіння соняшнику, його хімічний склад та функціонально-технологічні характеристики детально розкриті у дисертаційній роботі Литвиненка О. А. [2], що формує наукову базу для використання цього інгредієнта у складі харчових систем різного призначення.

Згідно з узагальненими літературними даними [3, 5], соняшниковий шрот характеризується високим вмістом білка (до 30–40 % залежно від технології переробки) та харчових волокон, що визначає його перспективність як функціонального компонента у виробництві комбінованих м'ясних продуктів. Експериментальні дослідження [5] підтверджують виражені водозв'язувальні та емульгувальні властивості білків соняшникового шроту, що є важливими технологічними властивостями для формування стабільної структури продукту.

Досвід впровадження нетрадиційної рослинної сировини у технологію печінкових паштетів представлено у дослідженнях НУБіП [4], де підкреслено ефективність поєднання м'ясних та рослинних інгредієнтів з метою підвищення харчової цінності та покращення технологічних показників продукції.

Крім того, встановлено, що використання соняшникової олії у складі м'ясних продуктів сприяє оптимізації жирнокислотного складу, зокрема підвищенню вмісту мононенасичених жирних кислот [6]. Це набуває особливої актуальності у контексті застосування продуктів переробки високоолеїнового соняшнику.

Водночас результати аналітичного огляду свідчать, що питання використання шроту саме високоолеїнового соняшнику у технології печінкових паштетів залишається недостатньо вивченим. У наявних наукових джерелах обмежено висвітлено аспекти оптимальних дозувань цього інгредієнта, методів його підготовки та впливу на органолептичні характеристики готової продукції.

Отже, існує об'єктивна потреба у проведенні комплексних досліджень, спрямованих на наукове обґрунтування ефективності використання шроту високоолеїнового соняшнику в технології печінкових паштетів.

Постановка завдання. Завданням даної статті є наукове обґрунтування удосконалення технології паштету печінкового шляхом використання шроту високоолеїнового соняшнику, а також оцінка впливу цього інгредієнта на якість і харчову цінність готового продукту.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Об'єктом дослідження були зразки печінкового паштету, виготовлені за класичною рецептурою (контроль) та експериментальні варіанти з введенням шроту високоолеїнового соняшнику у кількості 6 %, 8 % і 10 % від маси основної сировини. У якості м'ясої основи використовували охолоджену яловичу печінку.

Перед внесенням до рецептури шрот високоолеїнового соняшнику піддавали попередній гідратації теплою водою у співвідношенні 1,0:2,0 протягом 25–35 хв, що сприяло активації його функціонально-технологічних властивостей.

Оцінювання якості готових виробів здійснювали за органолептичними показниками методом

сенсорного аналізу, тоді як фізико-хімічні характеристики визначали відповідно до загальноприйнятих стандартизованих методик.

Яловича печінка відзначається високою біологічною цінністю, вираженими функціонально-технологічними властивостями та здатністю формувати однорідну пастоподібну консистенцію, що обумовлює її широке використання у виробництві паштетів [7].

З метою обґрунтування доцільності використання рослинних шротів як функціональних інгредієнтів у технології м'ясних паштетів проведено порівняльний аналіз амінокислотного складу найбільш поширених їх видів: шроту високоолеїнового соняшнику, гарбузового, лляного та кунжутного (табл. 1).

Таблиця 1

Порівняльна характеристика амінокислотного складу білків шротів насіннєвих культур

Амінокислота / показник	Шрот насіннєвих культур			
	Гарбузове насіння	Льон	Кунжут	Високоолеїновий соняшник
Масова частка білка, %	34,6	30,6	41,2	39,5
Валін	1,53	1,81	1,74	1,67
Ізолейцин	0,93	1,05	1,12	1,07
Лейцин	1,73	1,83	2,12	1,92
Лізін	0,77	0,64	0,87	0,80
Метіонін + цистин	0,96	1,08	1,03	1,14
Треонін	1,03	1,35	1,42	1,22
Триптофан	0,38	0,36	0,43	0,36
Фенілаланін + тирозин	2,23	2,76	3,12	2,57

Отримані результати показують, що найвищу сумарну концентрацію незамінних амінокислот має кунжутний шрот, тоді як найбільш збалансований профіль має шрот високоолеїнового соняшнику, що робить його придатним та ефективним для харчових продуктів емульсійного типу.

Хімічний склад шроту високоолеїнового соняшнику приведено в табл. 2.

Таблиця 2

Хімічний склад шроту високоолеїнового соняшнику

Показник	Вміст, %
Білок	35,0–42,0
Жир	6,0–10,0
Вуглеводи	20,0–25,0
Харчові волокна	15,0–18,0
Зольні речовини	6,0–7,0

Таким чином, результати проведених досліджень підтверджують, що шрот високоолеїнового соняшнику характеризується значною

біологічною цінністю, збалансованим амінокислотним профілем і відповідає сучасним вимогам безпечності харчових продуктів. Завдяки вмісту олеїнової кислоти та харчових волокон цей інгредієнт доцільно розглядати як перспективну функціональну рослинну добавку для виробництва печінкових паштетів із підвищеною харчовою та біологічною цінністю.

З метою наукового обґрунтування параметрів технологічного процесу виготовлення печінкових паштетів із використанням шроту високоолеїнового соняшнику було досліджено кінетику формування структури печінкової маси за наявності даної добавки. У ході експерименту до подрібненої яловичої печінки вносили шрот та визначали динаміку зміни граничної напруги зсуву (ГНС) і адгезійних властивостей (АЗ) залежно від тривалості набування (рис. 1–2).

Аналіз експериментальних даних показав, що зі збільшенням тривалості процесу структуроутворення відбувається закономірне підвищення значень граничної напруги зсуву. Найвищий

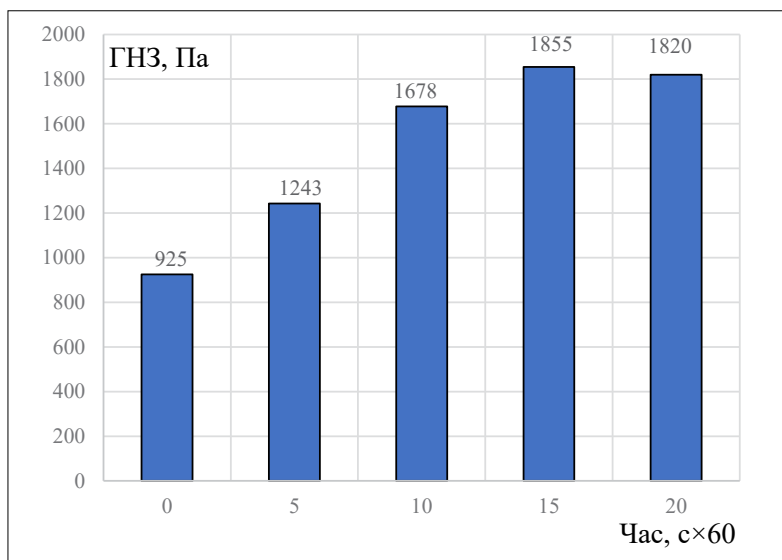


Рис. 1. Динаміка зміни граничної напруги зсуву від тривалості набухання шроту високоолеїнового соняшника

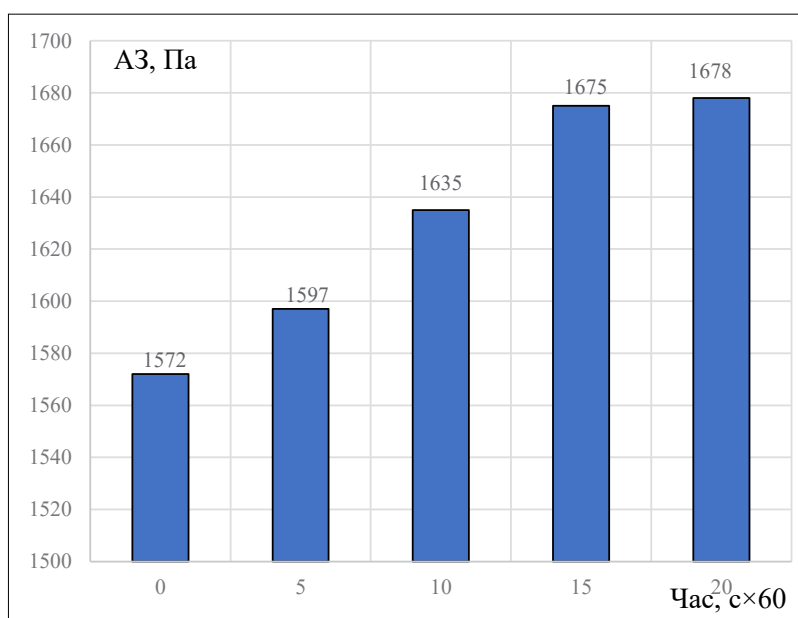


Рис. 2. Динаміка зміни адгезійної здатності від тривалості набухання шроту високоолеїнового соняшника

рівень міцності системи (1855 Па) зафіксовано через 15 хв оброблення, що, ймовірно, пов'язано з повним набуханням добавки та формуванням стабільної просторової структури.

Вивчення адгезійних властивостей є необхідною складовою оцінювання текстурно-механічних характеристик харчових мас, зокрема продуктів пас-топодібної консистенції. Даний показник відображає силу взаємодії продукту з контактними поверхнями обладнання, що має істотне значення для перебігу технологічних операцій, ефективності виробництва та формування якості готової продукції.

Оцінка адгезії дозволяє цілеспрямовано коригувати склад рецептури, обираючи компоненти,

які забезпечують оптимальну структуру системи та зменшують надмірну липкість продукту [7].

У зв'язку з цим було досліджено вплив тривалості гідратації шроту високоолеїнового соняшника на його адгезійну здатність (рис. 2).

Встановлено, що зі збільшенням тривалості процесу адгезійна здатність системи поступово підвищується. Це пов'язано з тим, що шрот інтенсивно зв'язує вільну вологу, що призводить до зниження текучості та переходу системи у більш щільний і структурований стан. Отримані результати свідчать, що завершення основних процесів структуроутворення паштетної маси відбувається протягом перших 15 хвилин.

Технологія виробництва печінкового паштету передбачає послідовне виконання таких операцій: підготовка сировини, термічна обробка, подрібнення, отримання емульсії, формування виробів, охолодження та подальше пакування. Відмінною рисою запропонованої технології є внесення попередньо гідратованого соняшникового шроту саме на стадії тонкого подрібнення, що забезпечує його рівномірне включення у фаршеву систему.

Попередня гідратація шроту сприяє активізації його вологоутримувальних властивостей і водночас запобігає надмірному ущільненню консистенції готового продукту. Важливим технологічним параметром є підтримання температури процесу на рівні не вище 18 °С, що дозволяє зберегти стабільність жирowo-білкової емульсії.

Основні фізико-хімічні характеристики печінкового паштету з додаванням шроту високоолеїнового соняшнику наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Фізико-хімічні показники паштету печінкового з використанням шроту високоолеїнового соняшнику

Показник	Контроль	Зі шротом
Білок, %	11,0–12,0	14,0–16,0
Жир, %	22,0–25,0	18,0–20,0
Вологість, %	55,0–58,0	58,0–62,0

Додавання шроту до рецептурного складу зумовлює зростання масової частки білка, водночас сприяючи зменшенню вмісту жиру, а також позитивно впливає на консистенцію, підвищуючи пластичність і стабільність структури паштету.

Комбінування печінкової сировини із соняшниковим шротом забезпечує формування продукту з більш збалансованим амінокислотним профілем, підвищеним вмістом харчових волокон і зниженим рівнем насичених жирних кислот. Отриманий продукт може розглядатися як перспективний для використання у раціонах лікувально-профілактичного та функціонального харчування, а також для широкого кола споживачів.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Аналітично обґрунтовано та експериментально підтверджено доцільність використання шроту високоолеїнового соняшнику у технології паштету печінкового. Встановлено, що оптимальна тривалість гідратації шроту становить 15 хв, за якої досягається максимальна гранична напруга зсуву (1855 Па),

що свідчить про завершення процесу структуроутворення та формування стабільної консистенції.

Дослідження динаміки зміни адгезійної здатності показало її зростання в процесі гідратації, що підтверджує ущільнення структури та зв'язування вільної вологи. Показник адгезії є важливим технологічним параметром, оскільки характеризує липкість маси, впливає на оброблюваність сировини, втрати при формуванні та стабільність готового продукту.

Встановлено, що введення шроту високоолеїнового соняшнику забезпечує підвищення харчової цінності, покращення структурно-механічних показників та зниження калорійності продукту. Отримані результати підтверджують перспективність використання шроту високоолеїнового соняшнику у виробництві м'ясо-рослинних паштетів.

Перспективними та необхідними подальшими дослідженнями у даному напрямі ми вважаємо дослідження граничної напруги зсуву і адгезійної здатності харчової композиції залежно від вмісту шроту високоолеїнового соняшника та дослідження показників вологоутримуючої і вологозв'язуючої здатностей печінкового фаршу з використанням шроту високоолеїнового соняшнику.

ЛІТЕРАТУРА

1. Haschuk O., Moskalyuk O., Lipinskii K. Use of fiber from sunflower seeds in the technology of meat pates. *Proceedings of the International Scientific Conference of the National University of Food Technologies*. Kyiv : National University of Food Technologies, 2023. URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/handle/123456789/40832>
2. Литвиненко О. А. Технологія харчового шроту з безлушпинного насіння соняшнику : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.13. Харків, 2010. 20 с.
3. Salgado P. R., Ortiz S. E. M., Petrucci S., Mauri A. N. Functional properties of sunflower protein concentrates and isolates. *Journal of Food Engineering*. 2011. Vol. 105, Issue 3. P. 559–565. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.03.012>.
4. А. Андрієвський. Удосконалення технології печінкового паштету з використанням нетрадиційної сировини : магістерська робота. Київ : Національний університет біоресурсів і природокористування України, URL: <https://dglb.nubip.edu.ua/bitstreams/9b1be0db-dcc1-4eb4-9cb2-490c4d6d384e/download>
5. Anjum F. M., Nadeem M., Khan M. I., Hussain S. Nutritional and therapeutic potential of sunflower

seeds: a review. *Pakistan Journal of Nutrition*. 2012. Vol. 11, No. 6. P. 483–491.

6. Jiménez-Colmenero F., Cofrades S., Herrero A. M. Avocado, sunflower and olive oils as replacers of pork backfat in emulsified meat products. *Meat Science*. 2011. Vol. 88, Issue 4. P. 749–755. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.06.007>.

7. Огородній Д. Розробка проекту технології паштету печінкового з використанням шроту високоолеїнового соняшнику : кваліфікаційна робота магістра : 181 «Харчові технології» / Даниїл Огородній ; Держ. біотехнол. ун-т. Харків, 2025. 100 с.

REFERENCES

1. Haschuk, O., Moskalyuk, O., & Lipinskii, K. (2023). Use of fiber from sunflower seeds in the technology of meat pates. In *Proceedings of the International Scientific Conference of the National University of Food Technologies*. National University of Food Technologies. <https://dspace.nuft.edu.ua/handle/123456789/40832>

2. Lytvynenko, O. A. (2010). *Tekhnolohiia kharchovoho shrotu z bezlushpynnoho nasinnia soniashnyku* [Technology of food meal from dehulled sunflower seeds] (Extended abstract of Candidate's thesis, specialty 05.18.13). Kharkiv.

3. Salgado, P. R., Ortiz, S. E. M., Petruccelli, S., & Mauri, A. N. (2011). Functional properties of sunflower protein concentrates and isolates. *Journal of Food Engineering*, 105 (3), 559–565. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.03.012>

4. Andriievskyi, A. (n.d.). *Udoskonalennia tekhnolohii pechinkovoho pashtetu z vykorystanniam netradytsiinoi syrovyny* [Improvement of liver pâté technology using non-traditional raw materials] (Master's thesis). National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. <https://dglb.nubip.edu.ua/bitstreams/9b1be0db-dcc1-4eb4-9cb2-490c4d6d384e/download>

5. Anjum, F. M., Nadeem, M., Khan, M. I., & Husain, S. (2012). Nutritional and therapeutic potential of sunflower seeds: A review. *Pakistan Journal of Nutrition*, 11 (6), 483–491.

6. Jiménez-Colmenero, F., Cofrades, S., & Herrero, A. M. (2011). Avocado, sunflower and olive oils as replacers of pork backfat in emulsified meat products. *Meat Science*, 88 (4), 749–755. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.06.007>

7. Ogorodniy D. (2025). Development of a project of liver pate technology using high-oleic sunflower meal: master's thesis: spec. 181 "Food technologies" / Daniil Ogorodniy; Govt. biotechnology Univ. Kharkiv, 100 p.

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)



Дата першого надходження статті до видання: 19.02.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 16.03.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 08.05.2026

УДК 637.521.47

Шевчук Н. П.,

shev4uk.n@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-5845-2582, Research ID: E-1274-2018,
д-р філос., доцентка кафедри переробки продукції тваринництва та харчових технологій,
Миколаївський національний аграрний університет, м. Миколаїв

ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ ПРИГОТУВАННЯ ФАРШУ ВАРЕНИХ КОВБАС

Анотація. У статті оцінено вплив на якісні показники варених ковбасних виробів параметрів технологічного процесу приготування фаршу: тривалості кутерування, температури кутерування, а також досліджено вплив способів приготування фаршу на функціонально технологічні показники модельних систем та якісні показники варених ковбасних виробів. Встановлено, що вищими органолептичними та фізико-хімічними показниками характеризувались варені ковбасні вироби, виготовлені за запропонованими раціональними параметрами технологічного процесу приготування фаршу: тривалість кутерування 7–9 хвилин, до кінцевої температури фаршу 11–14 °С, при остаточному тиску вакуумування 0,17–0,19 МПа. Встановлено, що ковбасні вироби, виготовлені за раціональними параметрами процесу кутерування та за послідовним способом введення інгредієнтів у фарш характеризувались вищими значеннями кількісних та якісних показників ковбасних виробів. Так, зразки варених ковбас, виготовлених за цими параметрами приготування фаршу та послідовним способом мали кращі показники: зовнішнього вигляду, консистенції, смаку. У результаті досліджень встановлено, що за значеннями функціонально-технологічних показників, модельні фарші вареної ковбаси, виготовлені послідовним способом приготування фаршу, характеризувались вищими, порівняно з паралельним та послідовним способами, значеннями: вологозв'язуючої здатності 67,3 %, граничного напруження зсуву 1750 Па, вологоутримуючої здатності 83,6 %, показник стабільності фаршевої емульсії – 90,2 %. Використання зображень у відтинках сірого призводило до підвищених оцінок фрактальної розмірності (FD). В цьому випадку оцінки FD для різних проб ковбаси коливалася від 1,832 (проба № 1) до 1,739 (проба № 3). Навпаки, бінаризація зображень призвело до отримання найменших оцінок FD. Так, для чорно-білих зображень ці оцінки варіювали від 1,450 (проба № 2) до 1,281 (проба № 3). Отримані оцінки фрактальної розмірності співвідносяться із фізико-хімічними та органолептичними показниками якості відповідних проб ковбас, що пов'язано із використанням різної технології при її виробництві.

Ключові слова: варена ковбаса, якість, кутерування, тривалість, температура, залишковий тиск, вакуумування, фрактальний аналіз.

Shevchuk N. P.,

shev4uk.n@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-5845-2582, Research ID: E-1274-2018,
PhD, Associate professor of the Department of Animal Husbandry Processing and Food Technologies,
Mykolaiv National Agrarian University, Mykolaiv

JUSTIFICATION OF THE TECHNOLOGICAL MODES OF PREPARATION OF MINCED MEAT FOR BOILED SAUSAGES

Abstract. The article estimated the impact on quality indicators of cooked sausage product parameters of the technological process of minced meat preparation: duration cooking, cooking temperature and also it has been investigated the influence of methods of preparation of minced meat on functional and technological indicators of model minced meats and on qualitative indicators of cooked sausage products. It is established that the highest organoleptic and physicochemical parameters were in cooked sausages, which were made according to the suggested parameters of the technological process of preparation of minced meat: duration of cooking was 7-9 minutes, the final temperature of minced meat was 11–14 °C, at a final vacuum pressure of 0.17–0.19 MPa. It was found that sausage products made according to the rational parameters of the cooking process and the consistent method of adding ingredients into the minced meat were characterized by higher values of quantitative and qualitative indicators of sausages. Thus, samples of cooked sausages made

according to these parameters of minced meat preparation and in a consistent manner had higher indicators: external look, consistency, and taste. As a result of the research it has been established that the highest values of functional and technological indicators had model minced meat of cooked sausage, made by the sequential way of preparation of minced meat, and which were characterized by higher values, in comparison with parallel and sequential methods: moisture binding ability was 67.3 %, the boundary resilience of the cure was 1750Pa, moisture holding ability was 83.6 %, the indicator of stability of minced meat emulsion was 90.2 %. The use of grayscale images resulted in increased fractal dimension (FD) estimates. In this case, the FD estimates for different sausage samples ranged from 1.832 (sample № 1) to 1.739 (sample № 3). On the contrary, binarization of images resulted in the lowest FD estimates. Thus, for black and white images, these estimates ranged from 1.450 (sample № 2) to 1.281 (sample № 3). The obtained estimates of the fractal dimension matched with the physicochemical and organoleptic quality indicators of the corresponding samples of sausage, which is associated with the use of different technology in its production.

Key words: cooked sausage, quality, cutting, duration, temperature, residual pressure, vacuuming, fractal analysis.

JEL Classification: L66

DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2026-45-11>

Постановка проблеми. В харчовому раціоні населення ковбасні вироби мають значне місце, що створює стабільний попит у споживачів. При збільшенні попиту зростають вимоги до якісних показників продукції. Виробництво ковбасних виробів включає певні технологічні операції, які впливають на якість ковбас. Головною операцією є процес приготування фаршу, який впливає на органолептичні показники, зокрема, на структуру та консистенцію ковбас, наявність чи відсутність бульйонно-жирових набряків, норму виходу [12]. Недостатньо вивченим і висвітленим в літературних джерелах є процес кутерування. На м'ясопереробних підприємствах харчової промисловості встановлені сучасні вакуумні кутери, використання яких потребує додаткових досліджень, подальшого вивчення технологічних прийомів стабілізації фаршевих систем, які не пов'язані із внесенням добавок і стабілізуючих компонентів [2].

Постановка завдання. Мета дослідження – обґрунтування технологічних режимів приготування фаршу варених ковбас, а саме температури, тривалості та різних способів кутерування.

Предмет дослідження – технологічні параметри при виготовленні фаршу, способи кутерування та їх вплив на якість фаршу.

Об'єкт дослідження – якісні показники варених ковбасних виробів, виготовлених за різних способів приготування фаршу і вплив параметрів технологічних процесів приготування фаршу на показники ковбас.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Нині значна увага зосереджена на дослідженні формування структури фаршу ковбасних виробів

та вдосконаленні параметрів технологічного процесу. Важливим напрямом сучасної харчової технології є дослідження взаємодії компонентів, характеру зв'язків між ними, механізмів утворення стабілізуючих сполук і можливостей керування цими процесами [10, 18].

Однією з ключових операцій, що забезпечують якість ковбасних виробів, є приготування фаршу. Фарш – це суміш підготовлених інгредієнтів, внесених відповідно до рецептури. У процесі його формування відбувається утворення білкових гелів унаслідок асоціації розгорнутих білкових молекул під дією дисульфідних і водневих зв'язків, електростатичних та гідрофобних взаємодій [14].

Термооброблений продукт є складною системою, структура якої визначається вологоутримуючою здатністю (WHC) міофібрилярних білків, що забезпечує вихід і соковитість ковбас. Для поліпшення структури ковбасних виробів запропоновано різні технологічні підходи, зокрема внесення додаткових компонентів, що позитивно впливають на реологічні, технологічні, органолептичні показники та біологічну цінність продукції. Перспективним методом є обробка високим тиском, яка сприяє утворенню нових зв'язків у білках, зумовлює їх структурні модифікації та підвищує вологоутримуючу здатність і стабільність фаршу [2–4, 6, 8, 9, 11–13, 17].

Основними технологічними вимогами до фаршу варених ковбас є глибоке руйнування структури сировини, забезпечення зв'язування вологи й жиру, формування стабільної структури та належних сенсорних показників готового продукту.

На початку кутерування відбувається механічне руйнування клітин і м'язових волокон з екстракцією білків у водну фазу; додавання солі підвищує ефективність цього процесу. На заключному етапі диспергується жирова тканина та формується водно-білково-жирова емульсія. Для досягнення необхідної текучості фаршу додають жир і воду, а здатність білкової системи утримувати вологу визначається її водоутримуючими властивостями та розчинністю білків [1, 5, 7, 10, 12, 13, 15].

Впровадження нових способів в технології приготування фаршу варених ковбас не виключає вдосконалення існуючих, адже, змінні початкові властивості сировини, технічні характеристики обладнання вимагають змін технологічних режимів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Виділено основні способи приготування фаршу: послідовний (компоненти фаршу додавали поступово: додавання пісної сировини, солі, першої частини льоду, жирної сировини, спецій – кутерування з частотою обертів ріжучих ножів 1800–2000 обертів за хвилину, другої частини льоду – кутерування з частотою 3500 обертів за хвилину), паралельним (окремо готували два фарша: додавання пісної сировини, солі, додавання першої частини льоду, додавання жирної сировини, додавання розкутерованої пісної маси – кутерування з частотою 3500 обертів за хвилину), прискореним (всі компоненти вносили до кутера упродовж 1–2 хвилин за частоти обертів чаші без роботи ножів: внесення пісної сировини, жиру, солі, функціональних добавок, льоду, спецій – кутерування з частотою 3500 обертів за хвилину).

Для виготовлення дослідних зразків варених ковбас використовували, на 100 кг несоленої сировини: яловичину вищого сорту – 40 кг, свинину пісну – 20 кг, свинину жирну – 40 кг, сіль нітритну – 1 кг, сіль поварену – 1 кг, цукор – 100 г, часник – 80 г, перець духмяний – 50 г, тмин – 30 г. Фарш ковбасних виробів виготовляли у вакуумному кутері Seydelmann 204 Vlt2a-V з об'ємом чаші 200 л.

Фаршеву емульсію виробляли за такою послідовністю: подрібнення яловичини, додавання нітриту натрію, льоду, свинини пісної, льоду, свинини жирної, спецій, яловичини, як структурного компоненту.

На першому етапі досліджень, ковбасні виробы виготовляли за режимами: t_1 – 4–6 хвилин, t_2 – 7–9 хвилин та t_3 – 10–12 хвилин, тривалості

кутерування. На другому етапі досліджень варені ковбаси були вироблені за різних температур: t_1 – 8–10 °C, t_2 – 11–14 °C і t_3 – 15–18 °C. Під час кутерування використовували залишковий тиск – $0,15–0,19 \cdot 10^5$ МПа.

Значний вплив параметрів процесу приготування фаршу на фізико-хімічні та сенсорні показники вареної ковбаси залежить від тривалості та температури кутерування. Середній вміст вологи ковбасних виробів коливається 66,4–67,7 %. Орієнтуючись на показник масової частки вологи, який свідчить щодо міцності її утримування білками, стабільність системи під час термообробки, максимальне значення у зразків, фарш для яких кутерували – 7–9 хвилин. Підтвердженням цих висновків були органолептичні показники з більш високими балами, у порівнянні з іншими зразками, ковбасні виробы характеризувалися кращими показниками за зовнішнім виглядом (4,5 бала), консистенцією (4,7 бала), соковитістю (4,8 бала) і дегустаційною оцінкою (4,5 бала).

Проаналізовано фізико-хімічні та сенсорні показники вареної ковбаси, виготовленої за різних температур кутерування з фіксованим інтервалом в 7–9 хвилин. Більшою масовою часткою вологи (67,1 %) характеризувалися варені ковбаси за інтервалом температур кутерування 11–14 °C. Температура кутерування безпосередньо пов'язана з тривалістю. Подрібнення фаршу до температури 8–10 °C упродовж 7–9 хвилин, вимагає зменшення швидкості обертання ножів до 3000 обертів за хвилину. За дотримання швидкісного режиму в 3500 обертів за хвилину, температура досягає 11–14 °C. Збільшення швидкості до 3800 обертів за хвилину, за тієї ж тривалості, сприяє локальному перегріванню фаршевої маси в місцях контакту з робочими органами. Масова частка вологи у ковбас, із температурою готового фаршу 11–14 °C була на 1,4 % ($p < 0,05$) більша, ніж у ковбас вироблених із фаршу з температурою 15–18 °C.

Таким чином, параметри технологічних процесів приготування фаршу впливають на фізико-хімічні та органолептичні показники вареної ковбаси, проте незначні зміни не перевищують нормативні вимоги.

Визначено оптимальні значення технологічних режимів процесу приготування фаршу: тривалість кутерування 7–9 хвилин, до температури 11–14 °C при додаванні 24–30 % льоду (за нормативною документацією на продукцію) і залишковий тиск – $0,15–0,19 \cdot 10^5$ Па.

Результати органолептичної оцінки якості вареної ковбаси, виготовленої за вибраними режимами приготування фаршу, дозволили відзначити, що продукція характеризувалася пружною консистенцією, рожевим кольором, приємним ароматом та смаком.

На підставі вибраних раціональних режимів процесу приготування фаршу, була проведена наступна серія досліджень із зміною послідовності внесення компонентів рецептури. Результати досліджень функціонально-технологічних властивостей модельних фаршів наведено у таблиці 1.

Отримані у результаті досліджень дані демонструють, що послідовний спосіб кутерування забезпечує високі значення функціонально-технологічних властивостей модельних фаршів і є важливими показниками при оцінці стабільності м'ясних емульсій. Вищими значеннями вологоутримуючої здатності $83,6 \pm 1,06$ % фаршу характеризувались зразки, виготовлені послідовним способом. Вологоутримуюча здатність узгоджується із значеннями, отриманими при дослідженні граничного напруження зсуву 1750 ± 324 Па і також є вищими при послідовному способі приготування фаршу.

Отримано значно переважаючі показники стабільності фаршевої емульсії на рівні $90,2 \pm 1,72$ % для систем з послідовним процесом внесення сировини. Різниця становила 7,5 % порівняно з показником стабільності модельного фаршу, виготовленого прискореним способом.

Отже, при дослідженні функціонально-технологічних характеристик фаршів, виготовлених різними способами (послідовним, паралельним, прискореним) можна констатувати, що раціонально виготовляти фарш варених ковбас послідовним способом, адже він забезпечує високі показники вологозв'язуючої здатності 67,3 % граничного напруження зсуву 1750 Па, вологоутримуючої здатності на рівні 83,6 % та показник стабільності фаршевої емульсії 90,2 %.

Досліджено оцінку якісних та кількісних показників ковбас, виготовлених за раціональними параметрами при різних способах кутерування. Встановлено, що на вихід готової продукції впливає спосіб приготування фаршу для вареної ковбаси. Вищим виходом (112,3 %) характеризувалася ковбаса, для якої фарш виготовляли прискореним методом (табл. 2). Різниця, відповідно, становила 6,4 % ($p < 0,05$) та 9,1 % ($p < 0,05$) у порівнянні з послідовним та паралельним способами приготування фаршу.

Проведено дослідження фізико-хімічних та органолептичних показників вареної ковбаси, виготовленої за різних способів кутерування. Встановлено, що більшою масовою часткою вологи (66,7 %) характеризувалися ковбасні вироби, які виготовлені за прискореним методом. Різниця становить 1,7 % ($p < 0,05$) у порівнянні з ковбасами, виготовленими у кутері послідовним методом.

За органолептичними показниками відзначено вищі бали у зразків, отриманих із фаршу

Таблиця 1

Технологічні властивості зразків фаршу, $\bar{X} \pm S\bar{x}$

Показник	Спосіб кутерування		
	послідовний	паралельний	прискорений
Вологозв'язуюча здатність, %	$67,3 \pm 0,29^*$	$65,8 \pm 0,26$	$63,7 \pm 0,18$
Граничне напруження зсуву, Па	1750 ± 324	1624 ± 242	1532 ± 276
Стабільність фаршевої емульсії, %	$90,2 \pm 1,72^*$	$88,8 \pm 3,36$	$82,7 \pm 2,05$
Вологоутримуюча здатність, %	$83,6 \pm 1,06^*$	$81,9 \pm 2,14$	$77,1 \pm 1,23$
Активна кислотність, рН	$6,2 \pm 0,19$	$6,2 \pm 0,17$	$6,1 \pm 0,21$

Примітка: * – $p < 0,05$

Таблиця 2

Зміни маси ($n = 5$), залежно від способу кутерування, $\bar{X} \pm S\bar{x}$

Показник	Спосіб кутерування		
	послідовний	паралельний	прискорений
Маса основної сировини, кг	$90,6 \pm 0,33$	$90,2 \pm 0,40$	$90,3 \pm 0,17$
Маса батонів ковбас до термічної обробки, кг	$108,4 \pm 2,09$	$107,8 \pm 1,06$	$107,4 \pm 1,14^*$
Маса ковбас після термічної обробки, кг	$96,1 \pm 2,14$	$93,2 \pm 1,83$	$96,8 \pm 2,08$
Вихід готової продукції, %	$105,9 \pm 3,39$	$103,2 \pm 2,49$	$112,3 \pm 1,92^*$

Примітка: * – $p < 0,05$

при послідовному способі кутерування. Ковбаси, виготовлені послідовним способом характеризувалися вищими значення показників зовнішнього вигляду, консистенції, смаку, загального балу, які відповідно, становили 4,8 бала, 4,6 балів, 4,7 бала, 4,6 балів. Різниця порівняно з прискореним способом кутерування склала 0,6 бала ($p < 0,05$), 0,6 бала ($p < 0,05$), 0,5 бала ($p < 0,05$), 0,6 бала ($p < 0,05$) відповідно.

Отже, для виробництва вареної ковбаси із запропонованих параметрів придатні всі три способи кутерування (послідовний, паралельний, прискорений). Однак, найліпші органолептичні показники забезпечує послідовний спосіб кутерування.

У сучасних реаліях, технологія виробництва ковбасних виробів спрямована на отримання високоякісної продукції, тому потребує комплексного аналізу. Для оцінки якісних показників варених ковбасних виробів доцільно застосовувати фрактальний аналіз.

Оцінено фрактальну розмірність проб ковбасних виробів. Використання зображень у відтінках сірого призводило до підвищених оцінок фрактальної розмірності (FD). В цьому випадку оцінки FD для різних проб ковбаси коливалася від 1,832 (проба № 1) до 1,739 (проба № 3). Навпаки, бінаризація зображень (тобто, перетворення їх у чорно-біле) призвело до отримання найменших оцінок FD. Так, для чорно-білих зображень ці

оцінки варіювали від 1,450 (проба № 2) до 1,281 (проба № 3) (рис. 1).

Встановлено, що тип зображення (кольорове, у відтінках сірого, чорно-біле) вірогідно впливало на оцінку фрактальної розмірності досліджуваних проб ковбаси (двофакторних дисперсійний аналіз без повторюваностей: $F_{2;4} = 85,52$; $p < 0,001$).

Одночасно встановлено вірогідний вплив способу приготування фаршу ковбаси на оцінки їх фрактальної розмірності – двофакторних дисперсійний аналіз без повторюваностей: $F_{2;4} = 12,77$; $p = 0,018$). Найвищими оцінками FD (в середньому для різних типів зображення) характеризувалися проби № 1 (1,645) та № 2 (1,612), тоді як для проби № 3 оцінка фрактальної розмірності була найнижчою (1,500).

Встановлено, що отримані оцінки фрактальної розмірності співпадали із фізико-хімічними та органолептичними показникам якості відповідних проб ковбаси, що пов'язано із використанням різних технологій при її виробництві.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Доведено, що послідовне кутерування за раціональними параметрами забезпечує кращі функціонально-технологічні та органолептичні показники порівняно з паралельним чи прискореним методами: водозв'язуюча здатність – 67,3 %, вологоутримуюча здатність – 83,6 %, граничне напруження зсуву – 1750 Па,

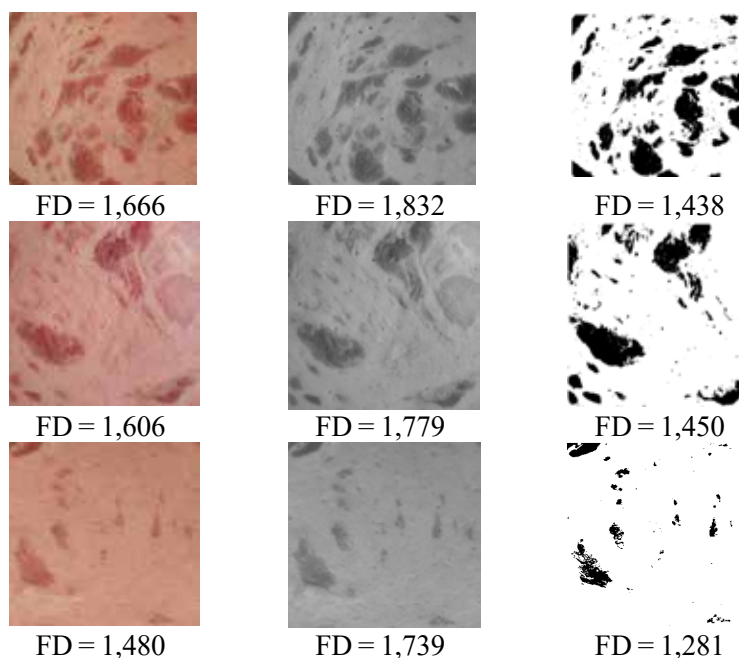


Рис. 1. Зображення (кольорове, у градаціях сірого та чорно-біле) проб ковбаси: (А – проба № 1; В – проба № 2; С – проба № 3) та відповідні оцінки фрактальної розмірності (FD)

стабільність емульсії – 90,2 %, органолептична оцінка – 4,6 бала (перевага порівняно з іншими способами кутерування складає 0,2–0,5 бала). Висока якість варених ковбас досягається за таких умов: тривалість кутерування – 7–9 хвилин, кінцева температура – 11–14 °С, гідратація – 24–30 % води (льоду), залишковий тиск вакууму – 0,15–0,19*10⁵ Па.

Лабораторний аналіз підтвердив, що варена ковбаса, виготовлена за послідовним способом, має високі органолептичні показники: пружну консистенцію, рожевий колір, виражений аромат і смак, а також стабільність при зберіганні. Встановлено, що прискорене кутерування хоч і поступається за якісними характеристиками, проте забезпечує більший вихід готової продукції.

Встановлено, що метод обробки зображень суттєво впливає на показники фрактальної розмірності: відтінки сірого дають завищені оцінки FD (від 1,832 у пробі № 1 до 1,739 у пробі № 3); бінаризація (чорно-білі) забезпечує мінімальні значення FD (від 1,450 у пробі № 2 до 1,281 у пробі № 3). Кореляція рівнів FD з фізико-хімічними та органолептичними показниками підтверджує залежність структури продукту від обраної технології приготування фаршу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Прасолов Є. Я., Слинко В. Г., Березницький В. І. Вдосконалення технології приготування м'ясного фаршу для виробництва варених ковбас. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Технічні науки.* 2015. Т. 2. № 1 (89). С. 126–132.
2. Солецька А. Д. Оптимізація режимів термічного оброблення варених ковбас. *Харчова наука і технологія.* 2014. 3 (28). С. 73–76.
3. Сукманов В., Кірік І., Палаш А. Властивості варених ковбас, вироблених із використанням високого тиску. *Ресторанний і готельний консалтинг. Інновації.* 2019. Том 2. № 1. С. 59–83 DOI: <https://doi.org/10.31866/2616-7468.2.1.2019.170412>
4. Arana J. I. Textural properties of foods. New York, NY: CCR Press Taylor & Francis Group, 2012. 36 p.
5. Cheftel J. C. Effects of high hydrostatic pressure on food constituents. *High pressure and biotechnology,* 1992. P. 195–209.
6. Chemical forces and water holding capacity study of heat-induced myofibrillar protein gel as affected by high pressure / Z. Zhang [et al.]. *Food Chemistry,* 2015. № 188, P. 111–118 DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.04.129

7. Differences in properties of myofibrillar proteins from bovine semitendinosus muscle after hydrostatic pressure or heat treatment / J. Lee [et al.]. *Journal of the Science of Food and Agriculture,* 2007. № 87. P. 40–46. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2656>

8. Effect of high-pressure treatment on emulsifying properties of soybean proteins / M. C. Puppo [et al.]. *Food Hydrocolloids,* 2005. № 19, P. 289–296. DOI 10.1016/j.foodhyd.2004.07.001

9. Hayrapetyan A. A., Manzhosov V. I., Churikova S. Y. The development of technology for functional food products on based on combination of raw materials of vegetable and meat origin. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing,* 2020. Т. 422, № 1. С. 12–40. DOI: 10.1088/1755-1315/422/1/012040

10. Lipczynska E. Lipczynska-Szlaur. *British Food Journal,* 2013. V. 115. № 8. P. 1187–1196.

11. Low-field NMR study of heatinduced gelation of pork myofibrillar proteins and its relationship with microstructural characteristics / M. Y. Han [et al.]. *Food Research International,* 2014. № 62, P. 1175–1182. DOI: 10.1016/j.foodres.2014.05.062

12. Marcos B., Kerry J. P., Mullen A. M. High pressure induced changes on sarcoplasmic protein fraction and quality indicators. *Meat Science,* 2010. № 85. P. 115–120. DOI: 10.1016/j.meatsci.2009.12.014

13. Naumova N., Lukin A., Buchel A. Effect of non-traditional raw material on quality and nutritional value of liver pate. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering. Series II.* 2019. Т. 12. № 2. С. 85–96. doi:10.31926/but.fwiafe.2019.12.61.2.7

14. Oakenfull D., Pearce J., Burley R. W. Protein gelation. Food proteins and their applications. New York: Marcel Dekker, 1997. P. 111–142.

15. Physico-chemical and microbiological properties of raw fermented sausages are not influenced by color differences of turkey breast meat / Popp J. [et al.]. *Poultry Science,* 2013. V. 92. № 5. P. 1366–1375. DOI: 10.3382/ps.2012-02724

16. Physico-chemical characteristics and free fatty acid composition of dry fermented mutton sasages as affected by the use of various combinations of starter cultures and spices / Lihua Zhao L. [et al.]. *Meat Science,* 2011. V. 88. № 4. P. 761–766. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.03.010>

17. Puolanne E., Halonen M. Theoretical aspects of water-holding in meat. *Meat Science,* 2010. № 86. P. 151–165. DOI: 10.1016/j.meatsci.2010.04.038

18. Yevtushenko A. M., Krasulya O. N., Krashe-ninnikova I. G. Characteristics of structure formation in cooked sausage products using sonochemical technologies. *Theory and practice of meat processing,* 2016 № 2. P. 10–17. DOI 10.21323/2114-441X-2016-2-10-17

REFERENCES

1. Prasolov, Ye.Ya., Slyenko, V. H., & Bereznytskyi, V. I. (2015). Improvement of the technology of preparation of minced meat for the production of boiled sausages. *Collection of scientific works of the Vinnytsia National Agrarian University. Technical sciences*. 1 (89):126–132.
2. Soletska, A. D. (2014). Optimization of heat treatment modes of cooked sausages. *Food science and technology*. 3 (28):73–76.
3. Sukmanov, V, Kirik, I, & Palash, A (2019). Properties of cooked sausages produced using high pressure. *Restaurant and hotel consulting. Innovations*. 2 (1):59–83 DOI: <https://doi.org/10.31866/2616-7468.2.1.2019.170412>
4. Arana, J. I. (2012). *Textural properties of foods*. New York, NY: CCR Press Taylor & Francis Group
5. Cheftel, J. C. (1992). *Effects of high hydrostatic pressure on food constituents*. High pressure and biotechnology.
6. Zhang, Z, Yang, Y, Tang, X, Chen, Y, & You, Y. (2015). Chemical forces and water holding capacity study of heat-induced myofibrillar protein gel as affected by high pressure. *Food Chemistry*. 188:111–118. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.04.129
7. Lee, J, Kim, Y.J, Lee, N.H, Hong, S.I, & Yamamoto K. (2007). Differences in properties of myofibrillar proteins from bovine semitendinosus muscle after hydrostatic pressure or heat treatment. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 7:40–46. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2656>
8. Puppo, M.C, Speroni, F., Chapleau, N., Lamballerie, M., Acyn, M.C, & Anton M. (2005). Effect of high-pressure treatment on emulsifying properties of soybean proteins. *Food Hydrocolloids*. 19:289-296. DOI 10.1016/j.foodhyd.2004.07.001
9. Hayrapetyan, A.A, Manzhesov, V. I., & Churikova, S. Y. (2020). The development of technology for functional food products on based on combination of raw materials of vegetable and meat origin. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 422 (1):1–6. doi:10.1088/1755-1315/422/1/012040
10. Lipczynska, E. (2013). Lipczynska-Szlaur. *British Food Journal*. 115 (8):1187–1196.
11. Han, M. Y., Wang, P.Xu., & Zhou G. H. (2014). Low-field NMR study of heat-induced gelation of pork myofibrillar proteins and its relationship with microstructural characteristics. *Food Research International*. 62:1175–1182. DOI: 10.1016/j.foodres.2014.05.062
12. Marcos, B, Kerry, J. P., & Mullen A. M. (2010). High pressure induced changes on sarcoplasmic protein fraction and quality indicators. *Meat Science*. 85:115–120. DOI: 10.1016/j.meatsci.2009.12.014
13. Naumova, N, Lukin, A, & Buchel, A. (2019). Effect of non-traditional raw material on quality and nutritional value of liver pate. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering*. 12 (2):85–96. doi:10.31926/but.fwiafe.2019.12.61.2.7
14. Oakenfull, D., Pearce, J., & Burley R. W. (1997). *Protein gelation*. Food proteins and their applications. New York: Marcel Dekker.
15. Popp, J, Krischek, C, Janisch, S, Wicke, M, & Klein, G. (2013). Physico-chemical and microbiological properties of raw fermented sausages are not influenced by color differences of turkey breast meat. *Poultry Science*. 92 (5):1366–1375. DOI: 10.3382/ps.2012-02724
16. Lihua Zhao, L., Jin, Ye., Ma, Ch., Song, H., Li, Hui., Wang, Z., & Xiao, S. (2018). Physico-chemical characteristics and free fatty acid composition of dry fermented mutton sasages as affected by the use of various combinations of starter cultures and spices. *Meat Science*. 88 (4):761–766. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.03.010>
17. Puolanne, E, & Halonen, M. (2010). Theoretical aspects of water-holding in meat. *Meat Science*. 86:151–165. DOI: 10.1016/j.meatsci.2010.04.038
18. Yevtushenko, A. M., Krasulya, O. N., & Krasheninnikova, I. G. (2016). Characteristics of structure formation in cooked sausage products using sonochemical technologies. *Theory and practice of meat processing*. 2:10–17. DOI 10.21323/2114-441X-2016-2-10-17

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)



Дата першого надходження статті до видання: 20.02.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 18.03.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 08.05.2026

ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ЯКОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

УДК 664.3:665

Лозова Т. М.,

lozovatm@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4681-5849, Researcher ID E-9830-2019,
д.т.н., проф., професор кафедри товарознавства, митної справи та управління якістю,
Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів

НАУКОВІ ТОВАРОЗНАВЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІН ЯКОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ У ПРОЦЕСІ ЗБЕРІГАННЯ

Анотація. У статті представлено результати наукових товарознавчих досліджень змін якості харчових продуктів, що пов'язані з окислювальними процесами під час зберігання. Метою статті є дослідження харчових добавок (фітодобавок) з антиоксидантними властивостями для сповільнення негативних змін якості у процесі зберігання. Ліпіди, які входять до складу харчових продуктів, найменш стійкі до окислення атмосферним киснем порівняно з іншими хімічними компонентами. Тому стійкість до окислювальних процесів під час зберігання є однією з головних вимог до властивостей жирів і жировмісних продуктів поряд із харчовою цінністю та належними органолептичними показниками. Внаслідок таких змін якості – процесів окислення – утворюються шкідливі для організму сполуки, зокрема токсичні. Це призводить до псування й непридатності до споживання харчових продуктів. Експериментально встановлено антирадикальні механізми фітодобавок із порошків фіалки триколірної (*Viola tricolor*) і квітів ромашки лікарської (*Matricaria chamomilla*) на маргарині. Такі фітодобавки володіють антиоксидантною активністю, що становить 0,385 та 0,212 од. відповідно. Внесення зазначених фітодобавок у жирову систему дозволяє суттєво загальмувати процес окислення, оскільки утворення первинних продуктів уповільнюється в 1,1–1,7 рази та вторинних продуктів – у 1,2–1,74 рази. Цінний хімічний склад фітодобавок, який пояснює антиоксидантну дію, спричиняє також потенційне збагачення харчових продуктів біологічно активними речовинами. З урахуванням отриманих даних можна зробити висновок, що доцільно розвивати науковий напрям стосовно пошуку нових природних добавок, які запобігатимуть негативним змінам якості харчових продуктів у процесі зберігання, зокрема дослідженню комбінування різноманітних фітодобавок.

Ключові слова: зміна якості, зберігання, товарознавчі дослідження, окислення, фітодобавки, харчові продукти.

Lozova T. M.,

lozovatm@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4681-5849, Researcher ID E-9830-2019,
Doctor of Engineering, Professor, Professor of the Department of Commodity Science,
Customs Affairs and Quality Management, Lviv University of Trade and Economics, Lviv

SCIENTIFIC COMMODITY RESEARCH ON CHANGES IN THE QUALITY OF FOOD PRODUCTS DURING STORAGE

Abstract. The article presents the results of scientific commodity research on changes in the quality of food products associated with oxidative processes during storage. The aim of the article is to study food additives (phytoadditives) with antioxidant properties to slow down negative changes in quality during storage. Lipids that are part of food products are the least resistant to oxidation by atmospheric oxygen compared to other chemical components. Therefore, resistance to oxidative processes during storage is one of the main requirements for the properties of fats and fat-containing products, along with nutritional value and proper organoleptic indicators. As a result of such quality changes – oxidation processes – harmful compounds are formed for the body, in particular toxic ones. This leads to spoilage and unsuitability for consumption of food

*products. Anti-radical mechanisms of phytoadditives from powders of violet tricolor (*Viola tricolor*) and flowers of chamomile (*Matricaria chamomilla*) on margarine were experimentally established. Such phytoadditives have antioxidant activity, which is 0.385 and 0.212 units, respectively. The introduction of these phytoadditives into the fat system allows to significantly slow down the oxidation process, since the formation of primary products is slowed down by 1.1–1.7 times and secondary products by 1.2–1.74 times. The valuable chemical composition of phytoadditives, which explains the antioxidant effect, also causes the potential enrichment of food products with biologically active substances. Taking into account the data obtained, we can conclude that it is advisable to develop a scientific direction in the search for new natural additives that will prevent negative changes in the quality of food products during storage, in particular, the study of combining various phytoadditives.*

Key words: quality change, storage, commodity research, oxidation, phytonutrients, food products.

JEL Classification: L66, L81, L15, O32

DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2026-45-12>

Постановка проблеми. Збереження якості і харчової цінності та скорочення втрат харчових продуктів під час зберігання є вагомим завданням сьогодення. Харчові продукти за хімічним складом – це багатокомпонентні системи, що містять ліпіди, азотисті речовини, мінеральні сполуки, вітаміни та ферменти. У процесі зберігання харчових продуктів кожна з цих зазначених сполук піддається складним змінам, що можуть призвести до зниження харчової цінності й органолептичних властивостей, зробити продукти непридатними до споживання. Можливі також кількісні втрати продуктів, головним чином, за рахунок випаровування вологи, виділення летких сполук у вигляді ароматичних речовин, вуглекислоти тощо. Втрати харчових продуктів призводять до суттєвих економічних втрат.

Проблему з розроблення раціональних способів зберігання харчових продуктів можна вирішувати лише на основі глибоких наукових товарознавчих досліджень головних процесів, які відбуваються під час зберігання. Важливим аспектом також є характер взаємозв'язку між продуктами та навколишнім середовищем.

Для встановлення граничних термінів зберігання та придатності до споживання необхідно виявити й вивчити основні процеси, внаслідок яких знижується якість продуктів, і насамперед їхні органолептичні характеристики. З метою подовження термінів зберігання продуктів харчування потрібно загальмувати процеси, що зумовлюють псування продукції. Проте варто врахувати, що, створюючи несприятливі умови для одних процесів, можна водночас прискорити інші небажані зміни у продуктах. Зокрема, у результаті уповільнення мікробіологічних процесів створюються сприятливі умови для неферментативного

потемніння. З іншого боку, внаслідок гальмування реакцій неферментативного потемніння спостерігається інтенсивне автоокислення жирів.

Властивості харчових продуктів та їхні зміни під час зберігання потрібно досліджувати в умовах багатофакторності внутрішніх та зовнішніх впливів, а зв'язок між змінами продуктів і режимами їхнього зберігання – на основі узагальнення результатів експериментальних спостережень. Такий підхід дозволяє виявити основні фактори та оцінити ступінь їхнього впливу на ті чи інші хімічні і фізико-хімічні процеси, які відбуваються в продуктах під час зберігання.

Результати чисельних досліджень, виконаних вітчизняними і зарубіжними науковцями, дозволяють на науковій основі вирішувати теоретичні та практичні завдання щодо збереження якості й зниження втрат продуктів харчування під час зберігання.

У процесі розроблення раціональних способів запобігання зниженню якості продуктів харчування поряд зі змінами, що відбуваються у самих продуктах (йдеться особливо про тепло- і масообмінні процеси), важливо враховувати фактори їхнього обумовлення. Користуючись теплофізичними методами, можна більш точно судити про оптимальні умови зберігання кожного виду харчових продуктів, обирати раціональні технічні засоби для їхнього підтримування у приміщеннях для зберігання. Теплофізичні методи дозволяють побудувати математичні моделі для вивчення конкретних процесів.

Ліпіди, які входять до складу харчових продуктів, найменш стійкі до окислення атмосферним киснем порівняно з іншими хімічними компонентами. Тому стійкість до окислювальних процесів під час зберігання є однією з основних

вимог до властивостей жирів та жировмісних продуктів поряд із харчовою повноцінністю і високими органолептичними властивостями (смаком, запахом, кольором, консистенцією). Ці властивості перебувають у взаємозв'язку. Харчова повноцінність жировмісних продуктів залежить переважно від складу і співвідношення різноманітних, насамперед високоненасичених жирних кислот, що входять до структури тригліцеридів, а також від низки супутніх речовин. Але саме ненасичені жирні кислоти та деякі сполуки, супутні жирам (наприклад, фосфоліпіди), досить нестійкі до дії молекулярного кисню повітря.

До важливих процесів у жировмісних харчових продуктах належать окислювальні, які зумовлюють суттєве погіршення якості продукції під час зберігання. Це обґрунтовує необхідність наукових досліджень процесів окислення з метою подовження термінів зберігання харчових продуктів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У процесі зберігання у жирах і жировмісних продуктах внаслідок зміни високоненасичених жирних кислот, ліпопротеїдів, провітамінів і вітамінів завжди відбуваються незворотні складні хімічні перетворення, що призводять до зниження біологічної цінності та органолептичних властивостей. Водночас можуть утворюватися і небажані для організму продукти окислення, зокрема токсичні. У зв'язку з цим виникає необхідність вирішення проблеми підвищення стійкості відносно хімічних змін жирів у продуктах під час зберігання й розроблення умов, що забезпечують тривале їхнє зберігання з мінімальними змінами властивостей [1–5].

Науковцями запропоновано спосіб оцінювання окисно-відновного потенціалу і загальної антиоксидантної здатності різних дієтичних добавок, використовуючи різні аналітичні методи для досягнення складності вимірювань антиоксидантів. Новий підхід до визначення загальної антиоксидантної здатності в харчових продуктах передбачає використання сучасних електрохімічних методів, включаючи диференціальну імпульсну вольтамперометрію (DPV) і циклічну вольтамперометрію (CV). Ці методи вимірюють окисно-відновний потенціал зразків, надаючи інформацію про електронодонорну здатність антиоксидантів без використання шкідливих хімічних речовин або обробки зразків, із мінімальним впливом на навколишнє середовище. Вимірені ABTS та FRAP були виражені в еквівалентах вітаміну С,

щоб дозволити порівняння з вимірюваннями CV і фактичним вмістом вітаміну С. Цей підхід дозволив непряме порівняння активностей, отриманих із використанням різних стандартних речовин, шляхом перетворення на стандартні еквіваленти. Подібні тенденції спостерігалися в усіх методах, за винятком DPPH. Значення FRAP корелювали з ABTS та CV ($r = 0,797$ та $r = 0,757$ відповідно). Метод DPV забезпечив більш детальну оцінку окисно-відновної активності вибраних продуктів на основі різних піків окислення. Дослідження підкреслює важливість обов'язкового тестування і кількісного визначення антиоксидантів, а також необхідність регулювання антиоксидантних властивостей за допомогою нормативних стандартів [6–8].

Наукові роботи зосереджені на біохімічних механізмах захисту від вільних радикалів і їхній ролі у створенні та підтримці антиоксидантних властивостей. Для досягнення цієї мети продукти харчування, фрукти та морські водорості з високим вмістом антиоксидантів повинні становити основу поживних речовин, оскільки відомо, що натуральні продукти мають значно вищу ефективність засвоєння. Дослідження окреслює перспективу, згідно з якою використання антиоксидантів може продовжити термін придатності харчових продуктів, захищаючи їх від псування, спричиненого окисленням, а також їх використання як харчових добавок [9].

Вивчення антиоксидантів та їхнього значення в різних галузях, від харчової інженерії до медицини та фармації, становить значний інтерес для наукової спільноти. У харчовій галузі вагомою проблемою є запровадження нових методів для визначення антиоксидантної активності, механізму виявлення, застосовності, переваг та недоліків таких методів. Серед тестів, базованих на переносі атома водню, представлені такі: тест на поглинання кисневих радикалів (ORAC), тест на антиоксидантну здатність гідроксильних радикалів (HORAC), тест на загальний антиоксидантний параметр захоплення пероксильних радикалів (TRAP) і тест на загальну антиоксидантну здатність поглинання оксидрадикалів (TOSC). Тести, базовані на переносі одного електрона, включають тест на антиоксидантну силу відновлення міді (CUPRAC), тест на антиоксидантну силу відновлення заліза (FRAP) та тест Фоліна-Чокальтеу. Змішані тести, що включають перенесення як атома водню, так і електрона, включають тест 2,2'-азинобіс-(3-етилбензотіазолін-6-сульфоновий

кислоти (ABTS) та тест [2,2-ди(4-трет-октил-феніл)-1-пікрилгідрозил] (DPPH). Усі ці аналізи базуються на хімічних реакціях, а оцінка кінетики або досягнення рівноважного стану спирається на спектрофотометрію [10].

Встановлено, що коричневі морські водорості мають відносно високий вміст фенольних сполук і виключно флоротанінів, які володіють біоактивними властивостями. Вміст цих фенольних сполук був основою для одержання цінних харчових добавок. Доведено потенціал застосування видів бурих морських водоростей як антиоксиданту в харчових матрицях [11].

Ефірні олії вважаються заміниками синтетичних добавок у харчових продуктах. Оскільки окислення ліпідів є основним хімічним процесом, що впливає на псування харчових продуктів, зокрема майонезу, досліджено антиоксидантну активність ефірної олії чебрецю (*Zataria multiflora* Voiss) на окислювальну стабільність обробленого майонезу (гомогенізованого) протягом 6 місяців зберігання. Антиоксидантну активність ефірної олії чебрецю (0-150 μg /г) визначали методом DPPH. Для досліджень застосовували аналізи: пероксид, анізидин, тотокс, тіобарбітурова кислота [12]. Ефірна олія характеризується великою кількістю монотерпенів, таких як тимол і карвакрол. Щодо антиокислення, досліджена ефірна олія сильно зменшила вміст радикалу DPPH ($\text{IC}_{50}=144,4 \text{ } \mu\text{g}$ /мл). Результати показали, що зразки майонезу із вмістом ефірної олії значно менше піддаються окисленню, тоді як контрольний зразок окислювався швидше. Ефірна олія мала значний вплив на смак, запах і загальне сприйняття продукту, але істотної різниці в кольорі та текстурі не спостерігалося. Результати цих експериментів свідчать про те, що ефірна олія чебрецю (*Z. multiflora*) може бути використана як джерело натурального антиоксиданту для застосування в харчовій промисловості з метою запобігання окислення ліпідів у жиромісних продуктах. Тому його можна використовувати як натуральний антиоксидант і ароматизатор у харчових продуктах [13].

Встановлено й оцінено ефективність багатьох антиоксидантами екстрактів шипшини (*Rosa canina* L.) і глуду (*Crataegus monogyna*) для мінімізації окисного псування м'ясних продуктів [14, 15].

Виноградні вичавки продемонстрували найвищі рівні загального вмісту фенольних сполук і антиоксидантного потенціалу за оціненими методами. Відповідно до результатів, отриманих

за фенольним складом, можна зробити висновок, що добавки включають основні компоненти – флавоноїди катехін, мірицетин та епікатехін, які повинні сприяти антиоксидантній активності екстракту [16].

Внаслідок аналізу отриманих даних досліджень можна рекомендувати порошок виноградного насіння як добавку для багатьох харчових продуктів, зокрема м'ясних [17, 18].

Таким чином, виконаний аналіз підтверджує особливу вагомість проблеми пошуку та використання харчових добавок із вираженими антиоксидантними властивостями.

Постановка завдання. Метою статті є представлення результатів наукового товарознавчого дослідження змін якості харчових продуктів під час зберігання, які містять харчові добавки з антиоксидантними властивостями.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження змін якості харчової продукції з метою запобігання її погіршення здійснювали шляхом вивчення важливих процесів окислювального характеру та можливостей їхнього гальмування.

Одним із пріоритетних сучасних напрямів у харчовій галузі є застосування природних добавок рослинного походження, що призводить до збагачення продукції біологічно активними сполуками для профілактики можливих різноманітних фізіологічних порушень в організмі людини і пов'язаних із ними захворювань, а також сприяє сповільненню окислювальних перетворень.

Досліджено антиоксидантні характеристики фітодобавок у концентрації по 1,0 % – порошку квітів фіалки триколірної (*Viola tricolor*) та порошку квітів ромашки лікарської (*Matricaria chamomilla*) на жировій основі маргарину у модельних умовах за температури $(90 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

Вивчення антиоксидантної активності здійснювали на волюметричній установці. Вимірювали поглинання кисню в умовах ініційованого окислення з використанням кумольної моделі. У ході досліджень одержували залежність кількості поглиненого кисню від часу.

На графіку залежність швидкості окислення (на осі ординат) від швидкості ініціювання (на осі абсцис) наведено в робочих одиницях (рис. 1). Ця залежність, тобто її лінійність, свідчить про те, що досліджувана речовина – інгібітор, а тангенс нахилу цієї прямої – це величина $k_2 \cdot [\text{RH}] / k_7 \cdot f \cdot n \cdot [\text{InH}]$, за якою розраховано $k_7 \cdot f \cdot n \cdot [\text{InH}]$ та оцінено K_7 .

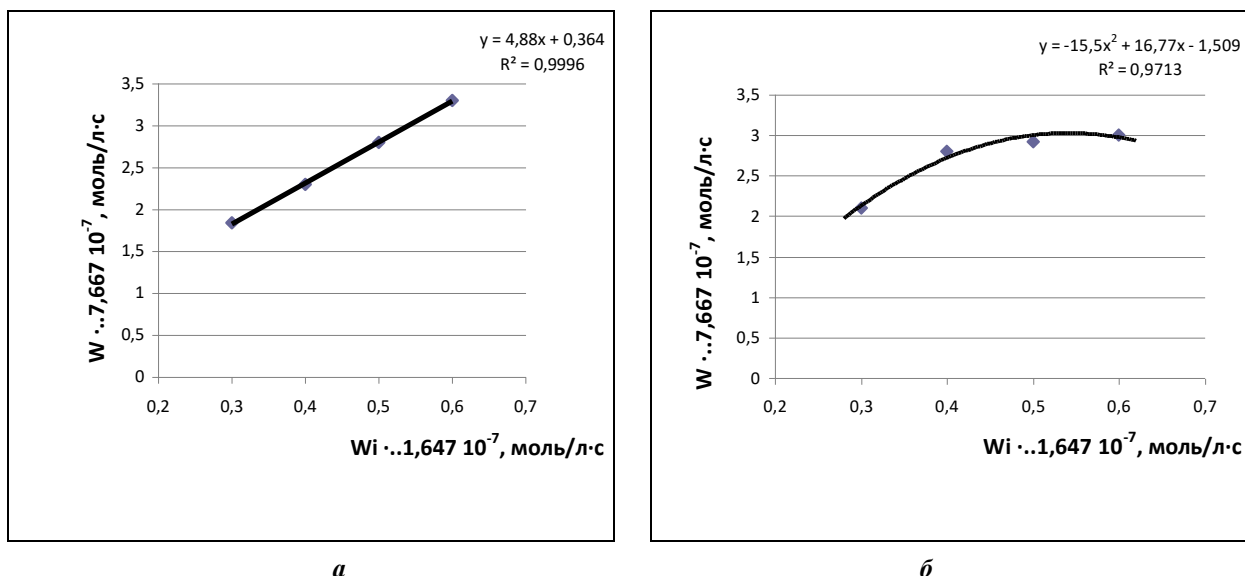


Рис. 1. Залежність швидкості окислення від швидкості ініціювання з фітодобавками

Результати визначення антиоксидантної активності представлено в табл. 1. Величина K_7 служить мірою антиоксидантної активності речовини, тобто, чим вона більша, тим вищі антиоксидантні властивості певної речовини. Значення K_7 дає змогу порівнювати різні інгібітори між собою за силою їх антиоксидантного впливу.

Обидві добавки виявили досить високу антиоксидантну активність: порошок квітів фіалки триколірної – 0,385 та порошок квітів ромашки лікарської – 0,212 од.

У ході досліджень підтверджено антирадикальну дію фітодобавок на жировій основі маргарину, що показано на рис. 2.

Таблиця 1

Результати дослідження антиоксидантної активності фітодобавок

Антиоксидант	$\text{tg } \alpha$; (мм/хв.)/мл	$\text{tg } \alpha = (k_2 \cdot [\text{RH}] / k_7 \cdot f \cdot n \cdot [\text{InH}])$.	$K_7 \times f \times n \times [\text{InH}]$
Порошок квітів фіалки триколірної	4,867	22,881	0,385
Порошок квітів ромашки лікарської	8,833	41,526	0,212

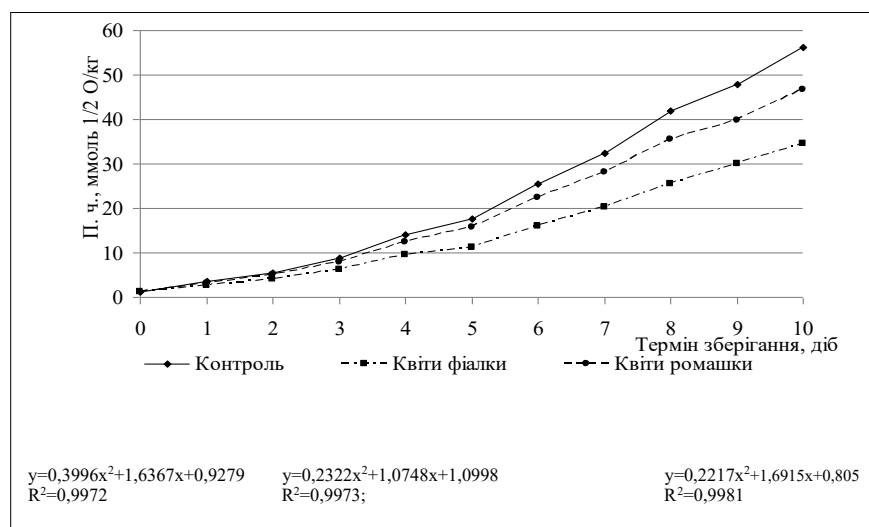


Рис. 2. Динаміка пероксидного числа жирової основи маргарину з фітодобавками (1,0 %) у процесі зберігання в модельних умовах за температури $(90 \pm 2)^\circ\text{C}$

Додавання порошку квітів фіалки триколірної сприяли уповільненню зростання пероксидного числа жиру порівняно з контролем (жиром без добавок) в 1,4–1,7 раза, а порошку ромашки лікарської – в 1,1–1,2 раза.

Встановлено достовірне зниження інтенсивності глибоких окислювальних перетворень у зразках маргарину з фітодобавками за бензидиновим числом (табл. 2).

У серії досліджень більш виражений антиоксидантний ефект був властивий фітодобавці з порошку квітів фіалки триколірної. Її присутність у модельній системі сприяла сповільненню

накопичення карбонільних сполук, які здатні реагувати з бензидином, в 1,3–1,74 раза за увесь період експерименту. Фітодобавка з порошку квітів ромашки лікарської обумовила стримування утворення цих вторинних продуктів окислення на 10–18 % відносно контрольного зразка.

Таким чином, результатами досліджень встановлено доцільність використання у жирових основах харчових продуктів фітодобавок із рослинних порошоків квітів фіалки триколірної та ромашки лікарської для суттєвого гальмування окислювальних процесів та збагачення продукції біологічно цінними сполуками.

Таблиця 2

Динаміка бензидинового числа жирової основи маргарину з фітодобавками у процесі зберігання в модельних умовах за температури $(90 \pm 2) ^\circ\text{C}$, $E_{1\text{cm}}^{1\%}$ $p \leq 0,05$; $n = 3$

Фітодобавки, 1,0 % до маси жиру	Тривалість зберігання, дб				
	2	4	6	8	10
Контроль	0,196±0,010	0,292±0,015	0,402±0,020	0,699±0,035	0,864±0,043
Порошок квітів фіалки	0,150±0,008	0,198±0,010	0,251±0,013	0,431±0,021	0,496±0,025
Порошок квітів ромашки	0,178±0,009	0,260±0,013	0,337±0,017	0,582±0,029	0,732±0,037

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Отже, дослідження змін якості жирових і жиромісних харчових продуктів доводять можливість запобігання негативним процесам шляхом уповільнення окислювальних процесів, що вважаються одними з головних під час зберігання. Експериментально встановлено антирадикальні механізми фітодобавок із порошоків фіалки триколірної (*Viola tricolor*) і квітів ромашки лікарської (*Matricaria chamomilla*) на маргарині. Такі фітодобавки володіють антиоксидантною активністю, що становить 0,385 та 0,212 од. відповідно.

Внесення досліджених фітодобавок у жирову систему дозволяє суттєво загальмувати процес окислення за реестрацією первинних продуктів (у 1,1–1,7 раза) і вторинних (в 1,2–1,74 раза) продуктів окислення. Цінний хімічний склад фітодобавок, який пояснює антиоксидантну дію, спричиняє також потенційне збагачення харчових продуктів біологічно активними речовинами.

З урахуванням отриманих даних можна зробити висновок, що доцільно розвивати науковий напрям стосовно пошуку нових природних добавок, які запобігатимуть негативним змінам якості харчових продуктів у процесі зберігання, зокрема дослідженню комбінування різноманітних фітодобавок.

ЛІТЕРАТУРА

- Zhang S., Chen Y., McClements D. J., Hou T., Geng F. et al. Composition, processing, and quality control of whole flaxseed products used to fortify foods. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2023. Vol. 22. P. 587–614.
- Noreen S., Tufail T., Bader Ul Ain H., Ali A., Aadil R. M. et al. Antioxidant activity and phytochemical analysis of fennel seeds and flaxseed. *Food Sci. Nutr.* 2023. Vol. 11. P. 1309–1317.
- Qiu C., Wang H., Guo Y., Long S., Wang Y. Comparison of fatty acid composition, phytochemical profile and antioxidant activity in four flax (*Linum usitatissimum* L.) varieties. *Oil Crop Sci.* 2020. Vol. 5. P. 136–141.
- Waszkowiak K., Gliszczynska-Świgło A. Binary ethanol–water solvents affect phenolic profile and antioxidant capacity of flaxseed extracts. *Eur. Food Res. Technol.* 2016. Vol. 242. P. 777–786.
- Slavova-Kazakova A., Karamać M., Kancheva V., Amarowicz R. Antioxidant activity of flaxseed extracts in lipid systems. *Molecules.* 2015. Vol. 21. P. 17.
- Nikoleta Lugonja, Dalibor Stanković. Eco-Friendly Voltammetric Techniques for Assessing Antioxidant Properties in Dietary Supplements. *Compounds.* 2025. Vol. 5 (4). P. 51. <https://doi.org/10.3390/compounds5040051>.
- Pruteanu L. L., Bailey D. S., Grădinaru A. C., Jäntschi L. The Biochemistry and Effectiveness of Antioxidants in Food, Fruits, and Marine Algae. *Antioxidants.* 2023. Vol. 12. P. 860.

8. Mishra K., Ojha H., Chaudhury N. K. Estimation of antiradical properties of antioxidants using DPPH assay: A critical review and results. *Food Chem.* 2012. Vol. 130. P. 1036–1043.
9. Irina Georgiana Munteanu, Constantin Apetrei. Analytical Methods Used in Determining Antioxidant. *Int. J. Mol. Sci.* 2021. Vol. 22 (7). P. 3380. <https://doi.org/10.3390/ijms22073380>.
10. Shahidi F., Zhong Y. Measurement of antioxidant activity. *J. Funct. Foods.* 2015. Vol. 18. P. 757–781.
11. Ruiyi Zhang, Ashna Khan, Jaspreet Singh, Lovedeep Kaur. Phlorotannins from New Zealand brown seaweeds: Extraction, antioxidant activity, and food applications. *Food Chemistry Advances.* 2025. Vol. 9. P. 101–114. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2025.101144>.
12. Asiye Ahmadi-Dastgerdi, Neda Fallah, Maryam Zokaei, Majid Gholami-Ahangaran. The Role of Thyme (*Zataria multiflora* Boiss) Essential Oil as Natural Antioxidant on the Lipid Oxidation in Mayonnaise. *Journal of Food Quality.* 2022. Vol. 26 (3). P. 366–380.
13. Pricila Veiga-Santos, Karina de Jesus Antonio, Carolina Toledo Santos, Amanda Alves Arruda, Larissa Bindo de Barros, Larissa Tulio Gonçalves. Pomace-Cassava as Antioxidant Bio-Based Coating Polymers for Cheeses. *Polysaccharides.* 2024. Vol. 3 (2). P. 380–387. <https://doi.org/10.3390/polysaccharides3020022>.
14. Christian Vallejo-Torres, Mario Estévez, Sandra Martínez. The prooxidant action of high-oxygen MAP on beef patties can be counterbalanced by antioxidant compounds from common hawthorn and rose hips. *Meat Science.* 2023. Vol. 2. P. 701–714. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109282>.
15. Ju Shen, Min Zhang, Linlin Zhao, Arun S. Mujumdar, Haixiang Wang. Schemes for enhanced antioxidant stability in frying meat: a review of frying process using single oil and blended oils. *Food Science and Nutrition.* 2024. Vol. 3 (1). P. 591–603. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.2019672>.
16. Jéssica Bordim, Caroline Marques, Math eus A. Calegari, Tatiane L. C. Oldoni, Marina L. Mitterer-Daltoé. Potential effect of naturally colored antioxidants from *Moringa oleifera*, propolis, and grape pomace – Evaluation of color and shelf life of chicken paté. *Food Chemistry Advances.* 2023. Vol. 3. P. 301–307. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100409>.
17. R. Apak, M. Özyürek, K. Güçlü, E. Çapano ğlu. Antioxidant activity/capacity measurement. 1. classification, physicochemical principles, mechanisms, and Electron Transfer (ET)-based assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 2023. Vol. 64 (5). P. 997–1027.
18. Bordim J., Lise C. C., Marques C., Oldoni T. C., Varela P., Mitterer-Daltoé M. L. Potential use of naturally colored antioxidants in the food industry – A study of consumers' perception and acceptance. *Journal of Sensory Studies.* 2021. Vol. 36. P. 126–147.

REFERENCES

1. Zhang S., Chen Y., McClements, D. J., Hou T., Geng F. et al. (2023), Composition, processing, and quality control of whole flaxseed products used to fortify foods, *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, vol. 22, p. 587–614.
2. Noreen S., Tufail T., Bader Ul Ain H., Ali A., Aadil, R. M. et al. (2023), Antioxidant activity and phytochemical analysis of fennel seeds and flaxseed, *Food Sci. Nutr.*, vol. 11, p. 1309–1317.
3. Qiu C., Wang H., Guo Y., Long S. and Wang Y. (2020), Comparison of fatty acid composition, phytochemical profile and antioxidant activity in four flax (*Linum usitatissimum* L.) varieties, *Oil Crop Sci.*, vol. 5, p. 136–141.
4. Waszkowiak K. and Gliszczyńska-Świągło A. (2016), Binary ethanol–water solvents affect phenolic profile and antioxidant capacity of flaxseed extracts, *Eur. Food Res. Technol.*, vol. 242, p. 777–786.
5. Slavova-Kazakova A., Karamać M., Kancheva V. and Amarowicz R. (2015), Antioxidant activity of flaxseed extracts in lipid systems, *Molecules*, vol. 21, p. 17.
6. Nikoleta Lugonja and Dalibor Stanković (2025), Eco-Friendly Voltammetric Techniques for Assessing Antioxidant Properties in Dietary Supplements, *Compounds*, vol. 5 (4), p. 51. <https://doi.org/10.3390/compounds5040051>.
7. Pruteanu, L. L., Bailey, D. S. and Grădinaru, A. C., Jäntschi L. (2023), The Biochemistry and Effectiveness of Antioxidants in Food, Fruits, and Marine Algae, *Antioxidants*, vol. 12, p. 860.
8. Mishra K., Ojha H. and Chaudhury, N. K. (2012), Estimation of antiradical properties of antioxidants using DPPH assay: A critical review and results, *Food Chem.*, vol. 130, p. 1036–1043.
9. Irina Georgiana Munteanu and Constantin Apetrei (2021), Analytical Methods Used in Determining Antioxidant, *Int. J. Mol. Sci.*, vol. 22 (7), p. 3380. <https://doi.org/10.3390/ijms22073380>.
10. Shahidi F. and Zhong Y. (2015), Measurement of antioxidant activity, *J. Funct. Foods*, vol. 18, p. 757–781.
11. Ruiyi Zhang, Ashna Khan, Jaspreet Singh and Lovedeep Kaur (2025), Phlorotannins from New Zealand brown seaweeds: Extraction, antioxidant activity, and food applications, *Food Chemistry Advances*, vol. 9, p. 101–114. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2025.101144>.

12. Asiye Ahmadi-Dastgerdi, Neda Fallah, Maryam Zokaie and Majid Gholami-Ahangaran (2022), The Role of Thyme (*Zataria multiflora* Boiss) Essential Oil as Natural Antioxidant on the Lipid Oxidation in Mayonnaise, *Journal of Food Quality*, vol. 26 (3), p. 366–380.

13. Pricila Veiga-Santos, Karina de Jesus Antonio, Carolina Toledo Santos, Amanda Alves Arruda, Larissa Bindo de Barros and Larissa Tulio Gonçalves (2024), Pomace-Cassava as Antioxidant Bio-Based Coating Polymers for Cheeses, *Polysaccharides*, vol. 3 (2), p. 380–387. <https://doi.org/10.3390/polysaccharides3020022>.

14. Christian Vallejo-Torres, Mario Estévez and Sandra Martínez (2023), The prooxidant action of high-oxygen MAP on beef patties can be counterbalanced by antioxidant compounds from common hawthorn and rose hips, *Meat Science*, vol. 2, p. 701–714. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109282>.

15. Ju Shen, Min Zhang, Linlin Zhao, Arun S. Mujumdar and Haixiang Wang (2024), Schemes for enhanced antioxidant stability in frying meat:

a review of frying process using single oil and blended oils, *Food Science and Nutrition*, vol. 3 (1), p. 591–603. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.2019672>.

16. Jéssica Bordim, Caroline Marques, Matheus A. Calegari, Tatiane L. C. Oldoni and Marina L. Mitterer-Daltoé (2023), Potential effect of naturally colored antioxidants from *Moringa oleifera*, propolis, and grape pomace – Evaluation of color and shelf life of chicken paté, *Food Chemistry Advances*, vol. 3, p. 301–307. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100409>.

17. Apak R., Özyürek M., Güçlü K. and Çapanoğlu E. (2023), Antioxidant activity/capacity measurement. 1. classification, physicochemical principles, mechanisms, and Electron Transfer (ET)-based assays, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 64 (5), p. 997–1027.

18. Bordim J., Lise, C. C., Marques C., Oldoni, T. C., Varela P. and Mitterer-Daltoé, M. L. (2021), Potential use of naturally colored antioxidants in the food industry – A study of consumers' perception and acceptance, *Journal of Sensory Studies*, vol. 36, p. 126–147.

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)



Дата першого надходження статті до видання: 20.02.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 17.03.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 08.05.2026

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ЕКСПЕРТИЗИ, РЕГУЛЮВАННЯ ТА БЕЗПЕКИ ГОСПОДАРСЬКИХ СИСТЕМ

УДК 343.98:339.13

Попович Н. І.,

popovych.n1988@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-4407-105X,
Researcher ID: F-7230-2019,

*к.т.н., доц., доцент кафедри товарознавства, митної справи та управління якістю,
Львівський торгово-економічний університет, м. Львів*

Яровий О. Д.,

ak_2483@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-4407-105X,
Researcher ID: F-7230-2019,

*провідний судовий експерт, Інститут спеціальної техніки та судових експертиз
Служби безпеки України, м. Київ*

Лопашчук І. А.,

i.lorashchuk@chnu.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-9934-6607,
Researcher ID: AFX-9677-2022,

*к.е.н., доц., доцент кафедри бізнесу і управління персоналом,
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, м. Чернівці*

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ СУДОВОЇ ТОВАРОЗНАВЧОЇ ЕКСПЕРТИЗИ: ТЕОРЕТИЧНІ ПІДХОДИ ТА ПРАКТИЧНІ РІШЕННЯ

Анотація. В умовах стрімких змін економічного середовища, технологічного прогресу, цифровізації та європейської інтеграції, судова товарознавча експертиза в Україні стикається з низкою складних проблем, які потребують системного аналізу та пошуку ефективних рішень. У статті здійснено комплексний аналіз сучасних проблем судової товарознавчої експертизи як важливої складової судово-експертної діяльності. Досліджено нормативно-правові засади функціонування експертних установ, методичне забезпечення, рівень професійної підготовки та кваліфікації експертів, а також технічне оснащення лабораторій. Особливу увагу приділено викликам, що постають у контексті цифровізації судочинства, європейської інтеграції, воєнного стану та розвитку новітніх технологій, які суттєво впливають на якість та достовірність експертних висновків. У роботі окреслено ключові проблеми галузі: відсутність єдиної методичної бази та узгоджених стандартів, дефіцит вузькоспеціалізованих кадрів, обмежений доступ до актуальної ринкової інформації, неузгодженість нормативних актів, недостатнє фінансування та високий рівень навантаження на експертні установи. Показано, що ці проблеми мають як об'єктивний характер (економічна нестабільність, динаміка ринку, технологічний прогрес), так і суб'єктивний (кваліфікація експертів, застарілі методики, організаційні недоліки). Запропоновано напрями вдосконалення судово-експертної діяльності у сфері товарознавства: гармонізацію національного законодавства з міжнародними стандартами, створення єдиної методичної бази та електронних реєстрів експертних висновків, впровадження сучасних інформаційних технологій та автоматизованих систем аналізу даних, розвиток системи безперервного професійного навчання та підвищення кваліфікації експертів. Відзначено важливість інтеграції європейського досвіду, прозорі системи атестації, декларування конфлікту інтересів та забезпечення незалежності експертів. Таким чином, дослідження має практичне значення для вдосконалення судово-експертної діяльності в Україні, підвищення її ефективності, прозорості та відповідності міжнародним стандартам, що є особливо актуальним у сучасних умовах трансформації правосуддя.

Ключові слова: судово-експертна діяльність, судова товарознавча експертиза, експерт, нормативно-правове регулювання.

Popovych N. I.,

popovych.n1988@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-4407-105X,

Researcher ID: F-7230-2019,

Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Commodity Science, Customs Affairs and Quality Management, Lviv University of Trade and Economics, Lviv

Yaroyvi O. D.,

ak_2483@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-4407-105X,

Researcher ID: F-7230-2019,

Leading Forensic Expert at the Institute of Special Equipment and Forensic Expertise of the Security Service of Ukraine, Kyiv

Lopashchuk I. A.,

i.lopushchuk@chnu.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-9934-6607,

Researcher ID: AFX-9677-2022,

Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Business and Human Resource Management, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi

CURRENT PROBLEMS OF FORENSIC COMMODITY EXPERTISE: THEORETICAL APPROACHES AND PRACTICAL SOLUTIONS

Abstract. *In the context of rapid changes in the economic environment, technological progress, digitalization, and European integration, forensic commodity expertise in Ukraine is faced with a number of complex problems that require systematic analysis and the search for effective solutions. The article provides a comprehensive analysis of modern problems of forensic commodity expertise as an important component of forensic expertise. The regulatory and legal principles of the functioning of expert institutions, methodological support, the level of professional training and qualifications of experts, as well as the technical equipment of laboratories are studied. Particular attention is paid to the challenges that arise in the context of the digitalization of judicial proceedings, European integration, martial law and the development of new technologies, which significantly affect the quality and reliability of expert opinions. The article outlines the key problems of the industry: the lack of a single methodological base and agreed standards, a shortage of highly specialized personnel, limited access to current market information, inconsistency of regulatory acts, insufficient funding and a high level of workload on expert institutions. It is shown that these problems are both objective in nature (economic instability, market dynamics, technological progress) and subjective (expert qualifications, outdated methods, organizational shortcomings). The directions for improving forensic expertise in the field of commodity science are proposed: harmonization of national legislation with international standards, creation of a single methodological base and electronic registers of expert opinions, introduction of modern information technologies and automated data analysis systems, development of a system of continuous professional training and advanced training of experts. The importance of integrating European experience, a transparent certification system, declaring conflicts of interest and ensuring the independence of experts is noted. Thus, the study has practical significance for improving forensic expertise in Ukraine, increasing its efficiency, transparency and compliance with international standards, which is especially relevant in the current conditions of justice transformation.*

Key words: forensic expertise, forensic commodity science, expert, normative and legal regulation.

JEL Classification: L15

DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2026-45-13>

Постановка проблеми. Судова товарознавча експертиза є невід'ємною складовою сучасного правосуддя, забезпечуючи об'єктивність, наукову обґрунтованість і достовірність доказів у кримінальних, цивільних, господарських та адміністративних справах. В умовах стрімких змін економічного

середовища, технологічного прогресу, цифровізації та європейської інтеграції, ця галузь стикається з низкою складних проблем, які потребують системного аналізу та пошуку ефективних рішень.

Актуальність дослідження зумовлена не лише зростанням кількості експертиз, а й підвищенням

вимог до їх якості, прозорості, відповідності міжнародним стандартам та адаптації до нових викликів, таких як воєнний стан, розвиток штучного інтелекту, цифрова трансформація судочинства тощо.

Відомо, що судова товарознавча експертиза – це дослідження товарів, обладнання, сировини з метою визначення їх якості, вартості, відповідності нормативним документам, а також встановлення фактів, що мають значення для справи. Зокрема, дана експертиза охоплює широкий спектр об'єктів: від споживчих товарів до складного промислового обладнання, медичних виробів, цифрових носіїв інформації та об'єктів альтернативної енергетики.

Серед основних завдань експертизи – ідентифікація товару, визначення його ринкової вартості, аналіз якісних змін, встановлення причин дефектів, оцінка відповідності нормативним вимогам, розрахунок матеріальних збитків тощо. Однак, на практиці експерти стикаються з низкою проблем, які ускладнюють проведення об'єктивного та повного дослідження, зокрема: відсутність єдиної методичної бази та узгоджених стандартів; недостатній рівень технічного оснащення лабораторій; дефіцит вузькоспеціалізованих експертів; обмежений доступ до актуальної ринкової інформації; відсутність єдиного реєстру експертних висновків; високе навантаження та недостатнє фінансування експертних установ та ін. Ці проблеми мають як об'єктивний (економічна нестабільність, динаміка ринку, технологічний прогрес та ін.), так і суб'єктивний (кваліфікація експертів, застарілі методики, організаційні недоліки та ін.) характер [1; 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Формування та еволюція теоретичних і методологічних засад товарознавчої експертизи, а також її окремого напрямку – судової товарознавчої експертизи – відбувалися завдяки ґрунтовним науковим дослідженням і практичним напрацюванням провідних учених та фахівців галузі судової експертизи. Значний внесок у розробку концептуальних положень і методичних підходів здійснили Артюх Т. М., Ємченко І. В., Желавська О. О., Коломієць Т. М., Кунділовська Т. А., Лозовий А. І., Михальський О. О., Павленко О. В., Притульська Н. В., Холодова О. Ю., Хомів О. В. та ін.

Праці згаданих вище вчених стали основою для формування сучасних підходів до класифікації, оцінки та ідентифікації товарів, а також для розробки методології судово-експертних

досліджень, що враховують як економічні, так і правові аспекти. Завдяки цим дослідженням було закладено фундамент для подальшого розвитку галузі, інтеграції міжнародних стандартів та вдосконалення практики застосування експертних висновків у судових провадженнях.

Постановка завдання. Метою даного дослідження є комплексний аналіз сучасних проблем судової товарознавчої експертизи, зокрема у сферах нормативно-правового регулювання, методичного забезпечення, кваліфікації експертів, технічного оснащення, впливу цифровізації та міжнародних стандартів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Нормативно-правове регулювання судової товарознавчої експертизи в Україні є досить розгалуженим, але часто неузгодженим. Провідну роль у даному регулюванні відіграє Закон України «Про судову експертизу» (№ 4038-ХІІ) [1], який визначає правові, організаційні та фінансові засади експертної діяльності, принципи законності, незалежності, об'єктивності та повноти дослідження. Даний документ передбачає: гарантії незалежності експерта та правильності його висновку; вимоги до кваліфікації, атестації та підвищення кваліфікації експертів; відповідальність експерта за дачу неправдивого висновку; порядок фінансування експертиз; можливість міжнародного співробітництва та залучення іноземних фахівців; тощо. Крім основного закону, діяльність регулюється процесуальними кодексами (КПК, ЦПК, ГПК, КАС), спеціальними законами, постановами Кабінету Міністрів, наказами Мін'юсту, стандартами та методичними рекомендаціями [3-4].

Попри наявність широкої нормативної бази, існують такі основні проблеми: відсутність єдиного базового закону, який би враховував вимоги та стандарти ЄС; неузгодженість між різними нормативними актами, що ускладнює практичне застосування; недостатня деталізація процедур акредитації, контролю якості, рецензування висновків; відсутність чітких механізмів захисту незалежності експерта, особливо у випадках адміністративного чи політичного тиску.

Аналіз Європейського досвіду свідчить про доцільність гармонізації національного законодавства з міжнародними стандартами, впровадження єдиних підходів до статусу експерта, прозорості системи атестації, декларування конфлікту інтересів, прозорості оплати праці та ефективного судового контролю.

Слід відзначити, що методичне забезпечення є фундаментом для забезпечення об'єктивності, відтворюваності та достовірності експертних висновків. В Україні діє державний реєстр методик проведення судових експертиз, який постійно оновлюється та містить інформацію про види експертиз, розробників, рік створення, відомості про державну реєстрацію. Проте, на практиці існує значна кількість методик, які не завжди узгоджені між собою, часто застарілі або не враховують специфіку нових об'єктів дослідження (наприклад, альтернативні джерела енергетики, цифрові носії, сучасне медичне обладнання та ін.) [2: 5].

До основних проблем методичного забезпечення можна віднести: відсутність єдиної методичної бази для всіх видів товарознавчих експертиз; застарілість окремих методик, невідповідність сучасним технологіям; недостатня кількість методичних рекомендацій щодо нових об'єктів (наприклад, класифікація медичного обладнання, цифрові носії та ін.); відсутність електронних баз даних з інформацією про товари, обладнання, ринкову вартість, технічні характеристики [11].

Для вирішення таких проблем рекомендованими є розробка та затвердження єдиної методичної бази, створення електронного реєстру експертних висновків та методик, впровадження сучасних інформаційних технологій, електронних баз даних, автоматизованих систем пошуку та аналізу інформації, регулярне оновлення методик з урахуванням міжнародних стандартів та новітніх технологій тощо.

Згідно із зазначеним вище законом, судовими експертами можуть бути особи з відповідною вищою освітою, які пройшли спеціальну підготовку, стажування та отримали кваліфікацію судового експерта з певної спеціальності. Атестація проводиться експертно-кваліфікаційною комісією шляхом іспиту, а свідоцтво про присвоєння кваліфікації є безстроковим, проте підвищення кваліфікації здійснюється кожні три роки. Слід відзначити, що професійна підготовка включає теоретичне навчання (у закладах з ліцензією на освітню діяльність) та стажування у державних спеціалізованих установах. Програми підготовки охоплюють як загальні, так і спеціалізовані питання судової експертизи. Проте, існує ряд проблем кваліфікації та підготовки судових експертів, зокрема: відсутність системи безперервного професійного розвитку: недостатня кількість вузькоспеціалізованих експертів (наприклад,

у сфері медичного обладнання, ІТ-техніки, енергетики): відсутність єдиних стандартів підготовки та сертифікації для приватних експертів; висока вартість підготовки та стажування для фахівців, які не є працівниками державних установ; недостатня практична орієнтація навчання, брак симуляцій, кейс-методів, стажувань у реальних умовах.

З метою покращення підготовки експертів доцільним вважаємо запровадження: системи безперервного професійного розвитку, регулярних тренінгів, стажувань, участі у міжнародних програмах; розробка єдиних стандартів підготовки та сертифікації для всіх експертів, незалежно від форми власності; підвищення практичної складової навчання, впровадження симуляцій, кейс-методів, стажувань у провідних лабораторіях; підтримка професійних асоціацій експертів, створення спільнот для обміну досвідом та підвищення кваліфікації.

Апріорі, сучасна судова товарознавча експертиза неможлива без використання високотехнологічного обладнання, інструментальних методів дослідження, автоматизованих систем аналізу. Однак, багато експертних установ не мають достатнього технічного оснащення, що обмежує можливості використання сучасних методів (наприклад, спектроскопія, хроматографія, 3D-сканування, комп'ютерна томографія). Зокрема, в останні роки активно впроваджуються такі інструментальні методи: раман-спектроскопія для дослідження складу барвників, чорнил, матеріалів; газова хроматографія для визначення давності документів; 3D-сканування, 3D-моделювання для аналізу об'єктів, реконструкції подій; автоматизовані системи для аналізу куль, гільз, відбитків, цифрових носіїв; комп'ютерна томографія для дослідження ушкоджень без руйнування об'єкта та ін.

Одним із найскладніших завдань судової товарознавчої експертизи є оцінка вартості майна, під час проведення якої експерти також зустрічаються я із такими проблемами як (табл. 1): відсутність або недостатність інформації про об'єкт оцінки; обмежений доступ до ринку аналогічних товарів; нестабільність економічної ситуації, що ускладнює прогнозування цін; відсутність єдиних підходів до оцінки вартості окремих категорій майна; використання застарілих методик оцінки, суб'єктивізм експертів та ін..

Однак, проблема недостатнього фінансування та оновлення обладнання, відсутності

Таблиця 1

Основні проблеми та шляхи їх вирішення під час проведення оцінки вартості майна

Проблема	Суть	Можливі шляхи вирішення
Відсутність або недостатність інформації	Дані про об'єкт оцінки неповні чи недоступні	Використання баз даних, архівів, цифрових реєстрів
Обмежений доступ до ринку аналогів	Відсутність товарів для порівняння	Моделювання вартості, застосування міжнародних ринкових даних
Нестабільність економічної ситуації	Коливання цін ускладнює прогнозування	Використання сценарного аналізу, індексація вартості
Відсутність єдиних підходів	Різні методики для різних категорій майна	Розробка стандартів та уніфікація методик
Використання застарілих методик	Методи не враховують сучасні ринкові умови	Впровадження математичних моделей та IT-рішень
Суб'єктивізм експертів	Висновки залежать від особистого досвіду	Автоматизація процесів, використання алгоритмів
Оцінка «унікальних» товарів	Відсутні прямі аналоги (альтернативна енергетика, цифрові носії)	Індивідуальні моделі оцінки, експертні панелі

Джерело: складено автором

уніфікованих стандартів оснащення лабораторій; недостатня кількість кваліфікованих фахівців для роботи з новітньою технікою; необхідність акредитації лабораторій за міжнародними стандартами (ISO/IEC 17025) для підвищення довіри до результатів досліджень залишається актуальною. В свою чергу, важливим є відзначити те, що впровадження сучасних інструментальних методів підвищує точність, об'єктивність, відтворюваність експертних висновків, сприяє інтеграції у європейський та світовий експертний простір.

Слід відзначити, що впровадження методів моделювання вартості дозволяє створювати математичні моделі, які враховують вплив різних факторів на вартість об'єкта, що підвищує рівень об'єктивності, відтворюваності, зменшує вплив суб'єктивного чинника, враховує динаміку ринку. Прикладом є оцінка вартості медичного обладнання, пошкодженого внаслідок надзвичайної ситуації, коли модель враховує первісну вартість, ступінь фізичного зносу, вартість ремонту, ринкову вартість аналогів. Для визначення ринкової вартості застосовуються різні методи: порівняльний, дохідний, витратний. Важливо враховувати ступінь зносу, дефекти, умови експлуатації, ринкову кон'юнктуру. Особливу складність становить оцінка об'єктів альтернативної енергетики, цифрових носіїв, унікальних товарів, для яких відсутні прямі аналоги на ринку.

Ще одним практичним прикладом є проблема класифікації медичного обладнання, що є дуже важливою для вибору методики дослідження,

визначення ринкової вартості, відповідності нормативно-правовим актам, зокрема: відсутність єдиного класифікатора медичних виробів, що враховує специфіку судово-експертної діяльності; складність ідентифікації обладнання за відсутності технічної документації або маркування; швидкий розвиток медичних технологій, поява нових видів обладнання, не охоплених чинними класифікаторами тощо (рис. 1).

Окремими вагомими практичними прикладами проблеми проведення оцінки є: оцінка вартості сонячної електростанції з урахуванням ступеня зносу, пошкоджень, ринкової кон'юнктури, аналізу цін на аналогічні об'єкти; встановлення причин зниження продуктивності обладнання, аналіз дефектів, визначення залишкової вартості; дослідження цифрових носіїв інформації, ідентифікація типу, характеристик, визначення ринкової вартості, аналіз автентичності та цілісності даних тощо.

Аналізуючи конкретні приклади та джерела інформації, у таблиці 2 сформульовано основні проблеми судово-експертної діяльності, що часто зустрічаються у практичній діяльності експертів [11].

Аналіз наведених проблем свідчить, що в цілому сучасна судово-експертна діяльність в Україні перебуває на етапі пошуку балансу між процесуальною ефективністю та дотриманням принципів незалежності й професійної етики. Відсутність чітких критеріїв призначення експертів, недостатня деталізація питань та дублювання досліджень призводять до затягування



Рис. 1. Проблеми проведення оцінки медичного обладнання

Таблиця 2

Проблеми судово-експертної діяльності та практичні приклади

Категорія	Проблема	Практичний приклад	Можливі рішення
Призначення експертів	Відсутність чітких критеріїв	У цивільній справі про пошкодження обладнання суд не визначив, чи потрібна технічна чи товарознавча експертиза	Розробка методичних рекомендацій для судів
	Недостатня деталізація питань	У справі про якість товару експерту поставлено загальне питання: «Чи якісний товар?» без уточнення параметрів	Формування шаблонів питань для різних типів експертів
	Дублювання експертиз, суперечливі висновки	У кримінальній справі проведено дві експертизи з різними висновками щодо вартості майна	Впровадження механізму узгодження висновків та рецензування
	Відсутність реєстру експертних висновків	Неможливо перевірити, чи вже проводилась аналогічна експертиза в іншій справі	Створення національного реєстру експертних висновків
Етика та незалежність	Відсутність механізмів захисту експерта	Експерт відмовився від участі через тиск з боку сторін	Запровадження інституту захисту експертів
	Відсутність єдиного етичного кодексу	Експерти керуються різними внутрішніми положеннями	Розробка загального кодексу професійної етики
	Конфлікт інтересів	Експерт, залучений стороною, має комерційні зв'язки з постачальником обладнання	Вимога декларування конфлікту інтересів
	Низька оплата праці	Експерти відмовляються від складних справ через нерентабельність	Перегляд системи оплати та соціального забезпечення

Джерело: складено автором

строків проваджень і суперечливих висновків, що негативно впливає на якість правосуддя. Не менш значущими є виклики, пов'язані з етикою та незалежністю експертів: відсутність єдиного етичного кодексу, ризики конфлікту інтересів та низький рівень матеріального забезпечення створюють умови для потенційного тиску та зниження довіри до експертних висновків [11].

У країнах ЄС судово-експертна діяльність добре врегульована, функціонує система акредитації, сертифікації, контролю якості. Важливу роль відіграють такі організації, як Європейська мережа судово-експертних установ (ENFSI), Європол, Євроюст. Гармонізація стандартів сприяє взаємному визнанню висновків, полегшує міжнародне співробітництво, підвищує довіру до

експертних досліджень. Зокрема, саме інтеграція України у європейський простір судово-експертної діяльності вимагає гармонізації національних стандартів з міжнародними (ISO/IEC 17025, EFSA 2.0, ENFSI).

У таблиці 3 відображено, що Німеччина та Польща мають більш усталені системи атестації та етичного контролю, тоді як в Україні ще існують виклики, пов'язані з незалежністю та фінансуванням [11].

Практичні приклади, наведені у таблиці, демонструють реальні проблемні ситуації, які виникають в цілому у судовій практиці, та окреслюють можливі шляхи їх вирішення – від створення національного реєстру експертних висновків і методичних рекомендацій для судів до запровадження інституту захисту експертів та перегляду системи оплати праці. Як наслідок, системне реформування судово-експертної діяльності має ґрунтуватися на трьох ключових засадах: уніфікація процесуальних процедур, зміцнення етичних стандартів та підвищення соціально-економічних гарантій експертів. Лише

комплексне впровадження цих заходів дозволить забезпечити об'єктивність, незалежність і високий професійний рівень експертних досліджень, що є необхідною умовою справедливого правосуддя.

Важливим сучасним фактором впливу в цілому на судово-експертну діяльність є її цифровізація, що у свою чергу є частиною ширшого процесу цифровізації юстиції (digital justice) та передбачає впровадження інформаційно-комунікаційних технологій для підвищення доступності, ефективності, прозорості судових процесів. Ключовим елементом цифровізації є інтеграція експертної діяльності з Єдиною судовою інформаційно-телекомунікаційною системою (ЄСІТС). Цифровізація судово-експертної діяльності забезпечує підвищення ефективності та об'єктивності досліджень. Автоматизація документообігу, обробки зображень, аудіо- та відеозаписів, а також фінансових транзакцій дозволяє значно скоротити час виконання експертиз і мінімізувати ризики людських помилок. Використання спеціалізованого програмного забезпечення для

Таблиця 3

Порівняння регулювання судово-експертної діяльності

Країна	Система атестації та реєстрації	Фінансування експертиз	Етичні стандарти та незалежність	Практичний приклад
Німеччина	Експерти реєструються у спеціальних палатах при судах; існує система державної сертифікації ("öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger" – публічно призначений і присяжний експерт).	У кримінальних справах – за рахунок держави; у цивільних – витрати покладаються на сторони.	Високі стандарти незалежності; сувора відповідальність за неправдиві висновки; обов'язкове декларування конфлікту інтересів.	У справах щодо медичного обладнання суд призначає експерта з офіційного реєстру, що гарантує його кваліфікацію та неупередженість.
Польща	Експерти включаються до офіційного списку судових експертів при воеводських судах; атестація здійснюється Міністерством юстиції.	Кримінальні провадження фінансуються державою; у цивільних – витрати покладаються на замовника.	Кодекс професійної етики; сувора заборона втручання у діяльність експерта; можливість дисциплінарної відповідальності.	У господарських спорах щодо вартості обладнання суд залучає експерта зі списку при воеводському суді.
Україна	Атестація здійснюється Міністерством юстиції; експерти включаються до державного реєстру судових експертів.	Кримінальні експертизи фінансуються державою; цивільні та господарські – за рахунок сторін. Вартість експертогодина щороку коригується (у 2025 р. – 424,08 грн).	Законодавство гарантує незалежність, але існують проблеми із захистом від адміністративного чи політичного тиску; відсутній єдиний кодекс етики.	У справах про відшкодування збитків експертиза проводиться за рахунок позивача, що може впливати на доступність послуг.

Джерело: складено автором

аналізу даних сприяє формуванню більш структурованої звітності та підготовці попередніх висновків, що підвищує рівень відтворюваності результатів. Зокрема, важливим напрямом є створення та наповнення спеціалізованих баз даних, які охоплюють відбитки пальців, ДНК-профілі, реєстри зброї та банківські дані про товари. Такі ресурси забезпечують експертам оперативний доступ до нормативної, ринкової та технічної інформації, що значно розширює можливості для комплексного аналізу. Додатковим інструментом стає впровадження автоматизованих систем призначення експертиз, обліку навантаження та контролю якості, що сприяє оптимізації процесів і підвищенню прозорості судової практики.

Разом із тим цифровізація супроводжується низкою викликів. Найбільш критичними є питання захисту інформації та кібербезпеки, адже витік або маніпуляція даними може поставити під сумнів достовірність експертних висновків. Не менш важливим є завдання інтеграції нових систем із чинними державними реєстрами, що потребує узгодження технічних стандартів та правових норм. Викликом залишається й адаптація персоналу до нових технологій, адже ефективність цифрових рішень залежить від рівня підготовки та готовності експертів працювати в оновленому середовищі.

Слід відзначити, що штучний інтелект (ШІ) дедалі активніше інтегрується у сферу судово-експертних досліджень, даючи нові можливості для аналізу та інтерпретації даних. Його застосування дозволяє працювати з великими масивами інформації, виявляти приховані закономірності та формувати більш точні висновки. Завдяки алгоритмам машинного навчання стає можливою автоматизована класифікація об'єктів, зокрема взуття, цифрових носіїв чи інших матеріальних доказів. Інтелектуальні системи активно використовуються у сфері біометрії, візуальної аналітики, розпізнавання облич, голосу та почерку, що значно підвищує рівень об'єктивності, відтворюваності та оперативності експертних висновків [11].

Разом із тим, потенціал ШІ має суттєві обмеження. Алгоритми не здатні враховувати всі нюанси та контекст конкретної справи, що потребує участі людини-експерта для інтерпретації результатів. Існує ризик упередженості через недосконалість алгоритмів та обмеженість навчальних даних, що може призвести до помилкових висновків. Додатково виникають питання допустимості та достовірності використання

ШІ-генерованих доказів у суді, адже їх прозорість та етичність залишаються дискусійними. Відсутність чітких правових і етичних стандартів застосування ШІ у судочинстві створює правову невизначеність і може впливати на легітимність експертних висновків [11].

Таким чином, штучний інтелект має значний потенціал для оптимізації судово-експертної діяльності, проте його використання повинно супроводжуватися розробкою нормативних рамок, етичних кодексів та механізмів контролю. Лише поєднання технологічних інновацій із професійною компетентністю експертів здатне забезпечити баланс між ефективністю та достовірністю результатів у судовій практиці. Зокрема, судова практика України визнає ШІ допоміжним інструментом, але не джерелом достовірної науково доведеної інформації. Рішення мають ухвалюватися суддями, а не технологіями. Технології повинні поважати автономію суду, не підмінити критичне мислення та професійну інтуїцію експерта. Європейські стандарти (EFSA 2.0, ENFSI) передбачають активне впровадження ШІ, але з обов'язковим дотриманням принципів прозорості, підзвітності, етичності, захисту прав людини, верховенства права.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Судова товарознавча експертиза в Україні перебуває на етапі глибокої трансформації, зумовленої як внутрішніми викликами (економічна нестабільність, воєнний стан, технологічний прогрес), так і зовнішніми імперативами (європейська інтеграція, впровадження міжнародних стандартів, цифровізація судочинства). Основними проблемами залишаються неузгодженість нормативної бази, застарілість методик, дефіцит вузькоспеціалізованих експертів, недостатнє технічне оснащення, обмежений доступ до ринкової інформації, відсутність єдиного реєстру експертних висновків, ризики незалежності та етики, недостатнє фінансування.

Водночас, впровадження сучасних інструментальних методів, цифрових технологій, штучного інтелекту, акредитація лабораторій за міжнародними стандартами, розвиток міжвідомчої та міжнародної співпраці відкривають нові можливості для підвищення якості, об'єктивності, прозорості експертних досліджень. Основними напрямками вдосконалення є гармонізація законодавства з європейськими стандартами, створення єдиної методичної бази, підвищення кваліфікації експертів, оновлення технічного оснащення,

впровадження систем управління якістю, розвиток цифрової інфраструктури, забезпечення незалежності та етики експертної діяльності.

Реалізація цих рекомендацій дозволить підвищити довіру до судової експертизи, забезпечити ефективний захист прав громадян, сприяти інтеграції України у європейський правовий простір та зміцнити інститут правосуддя як фундамент демократичного суспільства.

Перспективою подальших досліджень є: уніфікація методик – розробка та впровадження єдиних стандартів оцінювання якості та автентичності товарів, що забезпечить порівнюваність результатів експертиз у різних регіонах та країнах; цифровізація експертної діяльності – використання штучного інтелекту, машинного навчання та спеціалізованих баз даних для автоматизації процесів і підвищення точності висновків; міжнародна гармонізація – дослідження можливостей інтеграції українських методик у систему міжнародних стандартів, що сприятиме взаємному визнанню експертних висновків у транскордонних справах; оцінка нових категорій товарів – вивчення специфіки експертизи інноваційних продуктів (біотехнологічних, цифрових, екологічно сертифікованих), які дедалі частіше стають предметом судових спорів; етичні та правові аспекти – аналіз функції експерта як незалежного арбітра, розробка механізмів запобігання конфлікту інтересів та забезпечення прозорості експертних процедур; освітній та кадровий потенціал – формування сучасних програм підготовки експертів, що враховують міждисциплінарність товарознавства, правознавства та інформаційних технологій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про судову експертизу : Закон України від 25.02.1994 № 4038 XII. База даних «Законодавство України». *Верховна Рада України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4038-12#Text>.

2. Інструкції про призначення та проведення судових експертиз та експертних досліджень та Науково-методичних рекомендацій з питань підготовки та призначення судових експертиз та експертних досліджень: затверджені Наказом Міністерства юстиції України від 08.10.1998 № 53/5. База даних «Законодавство України». *Верховна Рада України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0705-98/conv#Text>.

3. Кримінальний процесуальний кодекс України: Закон України від 13.04.2012 № 4651-VI. База даних «Законодавство України». *Верховна Рада України*. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4651_17#Text.

4. Цивільний процесуальний кодекс України: Закон України від 18.03.2004 № 1618-IV. База даних «Законодавство України». *Верховна Рада України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1618-15#Text>.

5. Інструкції з організації проведення та оформлення експертних проваджень у підрозділах Експертної служби Міністерства внутрішніх справ України: затверджена Наказом Міністерства внутрішніх справ України від 17.07.2017 № 591. База даних «Законодавство України». *Верховна Рада України*. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1024_17/conv#Text.

6. Положення про Міністерство юстиції України: затверджене Постановою Кабінету Міністрів України від 02.07.2014 № 228. База даних «Законодавство України». *Верховна Рада України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/228-2014-%D0%BF#Text>.

7. Пілюков Ю. О. Судово-експертна діяльність у сучасному кримінальному процесі. *Актуальні проблеми правознавства*. 2020. № 4 (24). С. 158-163.

8. Про оплату праці працівників на основі Єдиної тарифної сітки розрядів і коефіцієнтів з оплати праці працівників установ, закладів та організацій окремих галузей бюджетної сфери: Постанова Кабінету Міністрів України від 30.08.2002 № 1298. База даних «Законодавство України». *Верховна Рада України*. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1298-2002-%D0%BF/conv#Text>.

9. Der öffentlich bestellte und vereidigte Sachverständige. *Industrie- und Handelskammer für die Pfalz*. URL: <https://www.ihk.de/pfalz/recht/sachverstaendige/oeffentlich-bestellt-vereidigt-sachverstaendige-1274128>.

10. Хамініч С., Мирошниченко В. Використання штучного інтелекту в судовій експертизі: можливості та виклики. *Проблеми теорії та практики судової експертизи з питань інтелектуальної власності («Крайнівські читання»)*: матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції (23 грудня 2024 р., м. Київ); за ред. М. О. Можаяєва. Київ: Видавництво Людмила, 2025. 148 с. С. 92–96.

11. Холодова О. Практичні аспекти використання штучного інтелекту в судовій товарознавчій експертизі: виклики та перспективи. *Судова експертиза*. 2025. № 2. С. 113-117. <https://doi.org/10.32782/forensic.science.2025.2.16>.

REFERENCES

1. Pro sudovu ekspertyzu: Zakonu Ukrainy vid 25.02.1994 № 4038 XII. *Baza danykh "Zakonodavstvo Ukrainy"*. *Verkhovna Rada Ukrainy*, available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4038-12#Text>.

2. Instruktsii pro pryznachennia ta provedennia sudovykh ekspertyz ta ekspertnykh doslidzhen ta Naukovo-metodychnykh rekomendatsii z pytan pidhotovky ta pryznachennia sudovykh ekspertyz ta ekspertnykh doslidzhen: zatverdzeni Nakazom Ministerstva yustytsii Ukrainy vid 08.10.1998 № 53/5. *Baza danykh "Zakonodavstvo Ukrainy". Verkhovna Rada Ukrainy*, available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0705-98/conv#Text>.

3. Kryminalnyi protsesualnyi kodeks Ukrainy: Zakon Ukrainy vid 13.04.2012 № 4651-VI. *Baza danykh "Zakonodavstvo Ukrainy". Verkhovna Rada Ukrainy*, available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4651_17#Text.

4. Tsyvilnyi protsesualnyi kodeks Ukrainy: Zakon Ukrainy vid 18.03.2004 № 1618-IV. *Baza danykh "Zakonodavstvo Ukrainy". Verkhovna Rada Ukrainy*, available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1618-15#Text>.

5. Instruktsii z orhanizatsii provedennia ta oformlennia ekspertnykh provadzen u pidrozdilakh Ekspertnoi sluzhby Ministerstva vnutrishnikh sprav Ukrainy: zatverdzhena Nakazom Ministerstva vnutrishnikh sprav Ukrainy vid 17.07.2017 № 591. *Baza danykh "Zakonodavstvo Ukrainy". Verkhovna Rada Ukrainy*, available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1024_17/conv#Text.

6. Polozhennia pro Ministerstvo yustytsii Ukrainy: zatverdzhene Postanovoioiu Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 02.07.2014 № 228. *Baza danykh "Zakonodavstvo Ukrainy". Verkhovna Rada*

Ukrainy, available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/228-2014-%D0%BF#Text>.


7. Piliukov, Yu. O. (2020), Sudovo-ekspertna diialnist u suchasnomu kryminalnomu protsesi, *Aktualni problemy pravoznavstva*, № 4 (24), s. 158–163.

8. Pro oplatu pratsi pratsivnykiv na osnovi Yedynoi taryfnoi sitky rozriadiv i koefitsientiv z opłaty pratsi pratsivnykiv ustanov, zakladiv ta orhanizatsii okremykh haluzei biudzhetnoi sfery: Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 30.08.2002 № 1298. *Baza danykh "Zakonodavstvo Ukrainy". Verkhovna Rada Ukrainy*, available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1298-2002-%D0%BF/conv#Text>.

9. Der öffentlich bestellte und vereidigte Sachverständige. *Industrie- und Handelskammer für die Pfalz*, available at: <https://www.ihk.de/pfalz/recht/sachverstaendige/oeffentlich-bestellt-vereidigt-sachverstaendige-1274128>.

10. Khaminich S. and Myroshnychenko V. (2025), Vykorystannia shtuchnoho intelektu v sudovii ekspertyzi: mozhlyvosti ta vyklyky, *Problemy teorii ta praktyky sudovoi ekspertyzy z pytan intelektualnoi vlasnosti ("Krainievski chytannia")* : materialy VIII Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (23 hrudnia 2024 r., m. Kyiv) ; za red. M. O. Mozhaieva, Vydavnytstvo Liudmyla, Kyiv, 148 s., s. 92-96.

11. Kholodova O. (2025), Praktychni aspekty vykorystannia shtuchnoho intelektu v sudovii tovaroznavchii ekspertyzi: vyklyky ta perspektyvy, *Sudova ekspertyza*, № 2, s. 113-117. <https://doi.org/10.32782/forensic.science.2025.2.16>.

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0) 

Дата першого надходження статті до видання: 12.01.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.02.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 08.05.2026

ВІСНИК
ЛЬВІВСЬКОГО ТОРГОВЕЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ

Збірник наукових праць

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

Випуск 45

Літературний редактор – Муравицька Н. О.

Коректор – Мох О. П.

Комп'ютерний макет видавництва

Львівського торговельно-економічного університету

Електронна версія: <http://journals-lute.lviv.ua/index.php/visnyk-tech>

Формат 60×84/8. Гарнітура Times New Roman.

Папір офсетний. Цифровий друк. Обл.-вид. арк. 10,26. Ум. друк. арк. 11,86. Зам. № 0426/378

Дата розміщення онлайн – 08.05.2026 р. Дата друку – 15.05.2026 р.

Наклад 300 прим.

Віддруковано в друк. видавництва Львівського торговельно-економічного університету
79005, м. Львів, вул. Туган-Барановського, 10. Тел. 244-40-19. e-mail drook@ukr.net
Свідоцтво Держкомітету інформаційної політики, телебачення та радіомовлення України
серія ДК № 5149 від 15.07.2016 р.