ПОЛТАВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТОРГІВЛІ

НАУКОВИЙ ВІСНИК

ПОЛТАВСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ ЕКОНОМІКИ І ТОРГІВЛІ

Серія «Технічні науки»

Випуск 2, 2026

Видавничий дім
«Гельветика»
2026

ЧЛЕНИ РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ:

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 (головний редактор)

Антюшко Дмитро Петрович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри товарознавства і фармації, Державний торговельно-економічний університет, Україна

Левченко Юлія Вікторівна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри механічної та електричної інженерії, Полтавський державний аграрний університет, Україна

Тюрікова Інна Станіславівна, доктор технічних наук, професор, Полтавський університет економіки і торгівлі, Україна

Хомич Галина Панасівна, доктор технічних наук, професор, професор кафедри технологій харчових виробництв і ресторанного господарства, Полтавський університет економіки і торгівлі, Україна

Шевченко Анастасія Олександрівна, доктор технічних наук, доцент кафедри технології хлібопекарських і кондитерських виробів, Національний університет харчових технологій, Україна

Анне Гріффін, доктор філософії, асоційований професор, Університет Лімерика, Ірландія

Джована Радулович, PhD, професор, науковий співробітник, Портсмутський університет, Велика Британія

Крусір Галина Всеволодівна, доктор технічних наук, професор, науковий співробітник, Університет прикладних наук і мистецтв Північно-Західної Швейцарії, Швейцарія

Реєстрація суб'єкта у сфері друкованих медіа: Рішення Національної ради України з питань телебачення і радіомовлення № 1555 від 09.05.2024 року. Ідентифікатор медіа: R30-04059.

Суб’єкт у сфері друкованих медіа – Полтавський університет економіки і торгівлі (вул. Банка Івана, буд. 3, м. Полтава, 36003, can@puet.edu.ua, тел. (0532) 50-91-70; (0532) 50-02-22).

Періодичність – 3 рази на рік.

Затверджено відповідно до рішення вченої ради Полтавського університету економіки і торгівлі (від 21.10.2026 року протокол № 2)

Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія «Технічні науки» включено до переліку наукових фахових видань України в галузі технічних наук (категорія «Б») на підставі Наказу МОН України № 928 від 11 червня 2026 року (додаток 10)

Кластер: Промислові і будівельні технології, логістика, транспорт.
Спеціальності: G2 Технології захисту навколишнього середовища; G13 Харчові технології; G15 Технології легкої промисловості. .

Збірник включений до міжнародних наукометричних баз даних: Index Copernicus, Google Scholar

Електронна сторінка видання: www.puet.poltava.ua/index.php/technical
DOI: 10.37734/2518-7171-2026-2

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

ISSN 2518-7171 (print)

© Полтавський університет економіки і торгівлі, 2026
© Оформлення «Видавничий дім «Гельветика», 2026

ЗМІСТ

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

Ю. О. Бобошко
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ PIWI ТА ПОРІВНЯЛЬНИХ СОРТОЗРАЗКІВ ВИНОГРАДУ НА ОСНОВІ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ТА СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК.....**7**

Н. В. Голембовська, Л. В. Баль-Прилипко, І. М. Баль, Р. В. Кононенко, Л. М. Тищенко
ДОСЛІДЖЕННЯ СЕНСОРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЯГІД ЖУРАВЛИНИ МЕТОДОМ ПРОФІЛЮ ФЛЕЙВОРУ.....**15**

Д. С. Леонідов
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ СОРТУ ВИНОГРАДУ СУХОЛИМАНСЬКИЙ БІЛИЙ В УМОВАХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН: СТРУКТУРНО-АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД І КОНЦЕПЦІЯ АДАПТИВНОЇ ВІНІФІКАЦІЇ.....**22**

Ю. А. Мацук, Л. В. Пешук, Г. О. Островська, А. М. Гередчук
УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИСОКОБІЛКОВИХ РИБНО-РОСЛИННИХ ПАСТ.....**33**

О. М. Острик, С. І. Олійник
СУЧАСНИЙ РОЗВИТОК ВИРОБНИЦТВА УКРАЇНСЬКИХ ТРАДИЦІЙНИХ СЛАБОАЛКОГОЛЬНИХ НАПОЇВ.....**43**

А. Д. Салавеліс, С. М. Павловський, С. Л. Колесніченко
ВИКОРИСТАННЯ ХІТОЗАНА ЯК БІОЛОГІЧНО АКТИВНОЇ ДОБАВКИ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ІННОВАЦІЙНИХ КУЛІНАРНИХ ЖЕЛЕ.....**52**

Т. Ю. Суткович
ВИКОРИСТАННЯ ГІПОБАРИЧНИХ УМОВ ПРИ ПОПЕРЕДНІЙ ОБРОБЦІ М'ЯСА СТРАУСА.....**59**

Л. М. Тележенко, А. А. Дубина
СВІТОВІ ТРЕНДИ ТА ВІТЧИЗНЯНИЙ ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ РОСЛИННИХ І ТВАРИННИХ ДЖЕРЕЛ БІЛКА У ФОРМУВАННІ ВІЙСЬКОВИХ РАЦІОНІВ: ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....**64**

G. P. Khomych, A. B. Borodai, I. S. Tyurikova, V. L. Ishchenko, L. Elanidze
USE OF BLACK ELDERBERRY AND WHEY IN BEVERAGE TECHNOLOGY.....**72**

НОВІ РЕСУРСО- ТА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ І ТОРГІВЛІ

Є. О. Калінський, Г. А. Бойко, Д. О. Левченко
АВТОМАТИЗОВАНЕ ВИЗНАЧЕННЯ МОРФОМЕТРИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЛУБОВОЛОКНИСТОЇ СИРОВИНИ ЗА МІКРОЗОБРАЖЕННЯМИ ЗРІЗІВ.....**81**

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

Ю. Г. Змієвський, А. І. Маринін, Р. С. Святненко, Д. В. Гармаш, О. В. Бортнічук
ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РЕЖИМІВ БЕЗПЕРЕРВНОГО ТА ПЕРЕРИВЧАСТОГО РОЗБАВЛЕННЯ ПІД ЧАС ДІАФІЛЬТРАЦІЙНОГО ОЧИЩЕННЯ БУРЯКОВОГО ЕКСТРАКТУ САХАРОЗИ.....**87**

ІННОВАЦІЙНІ ПРОЦЕСИ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

К. В. Костецька, О. П. Герасимчук, Р. С. Грищук, Д. А. Колісник
СЕНСОРНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕЗГЛЮТЕНОВИХ МАКАРОННИХ ВИРОБІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ПОПЕРЕДНЬО КЛЕЙСТЕРИЗОВАНОГО АМАРАНТОВОГО БОРОШНА.....**94**

ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА ТОВАРОЗНАВСТВА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

A. V. Antonenko, A. O. Gorkun, O. B. Lyubenok, D. O. Vysokos, F. M. Talanchuk
FOOD SAFETY CONTROL AND QUALITY MANAGEMENT
IN THE PROCESS OF UKRAINE'S EUROPEAN INTEGRATION..... **99**
Ю. М. Гончар, Я. С. Ваврисевич, В. А. Колодій
ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ БІОЛОГІЧНОЇ ЦІННОСТІ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ
ПРОТЕЇНУ РОСЛИННОГО ТА МІКРОБІОЛОГІЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ..... **108**
А. С. Ткаченко, Я. Б. Пиріг, В. С. Ткаченко
УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕЧНІСТЮ АЛКОГОЛЬНИХ НАПОЇВ
У ПРОЦЕСІ МИТНОГО ОФОРМЛЕННЯ..... **117**
Л. В. Флока, Н. В. Гнітій, З. П. Рачинська
ЕКСПЕРТИЗА ЯКОСТІ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРОБІОТИЧНИХ
КЕФІРІВ НА ПРИКЛАДІ ПРОДУКЦІЇ УКРАЇНСЬКИХ ВИРОБНИКІВ..... **124**

ЯКІСТЬ ПРОДУКЦІЇ ГОТЕЛЬНО-РЕСТОРАННОГО ГОСПОДАРСТВА

N. I. Cherevychna
TECHNOLOGICAL APPROACHES TO THE STABILIZATION OF EMULSION-BASED
ALCOHOLIC BEVERAGES IN MODERN MIXOLOGY..... **130**

CONTENTS

INNOVATIVE FOOD TECHNOLOGIES

Yu. Boboshko
TECHNOLOGICAL POTENTIAL OF PIWI AND COMPARATIVE GRAPE GENOTYPES BASED ON A COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF PHYSICOCHEMICAL AND STRUCTURAL-MECHANICAL CHARACTERISTICS..... **7**
N. Holembovska, L. Bal-Prylipko, I. M. Bal, R. Kononenko, L. Tyshchenko
STUDY OF SENSORY CHARACTERISTICS OF CRANBERRIES USING THE FLAVOR PROFILE METHOD..... **15**
D. Leonidov
TECHNOLOGICAL POTENTIAL OF THE SUKHOLYMANSKYI BILYI GRAPE VARIETY UNDER CLIMATE CHANGE: A STRUCTURED ANALYTICAL REVIEW AND AN ADAPTIVE VINIFICATION CONCEPT..... **22**
Yu. Matsuk, L. Peshuk, H. Ostrovska, A. Heredchuk
IMPROVEMENTS IN THE TECHNOLOGY OF HIGH-PROTEIN FISH-AND-PLANT PASTES.. **33**
O. Ostryk, S. Oliinyk
MODERN DEVELOPMENT OF THE PRODUCTION OF UKRAINIAN TRADITIONAL LOW-ALCOHOLIC BEVERAGES..... **43**
A. Salavelis, S. Pavlovskyi, S. Kolesnichenko
INNOVATIVE DIETARY JELLY WITH BIOSORBENT..... **52**
T. Sutkovych
EFFECT OF HYPOBARIC CONDITIONS DURING THE PRELIMINARY PROCESSING OF OSTRICH MEAT ON ITS FUNCTIONAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES..... **59**
L. Telezhenko, A. Dubyna
WORLD TRENDS AND DOMESTIC EXPERIENCE IN THE USE OF PLANT AND ANIMAL PROTEIN SOURCES IN THE FORMATION OF MILITARY RATIONS: A LITERATURE REVIEW..... **64**
G. Khomych, A. Borodaii, S. Tyurikova, V. Ishchenko, L. Elanidze
USE OF BLACK ELDERBERRY AND WHEY IN BEVERAGE TECHNOLOGY..... **72**

NEW RESOURCE- AND ENERGY-SAVING FOOD AND TRADE TECHNOLOGIES

Ye. Kalinsky, H. Boiko, D. Levchenko
AUTOMATED DETERMINATION OF MORPHOMETRIC INDICATORS OF BAST FIBER RAW MATERIALS FROM CROSS-SECTION MICROIMAGES..... **81**

FOOD PROCESSING EQUIPMENT

Yu. Zmiievskyi, A. Marynin, R. Sviatnenko, D. Harmash, O. Bortnichuk
COMPARATIVE ANALYSIS OF CONTINUOUS AND DISCONTINUOUS DILUTION MODES IN THE DIAFILTRATION PURIFICATION OF SUCROSE-CONTAINING BEET EXTRACT..... **87**

INNOVATION PROCESSES OF FOOD PRODUCTION

K. Kostetska, O. Herasymchuk, R. Hryshchuk, D. Kolisnyk
SENSORY CHARACTERISTICS OF GLUTEN-FREE PASTA USING PRE-GELATINIZED AMARANTH FLOUR..... **94**

THEORY AND PRACTICE OF FOOD SCIENCE

A. Antonenko, A. Gorkun, O. Lyubenok, D. Vysokos, F. Talanchuk
FOOD SAFETY CONTROL AND QUALITY MANAGEMENT IN THE PROCESS OF UKRAINE'S EUROPEAN INTEGRATION..... **99**
Yu. Honchar, Ya. Vavrysevych, V. Kolodii
COMPARATIVE ANALYSIS OF THE BIOLOGICAL VALUE OF ALTERNATIVE PLANT- AND MICROBIOLOGICAL-BASED PROTEIN SOURCES..... **108**

A. Tkachenko, Ya. Pyrih, V. Tkachenko
SAFETY MANAGEMENT OF ALCOHOLIC BEVERAGES DURING CUSTOMS CLEARANCE.....**117**
L. Floka, N. Hnitii, Z. Rachynska
EXPERTISE OF THE QUALITY AND FUNCTIONAL PROPERTIES OF PROBIOTIC KEFIRS USING THE EXAMPLE OF PRODUCTS OF UKRAINIAN MANUFACTURERS.....**124**

QUALITY OF HOSPITALITY PRODUCTS

N. I. Cherevychna
TECHNOLOGICAL APPROACHES TO THE STABILIZATION OF EMULSION-BASED ALCOHOLIC BEVERAGES IN MODERN MIXOLOGY.....**130**

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

УДК 663.2:634.8:551.583
DOI https://doi.org/10.37734/2518-7171-2026-2-1

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

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ PIWI ТА ПОРІВНЯЛЬНИХ СОРТОЗРАЗКІВ ВИНОГРАДУ НА ОСНОВІ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ТА СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Ю. О. БОБОШКО, аспірантка
ORCID ID: 0009-0005-0854-3282
(Одеський національний технологічний університет)

Анотація. *Мета дослідження. Встановити технологічний потенціал досліджених сортозразків винограду на основі комплексного оцінювання фізико-хімічних показників технологічної стиглості та структурно-механічних характеристик грона й ягоди, а також визначити параметри, придатні для диференціації підходів до первинної переробки сировини. Методика дослідження. Проаналізовано 12 сортозразків винограду. Масову концентрацію цукрів визначали рефрактометрично, титровану кислотність – титруванням NaOH, pH – потенціометрично; усі визначення виконували у трьох повторностях. Оцінювали також масу грона, кількість ягід, масу 100 ягід і 100 насінин, частки гребенів, шкірки, насіння та м'якоті, показником складання і структурним показником. Додатково розраховано потенційний вміст спирту та індекс зрілості. Для узагальнення результатів використано описову статистику, коефіцієнт кореляції Пірсона та аналіз головних компонент після z-стандартизації змінних; багатовимірний аналіз трактовано як розвідувальний з огляду на обсяг вибірки. Результати. Масова концентрація цукрів у дослідженій вибірці змінювалася від 160 до 250 г/дм³, титрована кислотність – від 6,8 до 11,6 г/дм³, частка м'якоті – від 53,09 до 67,73%, шкірки – від 12,43 до 29,30%. Найвищу цукристість і найбільший структурний показник встановлено для Золодень 12.09 – 250 г/дм³ і 6,22 відповідно; найвищу титровану кислотність, показник складання та частку м'якоті – для Совіньон Ритос: 11,6 г/дм³, 5,45 і 67,73% відповідно. Кореляція між масою грона і цукристістю в межах наявної вибірки становила r = 0,67; перші дві головні компоненти пояснювали 66,0% сумарної варіабельності. Наукова новизна полягає у комплексному зіставленні показників фізико-хімічної стиглості з механічною структурою грона для технологічної диференціації досліджених сортозразків. Висновки. Поєднання фізико-хімічних і структурно-механічних характеристик дає змогу повніше характеризувати технологічний потенціал винограду, ніж використання окремих показників стиглості. Встановлені відмінності за співвідношенням сокової та твердої фаз обґрунтовують необхідність диференційованого вибору режимів дроблення, пресування та контакту сусла з твердими частинами ягоди. Отримані результати є основою для подальшої перевірки запропонованого підходу в багаторічних дослідженнях і контрольованих мікровініфікаціях.*

Ключові слова: *PIWI, виноград, технологічний потенціал, фізико-хімічні показники, структурно-механічні характеристики, механічний склад, технологічна оцінка.*

Постановка проблеми. Сучасне виноградарство функціонує в умовах посилення кліматичної мінливості, що проявляється зміщенням фенологічних фаз, прискоренням накопичення цукрів, нерівномірністю опадів, зростанням тривалості посушливих періодів та частоти температурних екстремумів. Для виноробства принциповим наслідком є можливе розходження між технологічною, фенольною та ароматичною стиглістю: досягнення високої цукристості не завжди супроводжується оптимальним кислотним і структурним профілем винограду [2].

За таких умов адаптація виноградно-виноробного виробництва не може зводитися лише до коригування строків збирання. Необхідними стають перегляд сортового портфеля, локальна оцінка генотипів, зниження фітосанітарного навантаження та формування технологічних рішень, які враховують фактичні властивості сировини. Одним із перспективних напрямів є використання сортів PIWI, селекціонованих на підвищену стійкість до основних грибкових захворювань [3].

Агрономічна стійкість PIWI-сортів має безпосереднє значення для сталого виноградарства, оскільки потенційно дозволяє зменшити кількість фунгіцидних обробок, витрати пального та пов'язані з ними екологічні навантаження. Проте технологічна цінність таких сортів визначається не лише стійкістю. Для виноробства необхідно

© Ю. О. Бобошко, 2026

встановити, як конкретний сорт накопичує цукри, зберігає кислотність, формує pH та яку частку грона становлять м'якоть, шкірка, насіння і гребені [4].

Механічний склад винограду є важливим, але часто недооціненим блоком технологічної інформації. Від співвідношення сокової та твердої фаз залежить потенційний вихід сусла, інтенсивність екстракції фенольних та інших компонентів, чутливість до режиму пресування і тривалості контакту сусла з твердими частинами ягоди. Отже, поєднання показників стиглості з морфологічними характеристиками може забезпечити більш обґрунтовану оцінку технологічного потенціалу [6].

Для українського виноробства проблема має практичне значення через необхідність одночасно підвищувати кліматичну стійкість, ресурсоефективність та якість продукції. У цьому контексті PIWI та інші перспективні генотипи доцільно розглядати не як однорідну групу, а як набір сортів із різними технологічними профілями. Саме тому актуальним є формування багатокритеріального підходу, який дозволяє пов'язати аналітичні характеристики винограду з можливими рішеннями первинного виноробства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Міжнародна наукова література останніх років демонструє перехід від оцінки PIWI переважно як агрономічного інструмента до комплексного аналізу їх енологічної придатності. Pedneault і Provost узагальнили переваги та обмеження грибостійких сортів для органічного виноградарства та наголосили, що резистентність повинна оцінюватися разом із якістю винограду й вина [3]. Teissedre показав значну різноманітність хімічного складу винограду та вин із резистентних сортів [4].

Огляди селекційних програм Європи засвідчують, що сучасний розвиток PIWI спрямований на поєднання полігенної стійкості, стабільної врожайності та прийнятної або високої якості вина [5]. Це принципово відрізняє сучасну концепцію PIWI від раннього використання міжвидових гібридів, коли стійкість нерідко супроводжувалася небажаними сенсорними ознаками.

Для сорту Solaris у північних умовах встановлено здатність накопичувати значну кількість цукрів і формувати виразний ароматичний профіль. Водночас показано високу чутливість сенсорного результату до передферментаційних операцій і режиму сульфітації [7]. Це підтверджує, що потенціал сорту реалізується лише за технології, адаптованої до конкретного складу сировини.

Для Muscaris досліджено молекулярне підґрунтя характерного ароматичного профілю та визначено сполуки, пов'язані з вираженими фруктово-лічієвими відтінками [8]. Отже, оцінка сорту лише за цукристістю та кислотністю є недостатньою: однакові базові показники можуть відповідати різним ароматичним і технологічним сценаріям.

Дослідження фенольного складу грибостійких сортів, вирощених у Німеччині та Італії, також демонструють значну генотипову диференціацію [9]. Для практики це важливо тому, що більша частка шкірки або насіння потенційно змінює площу та інтенсивність контакту сусла з джерелами фенольних речовин, а отже – вимоги до подрібнення, пресування та мацерації.

Кліматичні дослідження винограду доводять тісний зв'язок температурного режиму, водозабезпечення і теруарних факторів зі швидкістю дозрівання, кислотністю та якістю вина [10]. Тому результати, отримані для одного регіону, не повинні механічно переноситися на інший. Для PIWI це особливо актуально, оскільки сортові переваги можуть проявлятися по-різному залежно від клімату та строку збирання.

У літературі достатньо широко представлені окремі дослідження фізико-хімічного складу, ароматичного профілю, фенольних речовин та агрономічної стійкості. Водночас менше уваги приділено інтеграції показників стиглості з механічною будовою грона в межах одного технологічного алгоритму. Саме ця невирішена частина проблеми визначає спрямованість представленого дослідження.

До вибірки включено PIWI, інші перспективні стійкі генотипи та порівняльні сортозразки Vitis vinifera. Тому в роботі термін «досліджені сортозразки» застосовано до всієї вибірки, а висновки щодо PIWI формулюються з урахуванням порівняльного дизайну дослідження.

Постановка завдання. Метою дослідження було здійснити комплексну технологічну оцінку 12 сортозразків винограду за фізико-хімічними та механічними показниками, визначити основні джерела їх варіабельності та обґрунтувати диференційовані напрями технологічного використання.

Для досягнення мети передбачалося систематизувати вихідні показники; розрахувати потенційний вміст спирту та індекс зрілості; зіставити структуру грона з показниками стиглості; виконати описову, кореляційну та багатовимірну статистичну оцінку; визначити технологічно контрастні профілі та сформулювати практичні рекомендації щодо подальшої валідації.

Робоча гіпотеза полягала в тому, що інтегроване використання фізико-хімічних і механічних параметрів дозволяє точніше диференціювати технологічний потенціал виноградної сировини, ніж інтерпретація лише за цукристістю та титрованою кислотністю.

Виклад основного матеріалу дослідження. Об'єкт та предмет дослідження. Об'єктом дослідження були 12 сортозразків винограду:

Золодень 12.09, Золодень 20.10, Патрія, Соляріс (середнє значення), Соляріс (Житомир), Мускаріс, Йоханітер, Гіберналь, Девін, Совіньон Ритос, Кернер і Геліос. Предметом дослідження були фізико-хімічні показники виноградного сусла та механічні характеристики грона й ягоди, що визначають потенційну технологічну придатність сировини.

Методи досліджень, обладнання та організація досліджень. Експериментальні дослідження виконували на базі лабораторії кафедри технології вина та сенсорного аналізу Одеського національного технологічного університету. Для всіх досліджених сортозразків застосовували єдину схему підготовки та аналізу проб. Масову концентрацію цукрів у виноградному суслі визначали рефрактометричним методом за допомогою лабораторного рефрактометра. Визначення виконували відповідно до методу OIV-MA-AS2-02 (Evaluation of sugar by refractometry) [1]. Титровану кислотність визначали кислотно-основним титруванням розчином NaOH; результати виражали у г/дм³ у перерахунку на винну кислоту. Визначення проводили відповідно до OIV-MA-AS313-01 (Total acidity), що передбачає титрування стандартним лужним розчином до встановленої кінцевої точки [1]. Активну кислотність (pH) визначали потенціометричним методом за допомогою лабораторного pH-метра, попередньо відкаліброваного стандартними буферними розчинами; визначення виконували відповідно до OIV-MA-AS313-15 (pH) [1].

Структурно-механічний аналіз винограду включав визначення маси грона, кількості ягід, маси 100 ягід і 100 насінин, а також масових часток гребенів, шкірки, насіння та м'якоті. Масу визначали гравіметричним методом із використанням лабораторних електронних ваг, кількість ягід – прямим підрахунком. Після механічного розділення проби на структурні складові їх частку розраховували у відсотках від загальної маси відповідної проби. Показник складання визначали як відношення маси м'якоті до маси шкірки, структурний показник – як відношення маси м'якоті до маси твердого скелета грона. Усі фізико-хімічні та структурно-механічні визначення виконували у трьох повторностях; для подальшого аналізу використовували середні значення.

Потенційний об'ємний вміст етилового спирту розраховували як відношення масової концентрації цукрів до коефіцієнта 16,83; індекс зрілості – як відношення масової концентрації цукрів до титрованої кислотності. Статистичну обробку результатів здійснювали із застосуванням Microsoft Excel та програмного середовища Python. Для досліджених показників розраховували середні, мінімальні та максимальні значення. Лінійні взаємозв'язки оцінювали за коефіцієнтом кореляції Пірсона. Для виявлення основних напрямів варіабельності застосовували аналіз головних компонент (PCA) після z-стандартизації восьми змінних: масової концентрації цукрів, титрованої кислотності, pH, маси грона, кількості ягід, маси 100 ягід, показника складання та структурного показника. З огляду на обмежений обсяг вибірки результати кореляційного аналізу та PCA інтерпретували як розвідувальні без інферентного перенесення на генеральну сукупність.

Статистична оцінка одержаних результатів

Середня масова концентрація цукрів у вибірці становила 206,33 г/дм³ за діапазону 160–250 г/дм³. Середня титрована кислотність дорівнювала 8,82 г/дм³ за діапазону 6,8–11,6 г/дм³, а середнє pH – 2,92. Отже, навіть у межах одного набору сортозразків сформовано широкий спектр співвідношень цукристості й кислотності, які потребують різних технологічних рішень.

Найвищу цукристість встановлено для Золодень 12.09 – 250 г/дм³, Соляріс (Закарпаття) – 242 г/дм³ і Золодень 20.10 – 235 г/дм³. Для цих зразків розрахований потенційний вміст спирту становив відповідно 14,85; 14,38 і 13,96% об. Найнижчу цукристість мав Геліос – 160 г/дм³, що відповідає потенційному вмісту спирту 9,51% об.

Таблиця 1

Фізико-хімічні показники досліджених сортозразків та розрахункові індекси

Сорт	Цукри, г/дм³	Титрована кислотність, г/дм³	pH	Потенційний спирт, % об.	Індекс зрілості
Золодень 12.09	250	8.80	3.15	14.85	28.41
Золодень 20.10	235	9.00	2.95	13.96	26.11
Патрія	196	6.80	2.73	11.65	28.82
Соляріс (Закарпаття)	242	9.00	3.11	14.38	26.89
Соляріс (Житомир)	218	9.50	3.00	12.95	22.95
Мускаріс	199	8.20	2.90	11.82	24.27
Йоханітер	190	9.90	3.10	11.29	19.19
Гіберналь	195	7.90	2.80	11.59	24.68
Девін	190	8.20	2.90	11.29	23.17
Совіньон Ритос	186	11.60	2.70	11.05	16.03
Кернер	215	9.00	2.86	12.77	23.89
Геліос	160	7.90	2.90	9.51	20.25

Найвищу титровану кислотність мав Совіньон Ритос – 11,6 г/дм³, далі Йоханітер – 9,9 г/дм³ і Соляріс (Житомир) – 9,5 г/дм³. Такий кислотний запас може бути технологічно цінним у теплі роки або для стилів, орієнтованих на виражену свіжість, однак потребує оцінки разом із pH, ароматичною зрілістю та сенсорним профілем.

Індекс зрілості був найвищим для Патрія та Золодень 12.09, тоді як нижчі значення встановлено для Йоханітер і Совіньон Ритос. Цей показник зручний для порівняння, проте не замінює окремої оцінки кислотного складу, pH та фенольної стиглості. Саме тому його використано лише як складову інтегрованого профілю.

Середня маса грона становила 194,93 г, однак діапазон був значним – від 119,44 г для Совіньон Ритос до 390,70 г для Золодень 12.09. Розмір грона сам по собі не визначає якість, але разом із кількістю та масою ягід відображає морфологічну організацію сировини і співвідношення площі поверхні ягід до їх об'єму.

Найвищу масу 100 ягід мав Девін – 225,64 г, далі Золодень 20.10 – 218,21 г і Золодень 12.09 – 183,88 г. Найнижчі значення встановлено для Гіберналь – 70,93 г та Йоханітер – 79,23 г. Дрібніша ягода за інших однакових умов означає відносно більшу площу шкірки на одиницю маси, що може посилювати значення режиму контакту сусла з твердими тканинами.

Показник складання був максимальним для Совіньон Ритос – 5,45 і Кернер – 4,32, що відповідає високому співвідношенню м'якоті до шкірки. Структурний показник був максимальним для Золодень 12.09 – 6,22, високим для Кернер – 4,67, Золодень 20.10 – 4,27 і Девін – 4,11. Найнижче значення встановлено для Гіберналь – 1,90.

Частка м'якоті коливалася від 53,09 до 67,73%, шкірки – від 12,43 до 29,30%, насіння – від 9,58 до 20,1%, гребенів – від 3,05 до 6,65%. Такий розкид підтверджує, що механічний склад не є другорядною характеристикою, а формує окремий вимір технологічної придатності.

Найвищу частку м'якоті мав Совіньон Ритос – 67,73%, далі Кернер – 63,45% і Девін – 61,33%. Найвищу частку шкірки встановлено для Патрія – 29,30%, Соляріс (Житомир) – 27,77% і Гіберналь – 27,75%. Отже, перша група потенційно характеризується більшою часткою сокової фази, тоді як

Таблиця 2

Механічні показники будови грона та ягоди

Сорт	Маса грона, г	Ягід, шт.	Маса 100 ягід, г	Маса 100 насінин, г	Показник складання	Структурний показник
Золодень 12.09	390.70	206	183.88	20.75	2.34	6.22
Золодень 20.10	189.50	84	218.21	22.20	2.98	4.27
Патрія	258.60	168	147.80	36.43	1.87	3.58
Соляріс (Закарпаття)	225.60	185	114.70	30.23	2.45	3.50
Соляріс (Житомир)	202.96	160	122.02	19.06	2.12	3.37
Мускаріс	199.30	199	94.52	32.93	2.32	3.14
Йоханітер	164.20	195	79.23	26.52	2.58	2.95
Гіберналь	122.94	164	70.93	20.90	1.91	1.90
Девін	191.96	81	225.64	36.97	3.16	4.11
Совіньон Ритос	119.44	105	106.19	12.02	5.45	3.97
Кернер	149.80	156	92.37	34.26	4.32	4.67
Геліос	124.14	85	139.73	36.44	2.98	2.89

Таблиця 3

Структура грона, % від маси

Сорт	Гребені, %	Шкірка, %	Насіння, %	М'якоть, %
Золодень 12.09	3.05	25.31	12.43	59.22
Золодень 20.10	3.27	19.25	20.15	57.33
Патрія	3.98	29.30	11.83	54.88
Соляріс (Закарпаття)	5.94	23.07	14.47	56.52
Соляріс (Житомир)	3.80	27.77	9.58	58.85
Мускаріс	5.62	23.70	15.70	54.98
Йоханітер	5.91	22.26	14.37	57.46
Гіберналь	5.38	27.75	13.77	53.09
Девін	4.79	19.43	14.45	61.33
Совіньон Ритос	6.65	12.43	13.19	67.73
Кернер	3.81	14.67	18.07	63.45
Геліос	4.33	19.15	19.37	57.15

друга потребує ретельнішого контролю подрібнення, мацерації та пресування.

Аналіз одержаних результатів. Кореляційний аналіз виявив додатний зв'язок між масою грона та цукристістю на рівні r = 0.67. У межах наявного набору більші грона частіше поєднувалися з вищою масовою концентрацією цукрів. Проте через невелику кількість агрегованих спостережень цей результат не розглядається як причинний або універсальний; він визначає напрям для перевірки на багаторічному матеріалі.

За результатами PCA перша головна компонента пояснювала 40.3%, друга – 25.7% дисперсії, разом – 66.0%. Отже, двовимірна проєкція зберігає близько двох третин варіабельності вихідного восьмипараметричного простору. Це достатньо для розвідувальної візуалізації, але не для остаточної класифікації сортів.

Розташування сортозразків у просторі головних компонент підтвердило, що їх диференціація формується одночасно показниками стиглості та морфології. Золодень 12.09 відокремлювався поєднанням високої цукристості, великої маси грона і високого структурного показника. Совіньон Ритос, навпаки, характеризувався високою кислотністю, високим показником складання та найбільшою часткою м'якоті.

Технологічна інтерпретація сортових профілів. Золодень 12.09. Поєднання 250 г/дм³ цукрів,

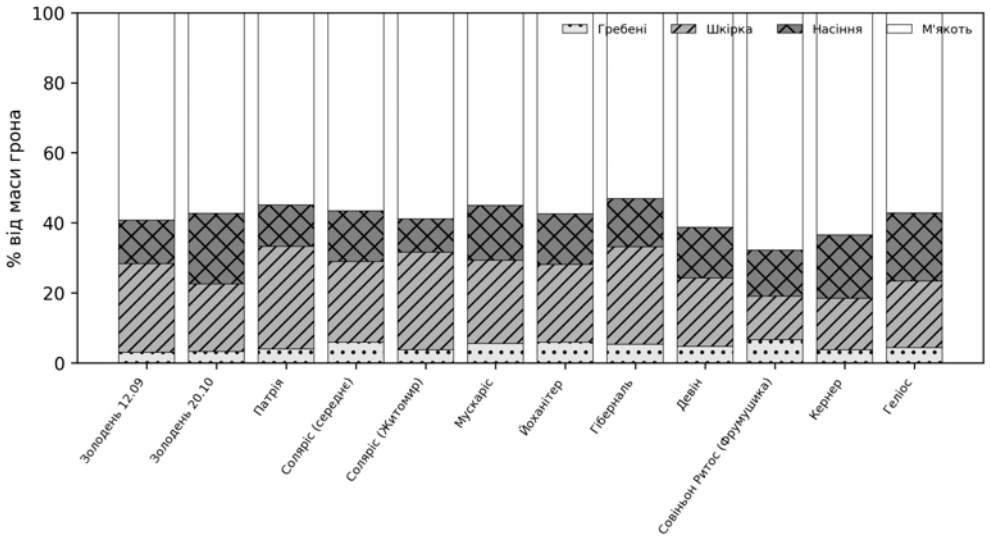


Рис. 1. Структура грона досліджених сортозразків, % від маси грона

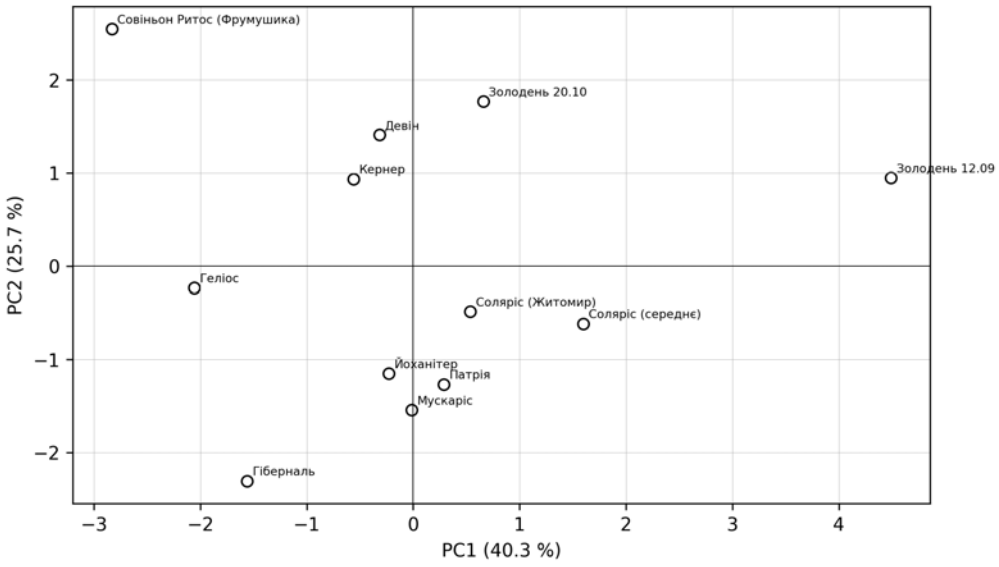


Рис. 2. Розподіл сортозразків у просторі двох головних компонент (PC1 = 40.3%, PC2 = 25.7%)

кислотності 8,8 г/дм³ та pH 3,15 формує найбільш концентрований за цукристістю профіль у вибірці. Розрахований потенційний спирт становить 14,85% об. Водночас частка шкірки 25,31% є відносно високою, тому при переробці білої сировини доцільно уникати надмірного механічного руйнування тканин і тривалого неконтрольованого контакту сусла зі шкіркою.

Золодень 20.10. Цукристість 235 г/дм³ поєднується з кислотністю 9,0 г/дм³ та pH 2,95. Порівняно з варіантом 12.09 цей зразок має меншу масу грона, але більшу масу 100 ягід і найвищу в наборі частку насіння 20,15%. Така структура підсилює значення делікатного пресування, оскільки інтенсивне руйнування насіння може збільшувати небажану екстракцію.

Патрія. Для Патрія встановлено 196 г/дм³ цукрів і найнижчу титровану кислотність у вибірці – 6,8 г/дм³. Водночас частка шкірки є максимальною – 29,30%. Це поєднання демонструє, чому одного показника кислотності недостатньо: сировина з м'якшим кислотним профілем може одночасно мати значну частку твердих тканин і вимагати контрольованого режиму пресування.

Соляріс. Середній профіль Solaris характеризувався 242 г/дм³ цукрів і 9,0 г/дм³ кислотності, тоді як зразок із Житомира мав 218 г/дм³ і 9,5 г/дм³ відповідно. Контраст двох варіантів ілюструє значення умов вирощування для реалізації сортового потенціалу. Міжнародні дослідження Solaris також показують високу залежність сенсорного результату від технології переробки [7].

Мускаріс. Мускаріс мав 199 г/дм³ цукрів, 8,2 г/дм³ кислотності та 54,98% м'якоті. За базовими параметрами профіль є помірним, однак міжнародні дані свідчать про специфічний ароматичний потенціал сорту [8]. Оскільки леткі сполуки в цій роботі не визначалися, ароматичний напрям розглядається як гіпотеза для подальшої мікровініфікації, а не як власний експериментальний висновок.

Йоханітер. Йоханітер поєднував відносно невисоку цукристість 190 г/дм³ з високою кислотністю 9,9 г/дм³. Такий профіль може бути корисним для свіжих стилів або як компонент купажування в умовах, коли інші сорти швидко втрачають кислотність. Невелика маса 100 ягід додатково підкреслює необхідність контролю контакту сусла зі шкіркою.

Гіберналь. Гіберналь характеризувався 195 г/дм³ цукрів, кислотністю 7,9 г/дм³, найменшою масою 100 ягід – 70,93 г та одним із найвищих значень частки шкірки – 27,75%. Структурний показник 1,90 був найнижчим у вибірці, що вказує на відносно більший внесок твердого скелета і потребу в м'якому режимі переробки.

Девін. Девін мав 190 г/дм³ цукрів, 8,2 г/дм³ кислотності, найбільшу масу 100 ягід – 225,64 г і високу частку м'якоті – 61,33%. Структурний показник 4,11 свідчить про сприятливе співвідношення соковоїта твердої фаз. Для практики це робить сорт цікавим для технологій, орієнтованих на високий вихід сусла за обмеженої екстракції.

Совіньон Ритос. Цей зразок мав найвищу кислотність – 11,6 г/дм³, найнижче pH – 2,70, найвищий показник складання – 5,45 і найбільшу частку м'якоті – 67,73%. Такий профіль поєднує виражений кислотний резерв із потенційно високою соковіддачею. У теплих умовах це може бути важливою адаптаційною перевагою, яка потребує перевірки у вині.

Кернер. Кернер мав 215 г/дм³ цукрів, 9,0 г/дм³ кислотності, 63,45% м'якоті та структурний показник 4,67. У роботі його доцільно використовувати як порівняльний сортозразок, а не автоматично відносити до сучасних PIWI. Такий референт дозволяє оцінювати, наскільки морфологічні переваги досліджуваних стійких форм відрізняються від технологічно придатного Vitis vinifera-профілю.

Геліос. Геліос мав найнижчу цукристість – 160 г/дм³ при кислотності 7,9 г/дм³ і pH 2,90. Розрахований потенційний спирт становив 9,51% об. Тому його технологічна оцінка особливо залежить від цільового стилю, строку збирання і фактичної фенольної та ароматичної зрілості. Морфологічно зразок характеризувався 57,15% м'якоті та 19,15% шкірки.

Наукова новизна одержаних автором результатів. Наукова новизна полягає у комплексному зіставленні показників фізико-хімічної стиглості з механічною структурою грона та ягоди для технологічної диференціації досліджених сортозразків винограду.

Висновки із зазначених проблем і перспективи подальших досліджень

1. Систематизація фізико-хімічних і структурно-механічних показників виявила істотну варіабельність 12 досліджених сортозразків: масова концентрація цукрів становила 160–250 г/дм³, титрована кислотність – 6,8–11,6 г/дм³, частка м'якоті – 53,09–67,73%, шкірки – 12,43–29,30%.

2. Розрахункові показники підтвердили контрастність технологічних профілів: найвищу цукристість і структурний показник встановлено для Золодень 12.09 (250 г/дм³ і 6,22), тоді як Совіньон Ритос характеризувався найвищою титрованою кислотністю (11,6 г/дм³), показником складання (5,45) та часткою м'якоті (67,73%).

3. Зіставлення структури грона з показниками стиглості показало, що сортозразки з близькими значеннями цукристості й кислотності можуть істотно відрізнятися за співвідношенням м'якоті, шкірки та насіння; тому механічні характеристики доцільно враховувати під час вибору режимів дроблення, пресування та контакту сусла з твердими частинами ягоди.

4. Кореляційний аналіз і PCA підтвердили багатофакторність технологічної диференціації: у межах наявної вибірки кореляція між масою грона і цукристістю становила r = 0,67, а перші дві головні компоненти пояснювали 66,0% сумарної варіабельності. Через обсяг вибірки ці результати слід розглядати як розвідувальні.

5. Подальша перевірка встановлених закономірностей має включати багаторічні біологічні повторності, контрольовані мікровініфікації та визначення фенольних, ароматичних і сенсорних показників, що дасть змогу оцінити відтворюваність виявлених технологічних відмінностей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. OIV. Compendium of International Methods of Wine and Must Analysis. Paris: International Organisation of Vine and Wine, 2026.

2. Jones G. V., White M. A., Cooper O. R., Storchmann K. Climate Change and Global Wine Quality. *Climatic Change*. 2005. Vol. 73, No. 3. P. 319–343. DOI: 10.1007/s10584-005-4704-2.

3. Pedneault K., Provost C. Fungus resistant grape varieties as a suitable alternative for organic wine production: Benefits, limits, and challenges. *Scientia Horticulturae.* 2016. Vol. 208. P. 57–77. DOI: 10.1016/j.scienta.2016.03.016.

4. Teissedre P.-L. Composition of grape and wine from resistant vines varieties. *OENO One.* 2018. Vol. 52, No. 3. P. 211–217. DOI: 10.20870/oeno-one.2018.52.3.2223.

5. Mian G., Nassivera F., Sillani S. Grapevine Resistant Cultivars: A Story Review and the New Challenges Faced by a Sustainable Wine Sector. *Sustainability.* 2023. Vol. 15, No. 1. Art. 390. DOI: 10.3390/su15010390.

6. Keller M. The Science of Grapevines: Anatomy and Physiology. 3rd ed. London: Academic Press, 2020.

7. Zhang S., Petersen M. A., Liu J., Toldam-Andersen T. B. Influence of Pre-Fermentation Treatments on Wine Volatile and Sensory Profile of the New Disease Tolerant Cultivar Solaris. *Molecules*. 2015. Vol. 20, No. 12. P. 21609–21625. DOI: 10.3390/molecules201219791.

8. Wang X., Frank S., Steinhaus M. Molecular Background of the Lychee Aroma of Vitis vinifera L. ‘Muscaris’. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2024. Vol. 72, No. 3. P. 1674–1682. DOI: 10.1021/acs.jafc.3c08298.

9. Ehrhardt C., Arapitsas P., Stefanini M., Flick G., Mattivi F. Analysis of the phenolic composition of fungus-resistant grape varieties cultivated in Italy and Germany using UHPLC-MS/MS. *Journal of Mass Spectrometry.* 2014. Vol. 49, No. 9. P. 860–869. DOI: 10.1002/jms.3440.

10. Vršič S., Pulko B., Vodovnik Plevnik T., Perko A. The Impact of Climatic Warming on Earlier Wine-Grape Ripening in Northeastern Slovenia. *Horticulturae*. 2024. Vol. 10, No. 6. Art. 611. DOI: 10.3390/horticulturae10060611.

REFERENCES

1. OIV. (2026). Compendium of International Methods of Wine and Must Analysis. International Organisation of Vine and Wine.

2. Jones, G. V., White, M. A., Cooper, O. R., & Storchmann, K. (2005). Climate change and global wine quality. *Climatic Change*, 73(3), 319–343. https://doi.org/10.1007/s10584-005-4704-2

3. Pedneault, K., & Provost, C. (2016). Fungus resistant grape varieties as a suitable alternative for organic wine production: Benefits, limits, and challenges. *Scientia Horticulturae*, 208, 57–77. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.03.016

4. Teissedre, P.-L. (2018). Composition of grape and wine from resistant vines varieties. *OENO One*, 52(3), 211–217. https://doi.org/10.20870/oeno-one.2018.52.3.2223

5. Mian, G., Nassivera, F., & Sillani, S. (2023). Grapevine resistant cultivars: A story review and the new challenges faced by a sustainable wine sector. *Sustainability*, 15(1), 390. https://doi.org/10.3390/su15010390

6. Keller, M. (2020). The Science of Grapevines: Anatomy and Physiology (3rd ed.). Academic Press.

7. Zhang, S., Petersen, M. A., Liu, J., & Toldam-Andersen, T. B. (2015). Influence of pre-fermentation treatments on wine volatile and sensory profile of the new disease tolerant cultivar Solaris. *Molecules*, 20(12), 21609–21625. https://doi.org/10.3390/molecules201219791

8. Wang, X., Frank, S., & Steinhaus, M. (2024). Molecular background of the lychee aroma of Vitis vinifera L. ‘Muscaris’. *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* 72(3), 1674–1682. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.3c08298

9. Ehrhardt, C., Arapitsas, P., Stefanini, M., Flick, G., & Mattivi, F. (2014). Analysis of the phenolic composition of fungus-resistant grape varieties cultivated in Italy and Germany using UHPLC-MS/MS. *Journal of Mass Spectrometry*, 49(9), 860–869. https://doi.org/10.1002/jms.3440

10. Vršič, S., Pulko, B., Vodovnik Plevnik, T., & Perko, A. (2024). The impact of climatic warming on earlier wine-grape ripening in northeastern Slovenia. *Horticulturae,* 10(6), 611. https://doi.org/10.3390/horticulturae10060611

Yu. Boboshko, *PhD student (Odesa National University of Technology).* ***Technological potential of PIWI and comparative grape genotypes based on a comprehensive assessment of physicochemical and structural-mechanical characteristics***

Abstract. *Purpose. To determine the technological potential of the studied grape genotypes through an integrated assessment of physicochemical maturity indices and structural-mechanical characteristics of clusters and berries, and to identify parameters suitable for differentiating primary processing approaches. Methods. Twelve grape*

genotypes were analysed. Sugar concentration was determined refractometrically, titratable acidity by NaOH titration, and pH potentiometrically; all determinations were performed in triplicate. The study also evaluated cluster mass, berry number, mass of 100 berries and 100 seeds, proportions of stems, skins, seeds and pulp, pulp-to-skin ratio, and structural index. Potential alcohol and a sugar-to-acidity maturity index were additionally calculated. Descriptive statistics, Pearson correlation analysis and principal component analysis after z-standardisation were used to summarise the data; owing to the sample size, the multivariate analysis was interpreted as exploratory. Results. Sugar concentration ranged from 160 to 250 g/dm³, titratable acidity from 6.8 to 11.6 g/dm³, pulp proportion from 53.09 to 67.73%, and skin proportion from 12.43 to 29.30%. Zoloden 12.09 showed the highest sugar concentration and structural index, 250 g/dm³ and 6.22, respectively. Sauvignon Rytos showed the highest titratable acidity, pulp-to-skin ratio and pulp proportion: 11.6 g/dm³, 5.45 and 67.73%, respectively. Within the available dataset, the correlation between cluster mass and sugar concentration was r = 0.67, while the first two principal components explained 66.0% of total variability. The scientific novelty consists in the integrated comparison of physicochemical maturity indices with cluster mechanical structure for technological differentiation of the studied grape genotypes. Conclusions. Combining physicochemical and structural-mechanical characteristics provides a more comprehensive assessment of grape technological potential than using individual maturity indices alone. The observed differences in the balance between juice and solid fractions support a differentiated choice of crushing, pressing and juice-to-solids contact regimes. The results provide a basis for subsequent validation of the proposed approach in multi-year studies and controlled microvinifications.

Keywords: *PIWI, grapes, technological potential, physicochemical parameters, structural-mechanical characteristics, mechanical composition, technological assessment.*

Дата першого надходження статті до видання: 13.08.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 08.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 664.8:543.92
DOI https://doi.org/10.37734/2518-7171-2026-2-2

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

ДОСЛІДЖЕННЯ СЕНСОРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЯГІД ЖУРАВЛИНИ МЕТОДОМ ПРОФІЛЮ ФЛЕЙВОРУ

Н. В. ГОЛЕМБОВСЬКА, кандидат технічних наук, доцент
ORCID ID: 0000-0001-8159-4020

Л. В. БАЛЬ-ПРИЛИПКО, доктор технічних наук, професор
ORCID ID: 0000-0002-9489-8610

І. М. БАЛЬ, PhD доктор філософії,
ORCID ID: 0009-0007-1608-5263

Р. В. КОНОНЕНКО, кандидат ветеринарних наук, доцент
ORCID ID: 0000-0002-7818-2583

Л. М. ТИЩЕНКО, кандидат технічних наук, доцент
ORCID ID: 0000-0002-3609-0920
(Національний університет біоресурсів і природокористування України)

Анотація. *В даній статті були розглянуті ягоди журавлини (Vaccinium oxycoccos L.) як цінна ягідна сировина, яка характеризується високим вмістом біологічно активних речовин, органічних кислот, вітамінів та антиоксидантів. Завдяки вираженим смаковим властивостям і функціональній цінності вона широко використовується у виробництві харчових продуктів. Водночас одним із важливих критеріїв оцінювання якості продукції є її сенсорні характеристики, що безпосередньо впливають на споживчі переваги та конкурентоспроможність.*

Мета дослідження полягала у проведенні порівняльної сенсорної оцінки сушених ягід журавлини різних виробників із використанням дескрипторно-профільного аналізу для встановлення особливостей формування їх флейвору та визначення зразка з найбільш гармонійними органолептичними властивостями.

Об'єктом дослідження були три зразки сушених ягід журавлини різних виробників. Сенсорне оцінювання проводили методом профілю флейвору згідно з ДСТУ ISO 6564:2005 за участю дегустаційної комісії, що складалася з чотирьох кваліфікованих експертів. Інтенсивність дванадцяти дескрипторів зовнішнього вигляду, аромату, смаку та консистенції визначали за п'ятибальною шкалою з подальшим статистичним опрацюванням результатів.

Встановлено, що всі досліджувані зразки відповідали нормативним вимогам за органолептичними показниками. Найкращі показники продемонстрував зразок 3, який характеризувався максимальною відповідністю еталону за цілісністю, однорідністю, насиченістю, ягідним ароматом і кислуватим смаком, що свідчить про його високі споживчі властивості та перспективність використання як сировини для виробництва функціональних харчових продуктів.

Ключові слова: *Vaccinium oxycoccos L., сушені ягоди, сенсорний аналіз, профіль флейвору, дескрипторний аналіз, органолептична оцінка, функціональні харчові продукти.*

Постановка проблеми в загальному вигляді. Використання нетрадиційної рослинної сировини, як журавлина та внесення їх в рецептуру, дозволяє збагатити раціон біологічно активними речовинами, отримати високоякісні вироби з хорошими органолептичними показниками, а також розширити асортимент вже існуючих страв [1, 2]. Ягоди журавлини, мають невисоку вартість, поширення в регіоні, рясне плодоношення, а, отже, готові страви виходять більш дешевими в порівнянні з аналогічними традиційними стравами. Страви можуть рекомендуватися в громадському харчуванні як лікувально-профілактичні, збагачені вітамінами, пектинами і мінеральними речовинами [3].

Найбільше застосування журавлина знайшла у виробництві паштетів, морозива, сиропів, киселів, джемів, соків, морсів, вин і в лікеро-горілчаної промисловості, а також кондитерського виробу журавлина в цукрі. У кулінарії її використовують для приготування соусів і солодких страв [4].

Відповідно до сучасної класифікації журавлина віднесена до сімейства брусничних (*Vacciniaceae S.F. Gray*), виділеного з сімейства вересових (*Ericaceae*), роду журавлина (*Oxycoccus Hill.*), виділеного з роду чорниці (*Vaccinium*). Її представляють чотири види: журавлина великоплідна (*O. macrocarpus*), чотирьохпелюсткова (*O. quadripetalus Gilib.*), або болотна (*O. palustris*), дрібноплідна (*O. microcarpus Turz. Ex Rupr.)* і гігантська (*O. gigas Hagerup*). Всі вони представляють собою вічнозелені чагарники з довгими прямостоячими або припіднятими короткими пагонами [5].

Рід журавлина походить з Північної Америки. Зразки журавлини болотної, або чотирьох-

пелюсткової, були знайдені в південних районах Англії.

Багато видів брусничних є вихідцями вічнозелених теоретичних лісів. Однак наявність в сучасній флорі Філіппінських островів численних близькоспоріднених вічнозелених *Vaccinium* дає підставу для укладення, що характерні болотні і тундрові ценози почали складатися ще в крейдяному періоді.

Журавлина болотна (*Oxycoccus palustris Pers.*) Відноситься до сімейства *Ericaceae Juss* [6]. Це – невеликий вегетативно-рухливий чагарник з вічнозеленими шкіряними листями.

Квітки рожево-червоні, в гроноподібних суцвіттях по дві-чотири квітки. Плід – ягода темно-червона, кулястої або еліпсоїдної форми діаметром до 12 мм, соковита, кисла містить в середньому 30 мг/% аскорбінової кислоти, які можуть зберігатися в свіжому вигляді до декількох місяців. Журавлина зустрічається в європейській частини України, середній і атлантичній Європі, в гірських областях північного Китаю і Японії, Північній Америці [5].

Журавлина є одним з найбільш перспективних видів ягід, так як її можна промислово заготовлювати і реалізовувати протягом тривалого періоду [4].

Журавлина є перспективною рослинною сировиною для виробництва харчових продуктів функціонального призначення завдяки високому вмісту біологічно активних речовин, вітамінів, органічних кислот, пектинових речовин і мінералів. Її використання сприяє покращенню органолептичних властивостей продукції, підвищенню харчової та біологічної цінності, а також розширенню асортименту [7]. Широке поширення, доступність, можливість тривалого зберігання та різноманітність напрямів переробки роблять журавлину економічно доцільною та перспективною сировиною для харчової промисловості й закладів ресторанного господарства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні наукові дослідження свідчать про значний інтерес до журавлини як джерела природних біологічно активних сполук і функціонального харчового інгредієнта. Основна увага приділяється вивченню її хімічного складу, антиоксидантної активності, антибактеріальних властивостей, а також можливостей використання у виробництві функціональних харчових продуктів.

Основними енергетичними речовинами ягід журавлини є вуглеводи (32,6%). Поряд з вуглеводами енергетичну цінність ягід визначають і органічні кислоти, на їх частку припадає 23,0%. Найбільш представленими є нелеткі кислоти: лимонна, яблучна, щавлева, бурштинова. Деякі органічні кислоти навіть в невеликих концентраціях надають ягодам специфічні властивості. Наприклад, бензойна кислота в журавлині, володіючи бактерицидними властивостями, перешкоджає псуванню і зброджуванню. Також журавлина містить оксоглутарову, хінну і тритерпенові кислоти – урсулова, олеанолова [8].

Крім нелетких в плодово-ягідній сировині містяться летючі органічні кислоти в незначних кількостях: оцтова, мурашина, капронова та ін. Дана група кислот відповідає за аромат свіжих ягід і плодів [9].

Характеризуючи харчову цінність, особливу увагу слід звернути увагу на дубильні речовини. На їх частку доводиться 1,8%. У сушених ягодах журавлини великий вміст клітковини – 18,5 г / 100 г, а також пектинових речовин – 4,8 г / 100 г [8].

Встановлено, що загальний вміст біофлавоноїдів в висушених ягодах журавлини перевищує (в середньому) добову потребу в 109,3 разу. Серед флавоноїдів найбільшу частку складають: антоціани (3680 мг / 100 г); флавоноли (2386 мг / 100 г); катехіни (1940 мг / 100 г) і лейкоантоціани (613 мг / 100 г) [8].

Вміст β-каротину в висушених ягодах журавлини болотної становить – 3,87 мг / 100 г. Вміст вітаміну К досить високий і становить – 4,83 мг / 100 г.

Загальний вміст мінеральних речовин – 3,0%. З макроелементів слід зазначити високий вміст калію – 776 мг / 100 г. На частку кальцію, фосфору, заліза, натрію і магнію доводиться (мг / 100 г): 98,3, 78,5, 10,2, 81,4 і 56,1 відповідно [9].

Мінеральні речовини, що входять до складу журавлини виконують важливі біологічні функції. Натрій бере участь в регуляції і розподілі рідини в організмі, посилює набухання білків і підвищує гідрофільність тканин, впливає на збудливість м'язових і нервових тканин. Калій необхідний для нормальної діяльності м'язів, також бере участь в обміні вуглеводів, білків і жирів. Кальцій регулює внутрішньоклітинний осмотичний тиск, грає важливу роль в проведенні і передачі нервових імпульсів і функціонуванні ендокринних залоз [10]. Солі магнію активізують ферменти, що беруть участь в хімічних перетвореннях сполук фосфору. Залізо необхідне для нормального кровотворення і тканинного дихання, входить до складу гемоглобіну еритроцитів, міоглобіну м'язів, ферментів, які беруть участь в перенесенні електронів по дихальному ланцюгу і окислювально-відновних процесах [5].

Шкіра, м'якоть і насіння містять одні й ті ж елементи, але в різних кількостях. М'якоть бідна мінеральними елементами, всі вони сконцентровані головним чином в насінні, за винятком срібла, яке переважає в шкірці.

Журавлина так само багата вітамінами: аскорбіновою кислотою, тіаміном рибофлавіном, піридоксином, фолацином і ніацином.

Вітамін С є термолабільних вітаміном, він легко руйнується при нагріванні, дії кисню повітря, але

не дивлячись на це його вміст в висушених ягодах становить 276,9 мг / 100 г, що забезпечує добову потребу в ньому на 395,6% [11].

Вміст вітамінів B_1 і B_2 відносно невисоку і в сушених ягодах воно становить (в середньому): B_1 – 0,29 мг / 100 г; B_2 – 0,22 мг / 100 г [12].

У ній міститься висока, в порівнянні з іншими ягодами і фруктами, кількість органічних кислот на 100 грам продукту: лимонна (1,1 г), щавлева (0,02 г), яблучна (1,0 г), хінна (1,0 г) і бензойна (0,03 г). Хінна кислота, в організмі людини переходить в бензойну, яка в свою чергу має антисептичну і фунгіцидну дію [13, 14].

Основними ароматоутворюючими сполуками є бензадельгід, бензиловий, арахініловий, цетиловий і олеїновий спирти [5].

Ще однією складовою сухих речовин сировини є полісахариди, що входять до складу клітинних стінок плодів і ягід і формують їх структуру, а також обумовлюють жорсткість і міцність рослинних клітин. У складі полісахаридів присутні пектинові речовини, геміцелюлози, целюлоза і, в невеликих кількостях, крохмаль [8, 15].

Журавлина характеризується високою харчовою та біологічною цінністю завдяки значному вмісту органічних кислот, харчових волокон, пектинових речовин, вітамінів, мінеральних елементів і поліфенольних сполук. Особливе значення мають бензойна кислота, що забезпечує природні консервувальні властивості ягід, а також антоціани, катехіни й флавоноли, які проявляють виражену антиоксидантну активність. Високий вміст вітаміну С, калію та інших біологічно активних компонентів зумовлює функціональні властивості журавлини та її позитивний вплив на організм людини. Завдяки такому хімічному складу журавлина є перспективною сировиною для виробництва функціональних харчових продуктів із підвищеною харчовою та профілактичною цінністю.

Формування цілей статті. Метою дослідження є визначення та наукове обґрунтування сенсорних характеристик ягід журавлини (Vaccinium oxycoccos L.) із використанням методу профілю флейвору, а також встановлення основних дескрипторів смаку, аромату, текстури та зовнішнього вигляду з метою оцінки їх споживчих властивостей і перспектив використання у виробництві харчових продуктів функціонального призначення.

Виклад основного матеріалу дослідження. Об'єктом дослідження були ягоди журавлини наступних виробників: зразок 1 – Euro Company, Італія, зразок 2 – ТОВ «ВІН-ГРУП КОМПАНІ» та зразок 3 – ТОВ «Агропрод Стандарт».

Відбір зразків проводили відповідно до вимог ДСТУ 8661:2016 із застосуванням загальноприйнятих методичних підходів до дослідження харчової рослинної сировини [16]. Для кожної партії продукції формували середню пробу шляхом об'єднання кількох точкових проб, відібраних із різних місць упаковки, що забезпечувало репрезентативність досліджуваного матеріалу.

Для створення профілів флейвору застосовано метод, викладений в ДСТУ ISO 6564:2005 «Дослідження сенсорне. Методологія. Методи створювання спектра флейвору» [17].

Органолептичне оцінювання проводила дегустаційна комісія, до складу якої входили чотири кваліфіковані експерти. Дослідження виконували у спеціально підготовленому приміщенні за температури повітря 18–22 °С та за умов достатнього природного або штучного освітлення. Під час оцінювання аналізували найбільш значущі для споживчого сприйняття дескриптори, які характеризують основні сенсорні властивості продукції та формують узагальнений профіль флейвору умовного еталонного зразка.

Для сенсорного оцінювання зразків ягід журавлини дегустаторам було запропоновано визначити інтенсивність тринадцяти дескрипторів, розташованих відповідно до їх значущості для формування загального сприйняття продукту. На підставі отриманих оцінок після статистичної обробки результатів було побудовано профілограми флейвору, що відображають особливості сенсорних характеристик досліджуваних зразків.

Статистичну обробку експериментальних даних виконували із застосуванням методів варіаційної статистики за допомогою програмного забезпечення Microsoft Excel. Кожне визначення проводили у 3–5-кратній повторності. Отримані результати наведено у вигляді середнього арифметичного значення та стандартної похибки середнього (M±SEM). Достовірність відмінностей між досліджуваними показниками оцінювали за t-критерієм Стьюдента, а статистично значущими вважали результати при рівні значущості $p < 0,05$.

Органолептичні властивості досліджуваних зразків оцінювали за основними сенсорними критеріями: зовнішнім виглядом, кольором, консистенцією, смаком і запахом. При цьому враховували форму, розмір і цілісність плодів, відсутність механічних пошкоджень та сторонніх домішок, рівномірність забарвлення, пружність або ступінь висушування, інтенсивність солодкого й кислого смаку, а також характерний аромат без сторонніх запахів.

Результати досліджень органолептичних показників ягід журавлини представлені в таблиці 1.

Результати органолептичної оцінки свідчать, що всі досліджувані зразки сушеної журавлини відповідають нормативним вимогам до органолептичних показників продукції даного виду. Зразки характеризуються типовим зовнішнім виглядом, однорідним забарвленням від темно-червоного до бордово-червоного, приємним кисло-солодким смаком із характерним ягідним присмаком та свіжим ягідним ароматом без сторонніх

запахів. Консистенція ягід є еластичною, пружною та помірно м'якою, без надмірної твердості й липкості, що свідчить про високу якість досліджуваної сировини та її придатність для подальших досліджень і використання у виробництві харчових продуктів.

Для сенсорної оцінки був використаний метод дескрипторно-профільного аналізу та визначено набір з 12 дескрипторів (табл. 2).

Зразок 3 продемонстрував найкращу відповідність еталону за показниками зовнішнього вигляду. Він повністю відповідає еталону за цілісністю, насиченістю та однорідністю, тоді як зразки 1 і 2 мали нижчі значення цілісності та однорідності. Аналіз аромату та смаку показав, що зразки 2 і 3 мають найбільш виражений ягідний аромат, який відповідає еталону. Кислуватість повністю відповідала еталону лише у зразку 3, тоді як зразки 1 і 2 характеризувалися більш солодкуватим смаком за рахунок у їхньому вмісті цукру.

За консистенцією зразок 3 та 2 відзначалися найкращими показниками пружності та еластичності, тоді як зразок 1 мав найменшу мажучість, що відповідало еталону.

Порівняльні профілограми інтенсивності сенсорних показників ягід журавлини наведені на рисунку 1, 2 та 3.

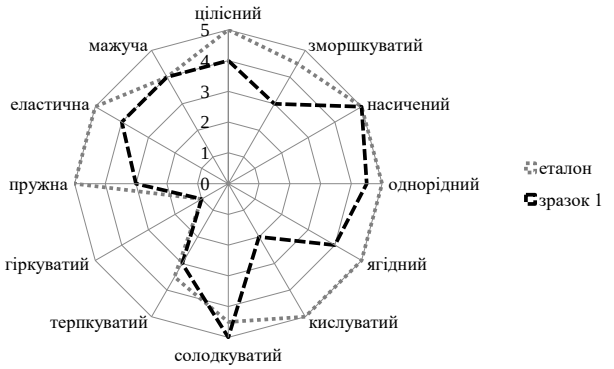


Рис. 1. Профілограма флейвору ягід журавлини (зразок 1)

Аналізуючи рисунок 1, спостерігаємо, що профілограма флейвору ягід журавлини зразка 1 загалом наближена до еталону, однак має певні

Таблиця 1

Органолептичні характеристики ягід журавлини

Показники	Ягоди журавлини		
	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3
Зовнішній вигляд та консистенція	Ягода темно-червона, кулястої або еліпсоїдної форми діаметром до 12 мм, без видимих включень та домішок. Консистенція сушеної журавлини характеризується як помірно м'яка, еластична, пружна, злегка жувальна, без надмірної твердості та липкості		
Колір	Від світло до темно-червоного кольору, однорідний за всією масою	Рівномірний, насичений темно-червоний, без сторонніх плям і ознак потемніння	Рівномірний, бордово-червоний, з характерним природним блиском
Запах	Свіжий та виразний, кислувато-ягідний, властивий даному виду плодів		
Смак	Характерний, кисло-солодкий, гармонійний, з вираженим ягідним присмаком, без сторонніх присмаків і гіркоти		Соковитий, кислий та гармонійний ягідний присмак

Таблиця 2

Сенсорна оцінка ягід годжі методом профілю флейвору (n = 5, p ≤ 0,05)

Дескриптори	Інтенсивність характеристик, бал			
	Еталон	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3
Характеристика зовнішнього вигляду: цілісний	5,0	4,0±0,10	4,0±0,10	5,0±0,20
зморшкуватий	4,5	3,0±0,01	3,0±0,01	4,0±0,02
насичений	5,0	5,0±0,01	5,0±0,01	5,0±0,02
однорідний	5,0	4,5±0,10	4,5±0,10	5,0±0,10
Характеристика аромату та смаку: ягідний	5,0	4,0±0,10	5,0±0,10	5,0±0,20
кислуватий	5,0	2,0±0,01	2,0±0,01	5,0±0,02
солодкуватий	4,5	5,0±0,02	5,0±0,01	2,0±0,01
терпкуватий	3,5	3,0±0,02	3,5±0,01	3,0±0,01
гіркуватий	1,0	1,0±0,01	1,0±0,01	1,0±0,01
Характеристика консистенції: пружна	5,0	3,0±0,10	3,0±0,20	3,5±0,10
еластична	5,0	4,0±0,10	4,5±0,20	4,5±0,10
мажуча	4,0	4,0±0,02	4,5±0,02	4,5±0,02

відмінності за окремими сенсорними дескрипторами, зокрема такими показниками, як цілісність, насиченість, еластичність, мазкість та солодкуватий смак, тоді як однорідність, ягідний аромат, кислуватість і пружність виражені дещо слабше порівняно з еталоном. Зморшкуватість і гіркуватість практично не проявляються, що є позитивною характеристикою якості ягід, а рівень терпкуватості відповідає середній інтенсивності.

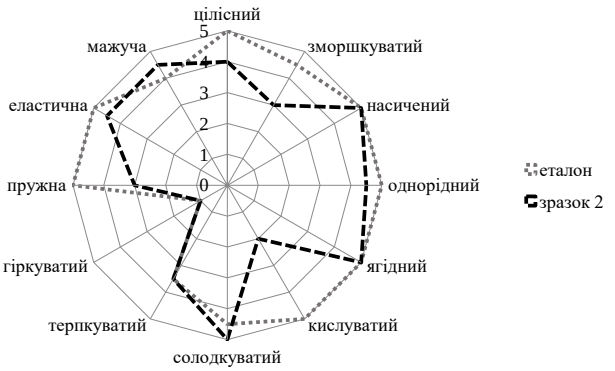


Рис. 2. Профілограма флейвору ягід журавлини (зразок 2)

Профілограма флейвору ягід журавлини зразка 2 є близькою до еталонного зразка за більшістю сенсорних дескрипторів. Найвищі оцінки отримали показники насиченості, ягідного аромату та солодкуватого смаку, що для рибних продуктів є недопустимим поєднанням. Такі показники, як еластичність і мазкість, навіть дещо перевищують еталон, проте цілісність, однорідність, кислуватість та пружність є дещо нижчими, тоді як зморшкуватість і гіркуватість практично не проявляються, що свідчить про високу якість досліджуваного зразка. Загалом сенсорний профіль зразка 2 є гармонійним і характеризується добрими органолептичними властивостями, максимально наближеними до еталону.

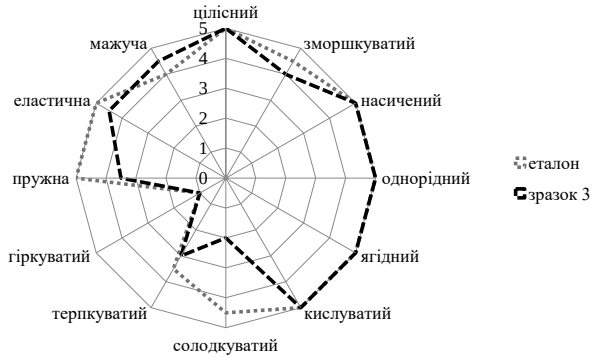


Рис. 3. Профілограма флейвору ягід журавлини (зразок 3)

Як видно з рисунка 3, даний зразок характеризується високим ступенем відповідності еталонному зразку та за окремими дескрипторами навіть його перевищує. Найвищі оцінки отримали показники цілісності, насиченості, однорідності, ягідного аромату та кислуватого смаку, що свідчить про добре виражений типовий смако-ароматичний профіль журавлини. Показники еластичності та мазкості також залишаються на високому рівні, тоді як солодкуватий смак і терпкуватість виражені дещо слабше порівняно з еталоном. В даному зразку найбільше проявлена кислотність за рахунок відсутності в її складі цукру, що є позитивною характеристикою для даного зразка. Ознаки гіркуватості практично відсутні, а пружність дещо поступається еталонному значенню. Загалом, зразок 3 демонструє найбільш гармонійний і збалансований сенсорний профіль, максимально наближений до еталону, що свідчить про його високі органолептичні властивості.

Висновки із зазначених проблем і перспективи подальших досліджень у подано-му напрямі. Проведені дослідження дозволили комплексно оцінити сенсорні характеристики сушених ягід журавлини різних виробників із використанням методу профілю флейвору. Встановлено, що всі досліджувані зразки відповідали вимогам до органолептичних показників, характеризувалися типовими для даного виду продукції зовнішнім виглядом, приємним ягідним ароматом, гармонійним смаком та задовільними показниками консистенції. Дані дослідження дали змогу детально оцінити інтенсивність окремих сенсорних характеристик і виявити відмінності між досліджуваними зразками.

В результаті було встановлено, що найкращими сенсорними властивостями характеризувався зразок 3 (ТОВ «Агропрод Стандарт»), який мав найбільшу відповідність еталонному профілю за показниками цілісності, насиченості, однорідності, ягідного аромату та кислуватого смаку. Висока інтенсивність характерної кислотності у поєднанні з відсутністю надмірної солодкості свідчить про збереження природних органолептичних властивостей журавлини та мінімальний вплив рецептурних компонентів на її смаковий профіль. Зразки 1 та 2 також продемонстрували високі органолептичні показники, однак відрізнялися більш вираженим солодкуватим смаком і меншою інтенсивністю кислуватості, що, ймовірно, зумовлено особливостями технології виробництва та використанням додаткових цукрів.

Перспективним напрямом подальших досліджень є встановлення кореляційних зв'язків між сенсорними показниками та фізико-хімічним складом ягід, зокрема вмістом органічних кислот, моно- і дисахаридів, поліфенольних сполук та антоціанів, а також оцінка впливу різних способів сушіння й умов зберігання на формування профілю флейвору. Практичний інтерес становить також дослідження можливостей використання сушеної журавлини як функціонального інгредієнта під час створення харчових продуктів оздоровчого та функціонального призначення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Голембовська Н. В., Баль-Прилипко Л. В. Вплив нетрадиційної сировини на сенсорні характеристики рибних паштетів. *Вісник ЛТЕУ. Технічні науки*, (45), 2026. 41-50. https://doi.org/10.32782/2522-1221-2026-45-05

2. Голембовська Н. Характеристика мінерального складу ягід годжі. *Innovations and Technologies in the Service Sphere and Food Industry*, 2 (20), 2026. 35-43. https://doi.org/10.32782/2708-4949.2(20).2026.5

3. Holembovska N. V., Slobodyanyuk N. M., & Israelyan V. M. Improvement of the technology for fish semi-finished products with the addition of non-traditional raw materials. *Animal Science and Food Technology*, (12, No. 2), 2021. PP. 14–23.

4. Лебединець В. Т., Лебединець А. І., & Новицька Г. І. Науково-практичні аспекти використання ягідної сировини у виробництві кексів та карамелі. *Актуальні проблеми теорії і практики експертизи товарів: матеріали VII Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (2–3 квітня 2020 року)*. *Полтава: ПУЕТ,* 2020. 248 с.

5. Янчева М. О., Яковлева Ю. В. Спосіб виробництва заморожених напівфабрикатів. Патент України на корисну модель № 62694, МПК A23B 4/06 (2006.01). № u201101590. Заявл. 11.02.2011. Опубл. 12.09.2011, Бюл. № 17. 3 с.

6. Snitynskyi B., Lysak Г., Khirivskyi П., Liubynets H., Panas H., Kalyta P. Ecological analysis of anthropogenic impact on the quality of vaccinium oxycoccos l. fruits in yavoriv district. *Bulletin of Lviv National Environmental University. Series Agronomy*. 2025. (29). 15–21. https://doi.org/10.31734/agronomy2025.29.015

7. Holembovska N. Research on changes of the quality indicators of semi-finished products during during storage. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*. 2021. *23*(96). 23-27. https://doi.org/10.32718/nvlvet-f9605

8. Ковальчук В., Земелько М., & Бухкало С. Приклади дослідження властивостей м'ясних виробів функціонального призначення для комплексної технології. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів*, (1 (1367)), 2024. 38-49. https://doi.org/10.20998/2220-4784.2024.01.06

9. Міцик В. Ю., Файвишевський М. Л., Юдіна С. Б., & Юліна А. І. Технологія варено-копчених ковбасних виробів підвищенної харчової цінності. *Відповідальний за випуск ТІ Юдіна, д-р техн. наук, проф.*, 2020. 101.

10. Божко Н. В. Дослідження ефективності корекції перекісного окислення ліпідів в системах біологічного походження з використанням біофлавоноїдного комплексу рослин. *Сумський державний університет: звіт про НДР (остаточний)* / кер. Н. В. Божко. Суми: Сумський державний університет, 2022. 64 с. № 0120U101518.

11. Borodai A. B., Horobets O. M., Khomych G. P., Levchenko Y. V., & Matsuk Y. A. The use of fruit raw materials as a source of organic acids in the technology of small-piece meat semi-finished products. *Journal of Chemistry and Technologies*, *30*(4), 2022. 613-626. https://doi.org/10.15421/jchemtech.v30i4.260055

12. Blumberg J. B., Camesano T. A., Cassidy A., Kris-Etherton P., Howell A., Manach C., ... & Vita J. A. Cranberries and their bioactive constituents in human health. *Advances in nutrition*, *4*(6), 2013. 618-632. https://doi.org/10.3945/an.113.004473

13. Nemzer B. V., Al-Taher F., Yashin A., Revelsky I., & Yashin Y. Cranberry: chemical composition, antioxidant activity and impact on human health: overview. *Molecules*, *27*(5), 2022. 1503. https://doi.org/10.3390/molecules27051503

14. Tiwari D. S., & Talreja S. Health benefits of cranberries: An in-depth overview. *Health Science Journal*, *17*(9), 2023. 1-6.

15. Zhao S., Liu H., & Gu L. American cranberries and health benefits–an evolving story of 25 years. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *100*(14), 2020. 5111-5116. https://doi.org/10.1002/jsfa.8882

16. ДСТУ 8661:2016 Сухофрукти. Правила приймання та методи випробувань. Київ: *Державний стандарт України.* 2016. С. 15.

17. ДСТУ 6564:2005. Сенсорні дослідження. Методологія. Методи створення смакового спектру. Київ: *Держстандарт України.* 2005. С. 11.

REFERENCES

1. Holembovska N. V., & Bal-Prylypko L. V. (2026). *Vplyv netradytsiinoi syrovyny na sensorni kharakterystyky rybnykh pashtetiv [The influence of non-traditional raw materials on the sensory characteristics of fish pastes]* Visnyk LTEU. Tekhnichni nauky, (45), 41-50. https://doi.org/10.32782/2522-1221-2026-45-05

2. Holembovska N. (2026). *Kharakterystyka mineralnoho skladu yahid hodzhi [Characteristics of the mineral composition of goji berries]*. *Innovations and Technologies in the Service Sphere and Food Industry*, 2 (20), 35-43. https://doi.org/10.32782/2708-4949.2(20).2026.5

3. Holembovska N. V., Slobodyanyuk N. M., & Israelyan V. M. (2021). Improvement of the technology for fish semi-finished products with the addition of non-traditional raw materials. *Animal Science and Food Technology*, (12, No. 2), PP. 14–23.

4. Lebedynets V. T., Lebedynets A. I., & Novytska H. I. (2020). *Naukovo-praktychni aspekty vykorystannia yahidnoi syrovyny u vyrobnytstvi keksiv ta karameli [Scientific and practical aspects of using berry raw materials in the production of cupcakes and caramel]*. Aktualni problemy teorii i praktyky ekspertyzy tovariv: materialy VII Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii (2–3 kvitnia 2020 roku). Poltava: PUET. 248 s.

5. Yancheva M. O., Yakovleva Yu. V. (2011). Sposib vyrobnytstva zamorozhenykh napivfabrykativ *[Method for producing frozen semi-finished products]*. Patent Ukrainy na korysnu model № 62694, MPK A23B 4/06 (2006.01). № u201101590. Zaiavl. 11.02.2011. Opubl. 12.09.2011, Biul.№ 17. 3 s.

6. Snitynskyi B., Lysak Г., Khirivskyi П., Liubynets H., Panas H., & Kalyta P. (2025). Ecological analysis of anthropogenic impact on the quality of vaccinium oxycoccos l. fruits in yavoriv district. *Bulletin of Lviv National Environmental University. Series Agronomy*, (29), 15–21. https://doi.org/10.31734/agronomy2025.29.015

7. Holembovska, N. (2021). Research on changes of the quality indicators of semi-finished products during during storage. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, *23*(96), 23-27. https://doi.org/10.32718/nvlvet-f9605

8. Kovalchuk V., Zemelko M., & Bukhkalo S. (2024). *Pryklady dospidzhennia vlastyvostei miasnykh vyrobiv funktsionalnoho pryznachennia dlia kompleksnoi tekhnolohii [Examples of research into the properties of functional meat products for integrated technology].* Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «KhPI». Seriia: Innovatsiini doslidzhennia u naukovykh robotakh studentiv, (1 (1367)). 38-49. https://doi.org/10.20998/2220-4784.2024.01.06

9. Mitsyk V. Yu., Faivyshevskyi M. L., Yudina S. B., & Yulina A. I. (2020). *Tekhnolohiia vareno-kopchenykh kovbasnykh vyrobiv pidvyshchennoi kharchovoi tsinnosti [Technology of cooked-smoked sausage products of increased nutritional value].* Vidpovidalnyi za vypusk TI Yudina, d-r tekhn. nauk, prof. 101.

10. Bozhko N. V. (2022). *Doslidzhennia efektyvnosti korektsii perekisnoho okyslennia lipidiv v systemakh biolohichnoho pokhodzhennia z vykorystanniam bioflavonoidnoho kompleksu roslyn [Research into the effectiveness of correcting lipid peroxidation in systems of biological origin using a plant bioflavonoid complex].* Sumskyi derzhavnyi universytet: zvit pro NDR (ostatochnyi) / ker. N. V. Bozhko. Sumy: Sumskyi derzhavnyi universytet. 64 s. № 0120U101518.

11. Borodai A. B., Horobets O. M., Khomych G. P., Levchenko Y. V., & Matsuk Y. A. (2022). The use of fruit raw materials as a source of organic acids in the technology of small-piece meat semi-finished products. *Journal of Chemistry and Technologies*, *30*(4). 613-626. https://doi.org/10.15421/jchemtech.v30i4.260055

12. Blumberg, J. B., Camesano, T. A., Cassidy, A., Kris-Etherton, P., Howell, A., Manach, C., ... & Vita, J. A. (2013). Cranberries and their bioactive constituents in human health. *Advances in nutrition*, *4*(6), 618-632. https://doi.org/10.3945/an.113.004473

13. Nemzer, B. V., Al-Taher, F., Yashin, A., Revelsky, I., & Yashin, Y. (2022). Cranberry: chemical composition, antioxidant activity and impact on human health: overview. *Molecules*, *27*(5), 1503. https://doi.org/10.3390/molecules27051503

14. Tiwari, D. S., & Talreja, S. (2023). Health benefits of cranberries: An in-depth overview. *Health Science Journal*, *17*(9), 1-6.

15. Zhao, S., Liu, H., & Gu, L. (2020). American cranberries and health benefits–an evolving story of 25 years. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *100*(14), 5111-5116. https://doi.org/10.1002/jsfa.8882

16. DSTU 8661:2016 (2016). Sukhofrukty. Pravyla pryimannia ta metody vyprobuvan. Kyiv: Derzhavnyi standart Ukrainy. S. 15.

17. DSTU 6564:2005. (2005). Sensorni doslidzhennia. Metodolohiia. Metody stvorennia smakovoho spektru. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy. S. 11.

N. Holembovska, *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;* ***L. Bal-Prylipko****, Doctor of Technical Sciences, Professor****; I. M. Bal,*** *PhD Doctor of Philosophy;* ***R. Kononenko,*** *PhD in Veterinary Sciences, Associate Professor;* ***L. Tyshchenko,*** *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor (National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine).* ***Study of sensory characteristics of cranberries using the flavor profile method***

Abstract. *This article considers cranberries (Vaccinium oxycoccos L.) as a valuable berry raw material, which is characterized by a high content of biologically active substances, organic acids, vitamins, and antioxidants. Due to its pronounced taste properties and functional value, it is widely used in the production of food products. At the same time, one of the important criteria for assessing product quality is its sensory characteristics, which directly affect consumer preferences and competitiveness.*

The purpose of the study was to conduct a comparative sensory evaluation of dried cranberries from different manufacturers using descriptor-profile analysis to establish the features of their flavor formation and determine the sample with the most harmonious organoleptic properties.

The study comprised three samples of dried cranberries from different manufacturers. Sensory evaluation was carried out using the flavor profile method in accordance with DSTU ISO 6564:2005, with the participation of a tasting commission comprising four qualified experts. The intensity of 12 descriptors of appearance, aroma, taste, and consistency was assessed on a 5-point scale, followed by statistical analysis of the results.

It was established that all the studied samples met the regulatory requirements for organoleptic indicators. The best indicators were observed in sample 3, which exhibited maximum compliance with the standard for integrity, uniformity, saturation, berry aroma, and sour taste, indicating its high consumer appeal and prospects for use as a raw material for the production of functional food products.

Keywords: *Vaccinium oxycoccos L., dried berries, sensory analysis, flavor profile, descriptive analysis, organoleptic evaluation, functional foods.*

Дата першого надходження статті до видання: 12.07.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 08.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 663.252:634.836.12:551.583
DOI https://doi.org/10.37734/2518-7171-2026-2-3

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

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ СОРТУ ВИНОГРАДУ СУХОЛИМАНСЬКИЙ БІЛИЙ В УМОВАХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН: СТРУКТУРНО-АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД І КОНЦЕПЦІЯ АДАПТИВНОЇ ВІНІФІКАЦІЇ

Д. С. ЛЕОНІДОВ, аспірант
ORCID ID: 0009-0001-2201-6842
(Одеський національний технологічний університет)

Анотація. *Мета дослідження. Метою роботи є структурно-аналітичне узагальнення наукових даних щодо технологічного потенціалу українського технічного сорту винограду Сухолиманський білий за кліматичної мінливості, визначення рівня доказовості окремих технологічних підходів та формування сортоспецифічної концепції адаптивної вініфікації. Методика дослідження. Джерельну базу сформовано з 50 наукових, фундаментальних і нормативно-методичних джерел, включених до бібліографії статті. Застосовано структурований контент-аналіз із розподілом публікацій за сімома тематичними блоками та трьома рівнями доказовості: прямі дані щодо Сухолиманського білого; механістично релевантні дані, отримані для інших сортів Vitis vinifera L.; технологічні підходи, перспективні для сортоспецифічної експериментальної перевірки. Результати. Встановлено, що прямі сортоспецифічні дослідження становлять 4 із 50 джерел (8,0%), тоді як найбільші тематичні блоки пов'язані з кліматом, фенологією та адаптацією – 15 джерел (30,0%) і з мікробіологією, азотним статусом та non-Saccharomyces – 11 джерел (22,0%). Прямими дослідженнями підтверджено внутрішньосортову клонову мінливість за господарськими, фізико-хімічними та сенсорними характеристиками, а також залежність показників якості врожаю від температурних і вологісних умов. Показано, що за кліматичної мінливості технологічну зрілість доцільно оцінювати не лише за цукристістю та титрованою кислотністю, а й з урахуванням pH, співвідношення органічних кислот, ароматичної зрілості та азотного статусу сусла. Сформовано ієрархію доказовості для холодної мацерації, керування окисненням, температури ферментації, біопротекції та застосування non-Saccharomyces. Висновки. Запропоновано сортоспецифічну концепцію «кліматичні умови року – клон – технологічна зрілість – склад винограду – технологічне рішення – сенсорна якість», яка переводить огляд літератури у систему перевірюваних технологічних рішень. Визначено пріоритети подальших досліджень: багаторічний моніторинг pH та органічних кислот, леткого профілю, YAN, режимів мацерації, біопротекції, температури ферментації та біологічного підкислення.*

Ключові слова: *Сухолиманський білий, виноград, кліматичні зміни, технологічна зрілість, структурний аналіз літератури, кислотність, адаптивна вініфікація.*

Постановка проблеми. Кліматична мінливість змінює саму логіку визначення технологічної зрілості винограду. Jones та співавт. показали, що кліматичний сигнал здатний змінювати умови формування якості винограду і вина [5]. Duchêne і Schneider для Ельзасу зафіксували зміщення фенологічних фаз винограду в умовах потепління [6]. Webb та співавт. продемонстрували потенційне зміщення фенології винограду за майбутніх кліматичних сценаріїв [7]. Sadras і Petrie пов'язали ранню зрілість Chardonnay, Shiraz і Cabernet Sauvignon насамперед із раннім початком сезонного розвитку, а не лише з прискоренням самого достигання [8].

Для технології білих вин критичним є те, що цукронакопичення, кислотний баланс і ароматична зрілість можуть змінюватися не синхронно. Plantevin та співавт. встановили значні генотипові відмінності за кислотністю та pH ягід, що обмежує можливість переносити кількісні пороги одного сорту на інший [10]. Pons та співавт. показали багатофакторність кліматичного впливу на ароматичні сполуки та їх прекурсори [25]. Отже, технологічна зрілість має оцінюватися як багатокомпонентний стан сировини, а не як досягнення одного нормативного показника.

Для України особливого значення набувають сорти вітчизняної селекції. Ковальова та співавт. охарактеризували Сухолиманський білий і його клони в умовах півдня Одеської області та показали суттєву внутрішньосортову мінливість [1]. Подальше дослідження виноматеріалів урожаїв 2022–2024 рр. підтвердило відмінності клонів за фізико-хімічними й органолептичними показниками [2]. Ляшенко та співавт. встановили зв'язок показників якості врожаю з погодними умовами [3]. Ляшенко і Соборова раніше моделювали формування цукристості та титрованої кислотності технічних сортів Північного Причорномор'я під впливом агрометеорологічних факторів [4].

Проблема полягає в нерівномірності доказової бази. Для Сухолиманського білого існують прямі дані щодо клонової мінливості та базових показників якості, однак більшість сучасних

технологічних механізмів досліджено на інших сортах. Через це описовий перелік потенційно корисних прийомів може створювати хибне враження їх сортоспецифічної доведеності. Необхідним є не лише огляд літератури, а структурне розмежування прямих доказів, механістично релевантних даних і технологічних гіпотез.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Прямий сортоспецифічний блок представлений чотирма роботами. Ковальова та співавт. виділили перспективні клони Сухолиманського білого за господарськими характеристиками [1]. В окремому дослідженні ті самі автори показали клонові відмінності за фізико-хімічними та органолептичними властивостями виноматеріалів [2]. Ляшенко та співавт. кількісно оцінили зв'язки між погодними показниками і формуванням якості врожаю [3]. Ляшенко і Соборова запропонували агрометеорологічний підхід до моделювання якості технічного винограду в Північному Причорномор'ї [4].

Міжнародний блок кліматичних досліджень значно ширший. Rogiers та співавт. систематизували вплив кліматичних змін на достигання ягід та адаптаційні стратегії [9]. Mira de Orduña узагальнив вплив кліматичних змін на якість і виробництво винограду та вина [16]. Van Leeuwen і Darriet розглянули взаємозв'язок клімату, виноградарства та якості вина [17]. Van Leeuwen та співавт. систематизували адаптаційні можливості на рівні сортименту, агротехніки й управління виноградником [18]. Santos та співавт. узагальнили ризики й адаптаційні опції для європейського виноградарства [19]. Gutiérrez-Gamboa та співавт. проаналізували сучасні агротехнічні способи пом'якшення негативних наслідків глобального потепління [20].

Окремий напрям стосується кислотності та вторинного метаболізму. Sweetman та співавт. детально описали регуляцію метаболізму малату в ягоді винограду [22]. Etienne та співавт. узагальнили механізми накопичення й деградації органічних кислот у плодах [23]. Rienth та співавт. показали, що вторинні метаболіти ягід модулюються абіотичними факторами, причому напрям і величина ефекту залежать від метаболіту та умов [21].

Для ароматичної складової важливі роботи щодо мікроклімату грон. Ghiglieno та співавт. встановили вплив метеорологічних умов, затінення та видалення листків на якість сусла й норізопреноїди [12]. В іншій роботі автори показали зміни складу ягід Chardonnay і Pinot noir за різних режимів експозиції [13]. Martin та співавт. продемонстрували вплив мікроклімату грон на ароматичний склад Sauvignon blanc [15]. Ці результати є механістично релевантними, але не є прямим доказом оптимального режиму експозиції для Сухолиманського білого.

Технологічний блок охоплює строк збирання, мацерацію, кисень, температуру бродіння та мікробіологічні стратегії. Allamy та співавт. показали, що дата збирання впливає на ароматичний склад винограду і вина [24]. Alti-Palacios та співавт. встановили сортозалежний вплив холодної передферментаційної мацерації на леткий профіль білих вин [26]. Filipe-Ribeiro та співавт. продемонстрували важливість контролю кисню для хроматичних характеристик білих вин [33]. Molina та співавт. показали вплив температури ферментації на синтез дріжджових летких метаболітів [45].

Мікробіологічний напрям є одним із найбільш насичених. Puyo та співавт. проаналізували біопротекторний потенціал Metschnikowia pulcherrima та залежність ефекту від штаму й умов застосування [27]. Morata та співавт. узагальнили внесок non-Saccharomyces у формування свіжості вина [28]. Borren і Tian систематизували їх роль у формуванні ароматичної складності [29]. Vicente та співавт. узагальнили технологічну роль Lachancea thermotolerans [30]. Christofi та співавт. показали, що азот, доступний для дріжджів, впливає на кінетику ферментації, склад і сенсорний характер вина [32].

Таким чином, літературний масив містить достатньо інформації для формування концептуальної моделі, але недостатньо прямих сортоспецифічних даних для універсальної технологічної інструкції. Саме це протиріччя визначає необхідність структурно-аналітичного підходу.

Мета і завдання дослідження. Метою статті є на основі структурно-аналітичного узагальнення сучасних наукових публікацій встановити основні складові технологічного потенціалу сорту винограду Сухолиманський білий в умовах кліматичних змін, визначити рівень доказовості окремих технологічних підходів і сформувати сортоспецифічну концепцію адаптивної вініфікації.

Для досягнення мети поставлено такі завдання: 1) систематизувати джерельний масив за тематичними напрямами; 2) відокремити прямі дані щодо Сухолиманського білого від порівняльних даних для інших сортів; 3) встановити ключові кліматично чутливі складові технологічної зрілості; 4) критично оцінити доказовість передферментаційних, ферментаційних і мікробіологічних інструментів; 5) визначити наукові прогалини; 6) сформувати концептуальну модель прийняття адаптивних технологічних рішень.

Об'єкт, предмет і методи дослідження. Об'єкт дослідження – технологічний потенціал сорту винограду Сухолиманський білий у системі виробництва білих столових вин за змінних кліматичних умов. Предмет дослідження – опубліковані дані щодо клонової мінливості, погодної чутливості, технологічної зрілості, кислотного, ароматичного та фенольного потенціалу винограду, а також технологічних прийомів, здатних модифікувати склад і сенсорні властивості білих вин.

Матеріалом слугували 50 джерел, включених до бібліографічного списку статті: 42 журнальні наукові публікації (оригінальні дослідження та огляди), 5 монографій і фундаментальних фахових видань, 2 нормативно-методичні документи OIV та 1 синтетичний звіт IPCC. Для кожного джерела вручну кодували домінантний предмет дослідження за назвою, об'єктом, змістом і тим результатом, який використано в цій статті. Одне джерело відносили лише до одного домінантного тематичного блоку, що виключало подвійний підрахунок; повний розподіл усіх 50 позицій наведено в табл. 1.

Структурний аналіз виконувався у два етапи. На першому етапі джерела розподілено на сім тематичних блоків: прямі дані для Сухолиманського білого; клімат, фенологія та адаптація; кислотність і технологічна зрілість; аромат, склад ягід і мікроклімат; вініфікація та контроль процесу; мікробіологія, азот, доступний для дріжджів (YAN), і non-Saccharomyces; фундаментальні джерела та стандарти. На другому етапі твердження, що стосувалися можливого перенесення результатів на Сухолиманський білий, оцінювали за трирівневою шкалою: I – прямі сортоспецифічні дані; II – механістично релевантні порівняльні дані для Vitis vinifera L. та виноградо-виноробних систем із відповідним біохімічним або технологічним механізмом; III – технологічні гіпотези, перспективність яких для Сухолиманського білого потребує прямої експериментальної перевірки.

Застосований підхід є структурованим контент-аналізом сформованого корпусу джерел. Його завданням було не оцінювання цитованості чи бібліографічних зв'язків, а кількісно прозоре відображення тематичної структури саме тієї доказової бази, на якій побудовано огляд. Таке обмеження не дозволяє трактувати отриманий розподіл як бібліометричну карту всього наукового поля, але робить процедуру класифікації відтворюваною в межах наведених 50 джерел.

Результати структурно-аналітичного узагальнення

1. Тематична структура джерельного масиву

Розподіл 50 джерел виявив виражену нерівномірність дослідницького поля. Найбільший блок становлять праці з клімату, фенології та адаптації – 15 джерел (30,0%). Мікробіології, азотному статусу та non-Saccharomyces присвячено 11 джерел (22,0%). Фундаментальні праці та стандарти становлять 7 джерел (14,0%), аромат, склад ягід і мікроклімат – 6 (12,0%), прямі дані для Сухолиманського білого – 4 (8,0%), вініфікація та контроль процесу – 4 (8,0%), кислотність і технологічна зрілість – 3 (6,0%). Сума категорій становить 50 джерел (100,0%), оскільки подвійне віднесення не застосовувалося.

Кількісний розподіл показує головну наукову прогалину: прямі сортоспецифічні дослідження становлять лише 8,0% джерельного масиву. Тому науково коректна модель повинна чітко відділяти те, що вже доведено для Сухолиманського білого, від того, що лише обґрунтовує напрям майбутнього експерименту.

2. Клонова мінливість як перший рівень адаптації

Ковальова та співавт. дослідили 13 клонів Сухолиманського білого і виділили 89162, 81123, 80121 та 41111 за комплексом господарських характеристик [1]. У наступній роботі серед виноматеріалів урожаїв 2022–2024 рр. високі дегустаційні оцінки й оригінальність профілю мали, зокрема, клони 81123, 54182, 89162 та 41111 [2]. Порівняння цих двох робіт показує, що агробіологічна перевага і сенсорна перевага не є повністю тотожними категоріями. Отже, клон у системі адаптивної вініфікації слід розглядати не лише як фактор урожайності, а як джерело варіабельності складу сировини та майбутнього стилю вина.

Цей висновок є прямим сортоспецифічним результатом і має найвищий рівень доказовості в межах огляду. Водночас наявні публікації не дозволяють ранжувати клони за стабільністю pH, винної та яблучної кислот або за інструментально визначеним ароматичним профілем у контрастні за температурою і вологозабезпеченням роки. Саме ця відсутність багаторічної стабільності показників є першою дослідницькою прогалиною.

3. Погодні умови і технологічна зрілість

Ляшенко і Соборова показали можливість моделювання формування цукристості та титрованої кислотності технічного винограду за агрометеорологічними показниками Північного Причорномор'я [4]. Польові дані Ляшенко та

Таблиця 1

Відтворювана тематична класифікація 50 джерел (номери наведено за списком літератури)

Тематичний блок	Номери джерел	Кількість	Частка, %
Клімат, фенологія та адаптація	5, 6, 7, 8, 9, 11, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 41, 42, 43	15	30,0
Мікробіологія, YAN і non-Saccharomyces	27, 28, 29, 30, 31, 32, 46, 47, 48, 49, 50	11	22,0
Фундаментальні джерела та стандарти	34, 35, 36, 37, 38, 39, 40	7	14,0
Аромат, склад ягід і мікроклімат	12, 13, 15, 21, 24, 25	6	12,0
Прямі дані для Сухолиманського білого	1, 2, 3, 4	4	8,0
Вініфікація та контроль процесу	26, 33, 44, 45	4	8,0
Кислотність і технологічна зрілість	10, 22, 23	3	6,0

співавт. підтвердили для Сухолиманського білого зв'язок показників якості з температурними й вологісними характеристиками [3]. Для зв'язку титрованої кислотності з чотирма показниками ресурсів тепла в цій роботі наведено коефіцієнти детермінації R^2 = 0,32; 0,33; 0,35 і 0,23 [3]. Отже, навіть у межах теплового блоку пояснена частка варіації є помірною, що не дозволяє зводити формування кислотності до одного температурного чинника.

Механістичне пояснення цієї залежності дає робота Sweetman та співавт., у якій метаболізм малату розглядається як динамічний процес, пов'язаний із розвитком і диханням плоду [22]. Plantevin та співавт. показали, що кислотність і pH мають виражений генотиповий компонент [10]. Звідси випливає важливе обмеження: міжнародні дані підтверджують механізм кліматичного ризику, але не дозволяють встановити числовий поріг pH або яблучної кислоти саме для Сухолиманського білого без прямого експерименту.

Для практичної оцінки технологічної зрілості це означає перехід від пари «цукристість – титрована кислотність» до розширеного набору показників: цукри, титрована кислотність, pH, винна та яблучна кислоти, маса ягоди, фенольне навантаження, ароматичні прекурсори та YAN. Keller обґрунтовує фізіологічну взаємопов'язаність процесів достигання ягід [34]. Jackson систематизує технологічне значення pH, кислотності та складу сусла для виноробства [35].

4. Мікроклімат грон та ароматична зрілість

Ghiglieno та співавт. показали, що метеорологічні умови й керування листковим апаратом змінюють якість сусла та норізопреноїдний потенціал [12]. Окрема робота тих самих авторів продемонструвала зміни складу ягід Chardonnay і Pinot noir за видалення листків і штучного затінення [13]. Martin та співавт. встановили вплив мікроклімату грон на ароматичний склад Sauvignon blanc [15]. Сукупно ці роботи підтверджують не конкретну рекомендацію для Сухолиманського білого, а принцип: температура й експозиція грон можуть змінювати ароматичний потенціал незалежно від загальної цукристості.

Pons та співавт. підкреслюють багатофакторний характер впливу кліматичних змін на ароматичні сполуки та їх прекурсори [25]. Тому дата збирання, визначена лише за масовою концентрацією цукрів, може не збігатися з оптимумом ароматичної зрілості. Для Сухолиманського білого сенсорні відмінності клонів уже зафіксовані [2], однак зв'язок цих відмінностей із конкретними леткими маркерами та odor activity values у проаналізованих джерелах не встановлено.

5. Передферментаційні операції: від потенційної користі до критерію застосування

Alti-Palacios та співавт. показали, що холодна передферментаційна мацерація змінює леткий профіль і аромат білих вин, причому ефект залежить від сорту [26]. Це робить некоректним твердження про універсальну користь мацерації. Для Сухолиманського білого рішення має залежати від співвідношення потенційної екстракції ароматичних прекурсорів, фенольного навантаження та ризику окиснення.

Waterhouse, Sacks і Jeffery детально описують хімічні механізми окиснення та роль фенольних

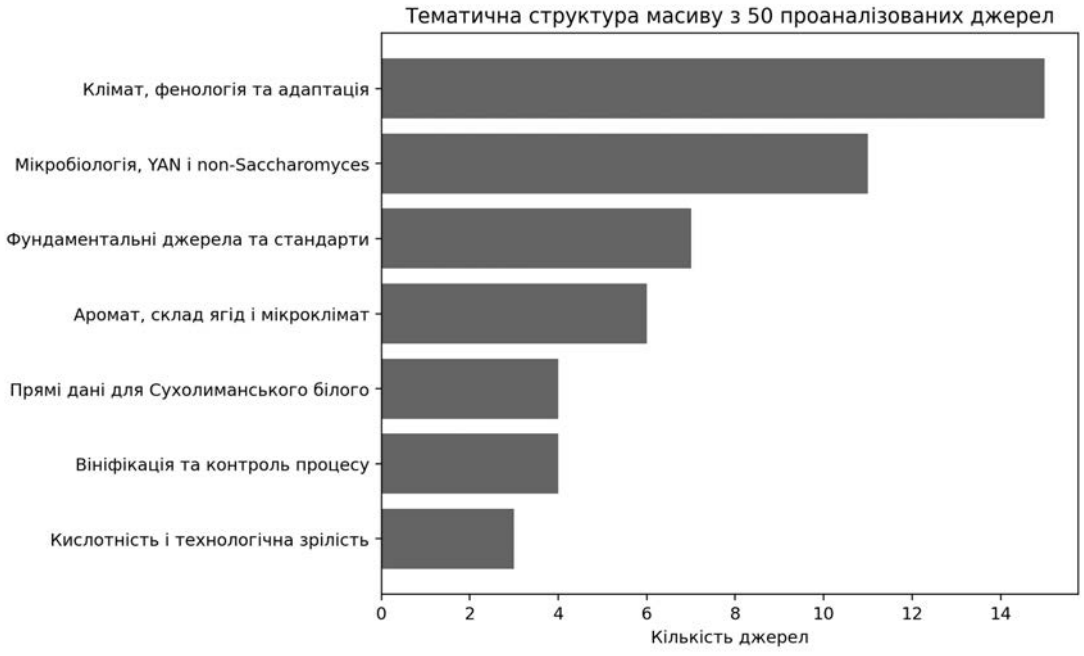


Рис. 1. Тематична структура 50 джерел

субстратів у вині [36]. Filipe-Ribeiro та співавт. показали негативний вплив кисневої експозиції на хроматичні характеристики білого вина і можливість його зменшення деоксигенацією [33]. Отже, для Сухолиманського білого передферментаційний контакт зі шкіркою слід досліджувати разом із контролем кисню, а не як ізольований технологічний фактор.

Casassa і Sari досліджували cold soak у Malbec [44]. Ця робота може бути використана лише для розуміння принципів масопереносу та сенсорних наслідків передферментаційної екстракції, але не як прямий доказ оптимального режиму для білого сорту. Таке розмежування є принциповим для академічної доброчесності оглядової статті.

6. Температура ферментації та азотний статус як взаємодіючі фактори

Molina та співавт. встановили, що температура ферментації змінює синтез дріжджових летких ароматичних сполук [45]. Christofi та співавт. показали для Assyrtiko, що YAN впливає на кінетику бродіння, хімічний склад і сенсорні характеристики вина [32]. Отже, оптимізація температури без урахування азотного статусу сусла є методологічно неповною.

Для Сухолиманського білого в проаналізованому корпусі не виявлено систематичних сортоспецифічних даних щодо YAN у контрастні роки. Так само не виявлено факторного експерименту «штам S. cerevisiae × температура × склад сусла». Тому числові рекомендації щодо оптимальної температури бродіння або корекції азотного живлення для цього сорту в межах огляду не формулюються; ці параметри мають статус напрямів для прямої експериментальної перевірки.

7. Non-Saccharomyces та біологічне керування кислотністю

Morata та співавт. розглядають non-Saccharomyces як інструмент збереження або посилення свіжості вина [28]. Vicente та співавт. систематизують роль Lachancea thermotolerans у винній технології, включаючи здатність окремих штамів продукувати молочну кислоту [30]. Benito показав виражену штамову варіабельність технологічних ефектів L. thermotolerans [47]. Hranilovic та співавт. також продемонстрували різноманітність енологічних ознак цього виду [46].

Для Сухолиманського білого біологічне підкислення є логічно обґрунтованим лише для партій із недостатньою природною кислотністю або підвищеним pH. Його не слід позиціонувати як стандартну операцію. Перед застосуванням необхідно визначати вихідний pH, титровану кислотність і профіль органічних кислот, а ефект конкретного штаму перевіряти в сортовій матриці.

Puyo та співавт. показали потенціал Metschnikowia pulcherrima для біопротекції та одночасно наголосили на залежності результату від штаму, мікробіоти й умов застосування [27]. Varela узагальнив ширший біотехнологічний потенціал non-Saccharomyces у ферментованих напоях [49]. Для Сухолиманського білого ці дані визначають перспективний експериментальний напрям, але не доводять можливість повної заміни SO_2.

8. Ієрархія доказовості та наукові прогалини

9. Сортоспецифічна концепція адаптивної вініфікації

Таблиця 2

Ієрархія доказовості та ключові наукові прогалини щодо Сухолиманського білого

Компонент	Що підтверджено	Рівень доказовості	Що потрібно перевірити
Клонова мінливість	Відмінності продуктивності, цукристості, кислотності та сенсорного профілю [1]; сенсорні й фізико-хімічні відмінності виноматеріалів [2]	I – прямі дані	Стабільність pH, кислотного та леткого профілю клонів у контрастні роки
Погодні умови	Зв'язок якості врожаю з температурними та вологісними показниками [3]	I – прямі дані	Багаторічна динаміка pH, винної й яблучної кислот
Малат і pH	Температурна чутливість малатного метаболізму [22]; генотипові відмінності pH [10]	II – механістичні дані	Кількісна реакція Сухолиманського білого
Мікроклімат грон	Вплив експозиції на склад ягід [13] та аромат Sauvignon blanc [15]	II – порівняльні дані	Оптимальна експозиція грон для сорту
Холодна мацерація	Сортозалежна зміна аромату білих вин [26]	III – технологічна гіпотеза	Температура, тривалість, фенольне навантаження й окиснюваність
Температура бродіння	Вплив на дріжджові леткі метаболіти [45]	III – технологічна гіпотеза	Взаємодія «штам × температура × рік»
YAN	Вплив на кінетику, склад і сенсорний профіль Assyrtiko [32]	II – порівняльні дані; III – рекомендації для сорту	Сортоспецифічні діапазони та потреба в корекції
L. thermotolerans	Потенціал біологічного підкислення [30]	III – технологічна гіпотеза	Штам, схема інокуляції та сенсорний ефект
M. pulcherrima	Біопротекторний потенціал [27]	III – технологічна гіпотеза	Сумісність із матрицею сорту та режимом SO_2

Таблиця 3

Матриця прийняття адаптивних технологічних рішень для Сухолиманського білого

Вхідний блок	Контрольні показники	Технологічне рішення	Критерій результату
Клімат і рік	Температура, вологозабезпечення, тепловий стрес	Частота контролю достигання, дата збирання	Баланс зрілості без втрати свіжості
Клон	Продуктивність, базовий склад, сенсорна специфіка	Диференційована переробка клонів	Стабільність стилю
Технологічна зрілість	Цукри, ТА, pH, винна/яблучна кислоти	Дата збирання, потреба в корекції кислотності	Кислотний баланс
Аромат/феноли	Прекурсори, феноли, окиснюваність	Мацерація, пресування, захист від O_2	Ароматична виразність без гіркоти/окиснення
Ферментаційна матриця	YAN, pH, температура сусла	Штам, температура, живлення	Повнота бродіння та чистота аромату
Мікробіологічна стратегія	Вихідна мікробіота, pH, цільовий стиль	S. cerevisiae / non-Saccharomyces / біопротекція	Стабільність, кислотність, сенсорний профіль

Результатом структурного аналізу є не набір універсальних технологічних режимів, а послідовність прийняття рішень. Перший рівень – умови року: теплозабезпечення, водний режим і мікроклімат зони плодоношення. Другий – клон як джерело внутрішньосортової варіабельності. Третій – фактична технологічна зрілість, визначена за комплексом цукрів, титрованої кислотності, pH та органічних кислот. Четвертий – розширені характеристики: ароматичний, фенольний і азотний потенціал. Лише після цього обираються технологічні операції: дата збирання, контакт зі шкіркою, контроль кисню, температура ферментації, штам дріжджів і, за потреби, біологічне регулювання кислотності.

Концептуальна послідовність адаптивної вініфікації: кліматичні умови року → клон → технологічна зрілість → склад винограду → технологічне рішення → сенсорна якість.

Наукова новизна

Наукова новизна роботи полягає у трьох взаємопов'язаних результатах. По-перше, 50 джерел не лише описано, а структуровано за сімома тематичними блоками з кількісним визначенням їх частки, що дозволило встановити дисбаланс між широкою міжнародною доказовою базою та малою кількістю прямих досліджень Сухолиманського білого. По-друге, запропоновано трирівневу ієрархію доказовості, яка відокремлює прямі сортоспецифічні результати від механістично релевантних порівняльних даних і технологічних гіпотез. По-третє, сформовано сортоспецифічну концепцію адаптивної вініфікації, у якій технологічне рішення є функцією умов року, клону та фактичного багатокомпонентного складу сировини, а не наперед заданої технологічної схеми.

Практична цінність концепції полягає в тому, що вона визначає не «кращий» універсальний режим, а набір вимірюваних критеріїв, за якими режим має обиратися. Це створює основу для подальшого факторного експерименту та багаторічної бази «погодні умови – клон – склад винограду – параметри вініфікації – склад вина – сенсорна оцінка».

Висновки та перспективи подальших досліджень

1. Структурний аналіз 50 джерел показав, що найбільша частка сформованого корпусу стосується клімату, фенології та адаптації – 15 джерел (30,0%), тоді як прямі дані щодо Сухолиманського білого представлені 4 джерелами (8,0%). Це визначає необхідність чіткого розмежування сортоспецифічних висновків і результатів, перенесених з інших виноградо-виноробних систем.

2. Прямими дослідженнями підтверджено клонову мінливість Сухолиманського білого за господарськими, фізико-хімічними та сенсорними характеристиками [1]. Окрема оцінка виноматеріалів підтвердила відмінності клонів за органолептичним профілем [2]. Отже, клон доцільно включати до моделі технологічної адаптації як самостійний фактор.

3. Для Сухолиманського білого підтверджено зв'язок показників якості врожаю з температурними та вологісними умовами [3]. Водночас наявні дані не дозволяють пояснити всю мінливість якості лише температурою, що обґрунтовує багатофакторну оцінку року.

4. Кліматично адаптивна оцінка технологічної зрілості повинна доповнювати цукристість і титровану кислотність показниками pH, винної та яблучної кислот, а надалі – YAN, фенольним і ароматичним потенціалом. Така потреба випливає з генотипових відмінностей кислотності [10] та температурної чутливості метаболізму малату [22].

5. Холодна мацерація, біопротекція, біологічне підкислення та вибір температури ферментації є науково обґрунтованими напрямами дослідження, але не готовими сортоспецифічними рекомендаціями. Їх ефективність для Сухолиманського білого потребує прямої експериментальної перевірки.

6. Запропонована концепція «кліматичні умови року – клон – технологічна зрілість – склад винограду – технологічне рішення – сенсорна якість»

узгоджує назву, мету, завдання та результати роботи і формує основу для переходу від фіксованої технологічної схеми до адаптивної вініфікації.

7. Пріоритетними подальшими дослідженнями є: багаторічний моніторинг pH та винної/яблучної кислот; GC–MS-профілювання летких сполук; визначення YAN; факторні досліди зі строком збирання і холодною мацерацією; оцінка взаємодії «штам × температура»; перевірка L. thermotolerans і M. pulcherrima у сортовій матриці; інтеграція інструментальних показників із дескриптивним сенсорним аналізом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ковальова І. А., Герус Л. В., Салій О. В., Івашко О. Г. Основні господарські характеристики сорту Сухолиманський білий та його клонів в умовах півдня Одеської області. *Вісник виноградарства і виноробства*. 2024. Вип. 3. С. 37–41. https://www.viticulture-winemaking.org.ua/visnyk-vynogradarstva-i-vynorobstva-3-2024-37-41-s/

2. Ковальова І. А., Герус Л. В., Древова С. С., Салій О. В., Івашко О. Г. Фізико-хімічна та органолептична характеристика клонів сорту винограду Сухолиманський білий в умовах Півдня Одеської області. *Вісник виноградарства і виноробства*. 2025. Вип. 4. С. 35–40. https://www.viticulture-winemaking.org.ua/visnyk-vynogradarstva-i-vynorobstva-4-2025-35-40-s/

3. Ляшенко Г. В., Мельник Е. Б., Бузовська М. Б., Булаєва Ю. Ю., Попова Г. К., Мандич О. М. Дослідження впливу погодних умов на формування якості врожаю винограду за результатами польового досліду. *Вісник виноградарства і виноробства.* 2025. Вип. 4. С. 57–64. https://www.viticulture-winemaking.org.ua/visnyk-vynogradarstva-i-vynorobstva-4-2025-57-64-s/

4. Ляшенко Г. В., Соборова О. М. Моделювання формування якості винограду технічних сортів під впливом агрометеорологічних умов в Північному Причорномор'ї. *Фізична географія та геоморфологія*. 2017. Вип. 1(85). С. 113–121.

5. Jones G. V., White M. A., Cooper O. R., Storchmann K. Climate change and global wine quality. Climatic Change. 2005. Vol. 73. P. 319–343. DOI: 10.1007/s10584-005-4704-2.

6. Duchêne E., Schneider C. Grapevine and climatic changes: a glance at the situation in Alsace. *Agronomy for Sustainable Development*. 2005. Vol. 25. P. 93–99. DOI: 10.1051/agro:2004057.

7. Webb L. B., Whetton P. H., Barlow E. W. R. Modelled impact of future climate change on the phenology of winegrapes in Australia. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2007. Vol. 13. P. 165–175. DOI: 10.1111/j.1755-0238.2007.tb00247.x.

8. Sadras V. O., Petrie P. R. Climate shifts in south-eastern Australia: early maturity of Chardonnay, Shiraz and Cabernet Sauvignon is associated with early onset rather than faster ripening. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2011. Vol. 17. P. 199–205. DOI: 10.1111/j.1755-0238.2011.00138.x.

9. Rogiers S. Y., Greer D. H., Liu Y., Baby T., Xiao Z. Impact of climate change on grape berry ripening: an assessment of adaptation strategies for the Australian vineyard. *Frontiers in Plant Science*. 2022. Vol. 13. Art. 1094633. DOI: 10.3389/fpls.2022.1094633.

10. Plantevin M., Merpault Y., Lecourt J., Destrac-Irvine A., Dijkstra L., van Leeuwen C. Characterization of varietal effects on the acidity and pH of grape berries for selection of varieties better adapted to climate change. *Frontiers in Plant Science.* 2024. Vol. 15. Art. 1439114. DOI: 10.3389/fpls.2024.1439114.

11. Vršič S., Pulko B., Vodovnik-Plevnik T., Perko A. The impact of climatic warming on earlier wine-grape ripening in northeastern Slovenia. *Horticulturae*. 2024. Vol. 10, No. 6. Art. 611. DOI: 10.3390/horticulturae10060611.

12. Ghiglieno I., Carlin S., Cola G., Vrhovsek U., Valenti L., Garcia-Aloy M., Mattivi F. Impact of meteorological conditions, canopy shading and leaf removal on yield, must quality, and norisoprenoid compounds content in Franciacorta sparkling wine. *Frontiers in Plant Science*. 2023. Vol. 14. Art. 1125560. DOI: 10.3389/fpls.2023.1125560.

13. Ghiglieno I., Mattivi F., Cola G., Trionfini D., Perenzoni D., Simonetto A., Gilioli G., Valenti L. The effects of leaf removal and artificial shading on the composition of Chardonnay and Pinot noir grapes. *OENO One*. 2020. Vol. 54. P. 761–777. DOI: 10.20870/oeno-one.2020.54.4.2556.

14. Greer D. H. The impact of high temperatures on Vitis vinifera cv. Semillon grapevine performance and berry ripening. *Frontiers in Plant Science*. 2013. Vol. 4. Art. 491. DOI: 10.3389/fpls.2013.00491.

15. Martin D., Grose C., Fedrizzi B., Stuart L., Albright A., McLachlan A. Grape cluster microclimate influences the aroma composition of Sauvignon blanc wine. *Food Chemistry*. 2016. Vol. 210. P. 640–647. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.05.010.

16. Mira de Orduña R. Climate change associated effects on grape and wine quality and production. *Food Research International*. 2010. Vol. 43, No. 7. P. 1844–1855. DOI: 10.1016/j.foodres.2010.05.001.

17. van Leeuwen C., Darriet P. The impact of climate change on viticulture and wine quality. *Journal of Wine Economics*. 2016. Vol. 11, No. 1. P. 150–167. DOI: 10.1017/jwe.2015.21.

18. van Leeuwen C., Destrac-Irvine A., Dubernet M., Duchêne E., Gowdy M., Marguerit E., Pieri P., Parker A., de Rességuier L., Ollat N. An update on the impact of climate change in viticulture and potential adaptations. *Agronomy*. 2019. Vol. 9, No. 9. Art. 514. DOI: 10.3390/agronomy9090514.

19. Santos J. A., Fraga H., Malheiro A. C., Moutinho-Pereira J., Dinis L. T., Correia C., Moriondo M., Leolini L., Dibari C., Costafreda-Aumedes S., Kartschall T., Menz C., Molitor D., Junk J., Beyer M., Schultz H. R. A review of the potential climate change impacts and adaptation options for European viticulture. *Applied Sciences*. 2020. Vol. 10, No. 9. Art. 3092. DOI: 10.3390/app10093092.

20. Gutiérrez-Gamboa G., Zheng W., Martínez de Toda F. Current viticultural techniques to mitigate the effects of global warming on grape and wine quality: A comprehensive review. *Food Research International*. 2021. Vol. 139. Art. 109946. DOI: 10.1016/j.foodres.2020.109946.

21. Rienth M., Vigneron N., Darriet P., Sweetman C., Burbidge C., Bonghi C., Walker R. P., Famiani F., Castellarin S. D. Grape berry secondary metabolites and their modulation by abiotic factors in a climate change scenario: A review. *Frontiers in Plant Science*. 2021. Vol. 12. Art. 643258. DOI: 10.3389/fpls.2021.643258.

22. Sweetman C., Deluc L. G., Cramer G. R., Ford C. M., Soole K. L. Regulation of malate metabolism in grape berry and other developing fruits. *Phytochemistry*. 2009. Vol. 70, No. 11–12. P. 1329–1344. DOI: 10.1016/j.phytochem.2009.08.006.

23. Etienne A., Génard M., Lobit P., Mbéguié-A-Mbéguié D., Bugaud C. What controls fleshy fruit acidity? A review of malate and citrate accumulation in fruit cells. *Journal of Experimental Botany*. 2013. Vol. 64, No. 6. P. 1451–1469. DOI: 10.1093/jxb/ert035.

24. Allamy L., van Leeuwen C., Pons A. Impact of harvest date on aroma compound composition of Merlot and Cabernet-Sauvignon must and wine in a context of climate change: a focus on cooked fruit molecular markers. *OENO* One. 2023. Vol. 57, No. 3. DOI: 10.20870/oeno-one.2023.57.3.7458.

25. Pons A., Allamy L., Schüttler A., Rauhut D., Thibon C., Darriet P. What is the expected impact of climate change on wine aroma compounds and their precursors in grape? *OENO One*. 2017. Vol. 51, No. 2. DOI: 10.20870/oeno-one.2017.51.2.1868.

26. Alti-Palacios L., Martínez J., Teixeira J. A. C., Câmara J. S., Perestrelo R. Influence of cold pre-fermentation maceration on the volatilomic pattern and aroma of white wines. Foods. 2023. Vol. 12, No. 6. Art. 1135. DOI: 10.3390/foods12061135.

27. Puyo M., Simonin S., Bach B., Klein G., Alexandre H., Tourdot-Maréchal R. Bio-protection in oenology by Metschnikowia pulcherrima: from field results to scientific inquiry. *Frontiers in Microbiology*. 2023. Vol. 14. Art. 1252973. DOI: 10.3389/fmicb.2023.1252973.

28. Morata A., Escott C., Bañuelos M. A., Loira I., Del Fresno J. M., González C., Suárez-Lepe J. A. Contribution of non-Saccharomyces yeasts to wine freshness: A review. *Biomolecules*. 2020. Vol. 10, No. 1. Art. 34. DOI: 10.3390/biom10010034.

29. Borren E., Tian B. The important contribution of non-Saccharomyces yeasts to the aroma complexity of wine: A review. *Foods*. 2021. Vol. 10, No. 1. Art. 13. DOI: 10.3390/foods10010013.

30. Vicente J., Navascués E., Calderón F., Santos A., Marquina D., Benito S. An integrative view of the role of Lachancea thermotolerans in wine technology. *Foods*. 2021. Vol. 10, No. 11. Art. 2878. DOI: 10.3390/foods10112878.

31. Benito Á., Calderón F., Palomero F., Benito S. Quality and composition of Airén wines fermented by sequential inoculation of Lachancea thermotolerans and Saccharomyces cerevisiae. *Food Technology and Biotechnology*. 2016. Vol. 54, No. 2. P. 135–144. DOI: 10.17113/ftb.54.02.16.4220.

32. Christofi S., Papanikolaou S., Dimopoulou M., Terpou A., Cioroiu I. B., Cotea V., Kallithraka S. Effect of yeast assimilable nitrogen content on fermentation kinetics, wine chemical composition and sensory character in the production of Assyrtiko wines. *Applied Sciences*. 2022. Vol. 12, No. 3. Art. 1405. DOI: 10.3390/app12031405.

33. Filipe-Ribeiro L., Rodrigues S., Nunes F. M., Cosme F. Reducing the negative effect on white wine chromatic characteristics due to the oxygen exposure during transportation by the deoxygenation process. *Foods*. 2021. Vol. 10, No. 9. Art. 2023. DOI: 10.3390/foods10092023.

34. Keller M. The Science of Grapevines: Anatomy and Physiology. 3rd ed. London: Academic Press, 2020.

35. Jackson R. S. Wine Science: Principles and Applications. 5th ed. London: Academic Press, 2020.

36. Waterhouse A. L., Sacks G. L., Jeffery D. W. Understanding Wine Chemistry. Chichester: Wiley, 2016.

37. Ribéreau-Gayon P., Dubourdieu D., Donèche B., Lonvaud A. Handbook of Enology. Vol. 1: The Microbiology of Wine and Vinifications. 3rd ed. Chichester: Wiley, 2021.

38. Ribéreau-Gayon P., Glories Y., Maujean A., Dubourdieu D. Handbook of Enology. Vol. 2: The Chemistry of Wine Stabilization and Treatments. 3rd ed. Chichester: Wiley, 2021.

39. International Organisation of Vine and Wine. Compendium of International Methods of Wine and Must Analysis. Paris: OIV, 2025.

40. International Organisation of Vine and Wine. International Code of Oenological Practices. Paris: OIV, 2025.

41. IPCC. Climate Change 2023: Synthesis Report. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023. DOI: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.

42. Schultz H. R. Climate change and viticulture: a European perspective on climatology, carbon dioxide and UV-B effects. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2000. Vol. 6. P. 2–12. DOI: 10.1111/j.1755-0238.2000.tb00156.x.

43. van Leeuwen C., Tregoat O., Choné X., Bois B., Pernet D., Gaudillère J. P. Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red Bordeaux wine. How can it be assessed for vineyard management purposes? *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin.* 2009. Vol. 43. P. 121–134. DOI: 10.20870/oeno-one.2009.43.3.798.

44. Casassa L. F., Sari S. E. Sensory and chemical effects of two alternatives of pre-fermentation cold soak in Malbec wines. *International Journal of Food Science & Technology*. 2015. Vol. 50. P. 1044–1052. DOI: 10.1111/ijfs.12723.

45. Molina A. M., Swiegers J. H., Varela C., Pretorius I. S., Agosin E. Influence of wine fermentation temperature on the synthesis of yeast-derived volatile aroma compounds. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2007. Vol. 77. P. 675–687. DOI: 10.1007/s00253-007-1194-3.

46. Hranilovic A., Gambetta J. M., Schmidtke L., Boss P. K., Grbin P. R., Masneuf-Pomarède I., Bely M., Albertin W., Jiranek V. Oenological traits of Lachancea thermotolerans show signs of domestication and allopatric differentiation. *Scientific Reports*. 2018. Vol. 8. Art. 14812. DOI: 10.1038/s41598-018-33105-7.

47. Benito S. The impacts of Lachancea thermotolerans yeast strains on winemaking. *Applied Microbiology and Biotechnology.* 2018. Vol. 102. P. 6775–6790. DOI: 10.1007/s00253-018-9117-z.

48. Morata A., Loira I., Tesfaye W., Bañuelos M. A., González C., Suárez Lepe J. A. Lachancea thermotolerans applications in wine technology. *Fermentation*. 2018. Vol. 4, No. 3. Art. 53. DOI: 10.3390/fermentation4030053.

49. Varela C. The impact of non-Saccharomyces yeasts in the production of alcoholic beverages. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2016. Vol. 100. P. 9861–9874. DOI: 10.1007/s00253-016-7941-6.

50. Padilla B., Gil J. V., Manzanares P. Past and future of non-Saccharomyces yeasts: from spoilage microorganisms to biotechnological tools for improving wine aroma complexity. *Frontiers in Microbiology*. 2016. Vol. 7. Art. 411. DOI: 10.3389/fmicb.2016.00411.

REFERENCES

1. Kovalova, I. A., Herus, L. V., Salii, O. V., & Ivashko, O. H. (2024). Osnovni hospodarski kharakterystyky sortu Sukholymanskyi bilyi ta yoho kloniv v umovakh pivdnia Odeskoi oblasti [Main economic characteristics of the Sukholymanskyi Bilyi variety and its clones under conditions of southern Odesa region]. Visnyk vynohradarstva i vynorobstva, (3), 37–41. https://www.viticulture-winemaking.org.ua/visnyk-vynogradarstva-i-vynoroborstva-3-2024-37-41-s/ [in Ukrainian]

2. Kovalova, I. A., Herus, L. V., Drevova, S. S., Salii, O. V., & Ivashko, O. H. (2025). Fizyko-khimichna ta orhanoleptychna kharakterystyka kloniv sortu vynohradu Sukholymanskyi bilyi v umovakh Pivdnia Odeskoi oblasti [Physicochemical and organoleptic characteristics of Sukholymanskyi Bilyi grape clones under conditions of southern Odesa region]. Visnyk vynohradarstva i vynorobstva, (4), 35–40. https://www.viticulture-winemaking.org.ua/visnyk-vynogradarstva-i-vynorobstva-4-2025-35-40-s/ [in Ukrainian]

3. Liashenko, H. V., Melnyk, E. B., Buzovska, M. B., Bulaieva, Yu. Yu., Popova, H. K., & Mandych, O. M. (2025). Doslidzhennia vplyvu pohodnykh umov na formuvannia yakosti vrozhaiu vynohradu za rezultatamy polovoho doslidu [Study of the influence of weather conditions on grape crop quality based on field experiment results]. Visnyk vynohradarstva i vynorobstva, (4), 57–64. https://www.viticulture-winemaking.org.ua/visnyk-vynogradarstva-i-vynorobstva-4-2025-57-64-s/ [in Ukrainian]

4. Liashenko, H. V., & Soborova, O. M. (2017). Modeliuvannia formuvannia yakosti vynohradu tekhnichnykh sortiv pid vplyvom ahrometeorolohichnykh umov v Pivnichnomu Prychornomori [Modelling the formation of wine-grape quality under agrometeorological conditions in the Northern Black Sea region]. Fizychna heohrafiia ta heomorfolohiia, (1(85)), 113–121. [in Ukrainian]

5. Jones, G. V., White, M. A., Cooper, O. R., & Storchmann, K. (2005). Climate change and global wine quality. Climatic Change, 73, 319–343. https://doi.org/10.1007/s10584-005-4704-2

6. Duchêne, E., & Schneider, C. (2005). Grapevine and climatic changes: A glance at the situation in Alsace. Agronomy for Sustainable Development, 25, 93–99. https://doi.org/10.1051/agro:2004057

7. Webb, L. B., Whetton, P. H., & Barlow, E. W. R. (2007). Modelled impact of future climate change on the phenology of winegrapes in Australia. Australian Journal of Grape and Wine Research, 13, 165–175. https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2007.tb00247.x

8. Sadras, V. O., & Petrie, P. R. (2011). Climate shifts in south-eastern Australia: Early maturity of Chardonnay, Shiraz and Cabernet Sauvignon is associated with early onset rather than faster ripening. Australian Journal of Grape and Wine Research, 17, 199–205. https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2011.00138.x

9. Rogiers, S. Y., Greer, D. H., Liu, Y., Baby, T., & Xiao, Z. (2022). Impact of climate change on grape berry ripening: An assessment of adaptation strategies for the Australian vineyard. Frontiers in Plant Science, 13, Article 1094633. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1094633

10. Plantevin, M., Merpault, Y., Lecourt, J., Destrac-Irvine, A., Dijkstra, L., & van Leeuwen, C. (2024). Characterization of varietal effects on the acidity and pH of grape berries for selection of varieties better adapted to climate change. Frontiers in Plant Science, 15, Article 1439114. https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1439114

11. Vršič, S., Pulko, B., Vodovnik-Plevnik, T., & Perko, A. (2024). The impact of climatic warming on earlier wine-grape ripening in northeastern Slovenia. Horticulturae, 10(6), Article 611. https://doi.org/10.3390/horticulturae10060611

12. Ghiglieno, I., Carlin, S., Cola, G., Vrhovsek, U., Valenti, L., Garcia-Aloy, M., & Mattivi, F. (2023). Impact of meteorological conditions, canopy shading and leaf removal on yield, must quality, and norisoprenoid compounds content in Franciacorta sparkling wine. Frontiers in Plant Science, 14, Article 1125560. https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1125560

13. Ghiglieno, I., Mattivi, F., Cola, G., Trionfini, D., Perenzoni, D., Simonetto, A., Gilioli, G., & Valenti, L. (2020). The effects of leaf removal and artificial shading on the composition of Chardonnay and Pinot noir grapes. OENO One, 54, 761–777. https://doi.org/10.20870/oeno-one.2020.54.4.2556

14. Greer, D. H. (2013). The impact of high temperatures on Vitis vinifera cv. Semillon grapevine performance and berry ripening. Frontiers in Plant Science, 4, Article 491. https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00491

15. Martin, D., Grose, C., Fedrizzi, B., Stuart, L., Albright, A., & McLachlan, A. (2016). Grape cluster microclimate influences the aroma composition of Sauvignon blanc wine. Food Chemistry, 210, 640–647. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.010

16. Mira de Orduña, R. (2010). Climate change associated effects on grape and wine quality and production. Food Research International, 43(7), 1844–1855. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.05.001

17. van Leeuwen, C., & Darriet, P. (2016). The impact of climate change on viticulture and wine quality. Journal of Wine Economics, 11(1), 150–167. https://doi.org/10.1017/jwe.2015.21

18. van Leeuwen, C., Destrac-Irvine, A., Dubernet, M., Duchêne, E., Gowdy, M., Marguerit, E., Pieri, P., Parker, A., de Rességuier, L., & Ollat, N. (2019). An update on the impact of climate change in viticulture and potential adaptations. Agronomy, 9(9), Article 514. https://doi.org/10.3390/agronomy9090514

19. Santos, J. A., Fraga, H., Malheiro, A. C., Moutinho-Pereira, J., Dinis, L. T., Correia, C., Moriondo, M., Leolini, L., Dibari, C., Costafreda-Aumedes, S., Kartschall, T., Menz, C., Molitor, D., Junk, J., Beyer, M., & Schultz, H. R. (2020). A review of the potential climate change impacts and adaptation options for European viticulture. Applied Sciences, 10(9), Article 3092. https://doi.org/10.3390/app10093092

20. Gutiérrez-Gamboa, G., Zheng, W., & Martínez de Toda, F. (2021). Current viticultural techniques to mitigate the effects of global warming on grape and wine quality: A comprehensive review. Food Research International, 139, Article 109946. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109946

21. Rienth, M., Vigneron, N., Darriet, P., Sweetman, C., Burbidge, C., Bonghi, C., Walker, R. P., Famiani, F., & Castellarin, S. D. (2021). Grape berry secondary metabolites and their modulation by abiotic factors in a climate change scenario: A review. Frontiers in Plant Science, 12, Article 643258. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.643258

22. Sweetman, C., Deluc, L. G., Cramer, G. R., Ford, C. M., & Soole, K. L. (2009). Regulation of malate metabolism in grape berry and other developing fruits. Phytochemistry, 70(11–12), 1329–1344. https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2009.08.006

23. Etienne, A., Génard, M., Lobit, P., Mbéguié-A-Mbéguié, D., & Bugaud, C. (2013). What controls fleshy fruit acidity? A review of malate and citrate accumulation in fruit cells. Journal of Experimental Botany, 64(6), 1451–1469. https://doi.org/10.1093/jxb/ert035

24. Allamy, L., van Leeuwen, C., & Pons, A. (2023). Impact of harvest date on aroma compound composition of Merlot and Cabernet-Sauvignon must and wine in a context of climate change: A focus on cooked fruit molecular markers. OENO One, 57(3). https://doi.org/10.20870/oeno-one.2023.57.3.7458

25. Pons, A., Allamy, L., Schüttler, A., Rauhut, D., Thibon, C., & Darriet, P. (2017). What is the expected impact of climate change on wine aroma compounds and their precursors in grape? OENO One, 51(2). https://doi.org/10.20870/oeno-one.2017.51.2.1868

26. Alti-Palacios, L., Martínez, J., Teixeira, J. A. C., Câmara, J. S., & Perestrelo, R. (2023). Influence of cold pre-fermentation maceration on the volatilomic pattern and aroma of white wines. Foods, 12(6), Article 1135. https://doi.org/10.3390/foods12061135

27. Puyo, M., Simonin, S., Bach, B., Klein, G., Alexandre, H., & Tourdot-Maréchal, R. (2023). Bio-protection in oenology by Metschnikowia pulcherrima: From field results to scientific inquiry. Frontiers in Microbiology, 14, Article 1252973. https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1252973

28. Morata, A., Escott, C., Bañuelos, M. A., Loira, I., Del Fresno, J. M., González, C., & Suárez-Lepe, J. A. (2020). Contribution of non-Saccharomyces yeasts to wine freshness: A review. Biomolecules, 10(1), Article 34. https://doi.org/10.3390/biom10010034

29. Borren, E., & Tian, B. (2021). The important contribution of non-Saccharomyces yeasts to the aroma complexity of wine: A review. Foods, 10(1), Article 13. https://doi.org/10.3390/foods10010013

30. Vicente, J., Navascués, E., Calderón, F., Santos, A., Marquina, D., & Benito, S. (2021). An integrative view of the role of Lachancea thermotolerans in wine technology. Foods, 10(11), Article 2878. https://doi.org/10.3390/foods10112878

31. Benito, Á., Calderón, F., Palomero, F., & Benito, S. (2016). Quality and composition of Airén wines fermented by sequential inoculation of Lachancea thermotolerans and Saccharomyces cerevisiae. Food Technology and Biotechnology, 54(2), 135–144. https://doi.org/10.17113/ftb.54.02.16.4220

32. Christofi, S., Papanikolaou, S., Dimopoulou, M., Terpou, A., Cioroiu, I. B., Cotea, V., & Kallithraka, S. (2022). Effect of yeast assimilable nitrogen content on fermentation kinetics, wine chemical composition and sensory character in the production of Assyrtiko wines. Applied Sciences, 12(3), Article 1405. https://doi.org/10.3390/app12031405

33. Filipe-Ribeiro, L., Rodrigues, S., Nunes, F. M., & Cosme, F. (2021). Reducing the negative effect on white wine chromatic characteristics due to the oxygen exposure during transportation by the deoxygenation process. Foods, 10(9), Article 2023. https://doi.org/10.3390/foods10092023

34. Keller, M. (2020). The science of grapevines: Anatomy and physiology (3rd ed.). Academic Press.

35. Jackson, R. S. (2020). Wine science: Principles and applications (5th ed.). Academic Press.

36. Waterhouse, A. L., Sacks, G. L., & Jeffery, D. W. (2016). Understanding wine chemistry. Wiley.

37. Ribéreau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Donèche, B., & Lonvaud, A. (2021). Handbook of enology: Vol. 1. The microbiology of wine and vinifications (3rd ed.). Wiley.

38. Ribéreau-Gayon, P., Glories, Y., Maujean, A., & Dubourdieu, D. (2021). Handbook of enology: Vol. 2. The chemistry of wine stabilization and treatments (3rd ed.). Wiley.

39. International Organisation of Vine and Wine. (2025). Compendium of international methods of wine and must analysis. OIV.

40. International Organisation of Vine and Wine. (2025). International code of oenological practices. OIV.

41. Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). Climate change 2023: Synthesis report. https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647

42. Schultz, H. R. (2000). Climate change and viticulture: A European perspective on climatology, carbon dioxide and UV-B effects. Australian Journal of Grape and Wine Research, 6, 2–12. https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2000.tb00156.x

43. van Leeuwen, C., Tregoat, O., Choné, X., Bois, B., Pernet, D., & Gaudillère, J. P. (2009). Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red Bordeaux wine. How can it be assessed for vineyard management

purposes? Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin, 43, 121–134. https://doi.org/10.20870/oeno-one.2009.43.3.798

44. Casassa, L. F., & Sari, S. E. (2015). Sensory and chemical effects of two alternatives of pre-fermentation cold soak in Malbec wines. International Journal of Food Science & Technology, 50, 1044–1052. https://doi.org/10.1111/ijfs.12723

45. Molina, A. M., Swiegers, J. H., Varela, C., Pretorius, I. S., & Agosin, E. (2007). Influence of wine fermentation temperature on the synthesis of yeast-derived volatile aroma compounds. Applied Microbiology and Biotechnology, 77, 675–687. https://doi.org/10.1007/s00253-007-1194-3

46. Hranilovic, A., Gambetta, J. M., Schmidtke, L., Boss, P. K., Grbin, P. R., Masneuf-Pomarède, I., Bely, M., Albertin, W., & Jiranek, V. (2018). Oenological traits of Lachancea thermotolerans show signs of domestication and allopatric differentiation. Scientific Reports, 8, Article 14812. https://doi.org/10.1038/s41598-018-33105-7

47. Benito, S. (2018). The impacts of Lachancea thermotolerans yeast strains on winemaking. Applied Microbiology and Biotechnology, 102, 6775–6790. https://doi.org/10.1007/s00253-018-9117-z

48. Morata, A., Loira, I., Tesfaye, W., Bañuelos, M. A., González, C., & Suárez Lepe, J. A. (2018). Lachancea thermotolerans applications in wine technology. Fermentation, 4(3), Article 53. https://doi.org/10.3390/fermentation4030053

49. Varela, C. (2016). The impact of non-Saccharomyces yeasts in the production of alcoholic beverages. Applied Microbiology and Biotechnology, 100, 9861–9874. https://doi.org/10.1007/s00253-016-7941-6

50. Padilla, B., Gil, J. V., & Manzanares, P. (2016). Past and future of non-Saccharomyces yeasts: From spoilage microorganisms to biotechnological tools for improving wine aroma complexity. Frontiers in Microbiology, 7, Article 411. https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00411

D. Leonidov *Postgraduate Student (Odesa National University of Technology).* ***Technological potential of the Sukholymanskyi Bilyi grape variety under climate change: a structured analytical review and an adaptive vinification concept***

Abstract. *Purpose. The study aimed to provide a structured analytical synthesis of evidence on the technological potential of the Ukrainian wine grape cultivar Sukholymanskyi Bilyi under climate variability, assess the level of evidence for adaptive technological approaches, and formulate a cultivar-specific concept of adaptive vinification. Methodology. The evidence base comprised 50 scientific, fundamental, and normative-methodological sources included in the article bibliography. A structured content analysis was applied, assigning publications to seven thematic blocks and three evidence levels: direct data for Sukholymanskyi Bilyi; mechanistically relevant evidence obtained for other Vitis vinifera L. cultivars; and technological approaches requiring cultivar-specific experimental verification. Results. Direct cultivar-specific studies accounted for 4 of 50 sources (8.0%), whereas the largest thematic blocks addressed climate, phenology and adaptation – 15 sources (30.0%) – and microbiology, nitrogen status and non-Saccharomyces – 11 sources (22.0%). Direct studies confirmed intravarietal clonal variability in agronomic, physicochemical and sensory characteristics and demonstrated relationships between crop quality indicators and thermal and moisture conditions. Under climate variability, technological maturity should therefore be assessed not only through soluble solids and titratable acidity but also through pH, organic-acid balance, aroma maturity and yeast-assimilable nitrogen. The evidence for cold pre-fermentation maceration, oxidation management, fermentation temperature, bioprotection and non-Saccharomyces yeasts was critically differentiated according to its direct applicability to the cultivar. Conclusions. A cultivar-specific sequence, "vintage climatic conditions – clone – technological maturity – grape composition – technological decision – sensory quality", was proposed as an adaptive vinification framework. The framework converts the literature review into a system of testable technological decisions rather than a universal processing recipe. Priority research needs include multi-vintage monitoring of pH and tartaric/malic acids, volatile profiling, YAN determination, and controlled trials of maceration, bioprotection, fermentation temperature and biological acidification.*

Keywords: *Sukholymanskyi Bilyi, grape, climate change, technological maturity, structured literature analysis, acidity, adaptive vinification.*

Інформація про використання штучного інтелекту. Під час підготовки статті інструменти штучного інтелекту використовувалися виключно для мовного редагування, перевірки граматики, перекладу або інших допоміжних завдань, без використання згенерованих ними об'єктів як результатів академічної діяльності.

Дата першого надходження статті до видання: 13.08.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 08.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 664.951:613.292:664.871
DOI https://doi.org/10.37734/2518-7171-2026-2-4

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

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИСОКОБІЛКОВИХ РИБНО-РОСЛИННИХ ПАСТ

Ю. А. МАЦУК, кандидат технічних наук, доцент
ORCID ID: 0000-0002-1899-3237
Л. В. ПЕШУК, доктор сільськогосподарських наук, професор
ORCID ID: 0000-0002-0967-8892
Г. О. ОСТРОВСЬКА, магістрант
ORCID ID: 0009-0001-1325-5251
(Дніпровський національний університет імені О. Гончара)
А. М. ГЕРЕДЧУК, кандидат технічних наук, доцент
ORCID ID: 0000-0002-1045-0844
(Полтавський університет економіки і торгівлі)

Анотація. *У статті наведено результати досліджень, спрямованих на удосконалення технології високобілкових рибно-рослинних паст на основі товстолобика із використанням конопляного білка та яблучної клітковини. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю створення харчових продуктів підвищеної біологічної цінності, збалансованих за білковим складом, збагачених харчовими волокнами та біологічно активними речовинами, що відповідають сучасним принципам здорового харчування.*

Метою роботи було наукове обґрунтування та удосконалення технології високобілкових рибно-рослинних паст шляхом використання конопляного білка і яблучної клітковини для підвищення харчової, біологічної цінності та покращення функціонально-технологічних властивостей готової продукції. У роботі використано комплекс загальноприйнятих органолептичних, фізико-хімічних і функціонально-технологічних методів дослідження.

Розроблено модельні рецептури рибно-рослинних паст із різним рівнем внесення конопляного білка (3–7%) та яблучної клітковини (1–2%) і досліджено їх вплив на показники якості готової продукції. Встановлено, що використання рослинних функціональних інгредієнтів сприяє підвищенню вмісту білка, харчових волокон і мінеральних речовин, покращує водо- та жироутримувальну здатність, забезпечує стабільність консистенції та підвищує вихід готового продукту. За результатами комплексної оцінки органолептичних, фізико-хімічних і функціонально-технологічних показників оптимальною визначено рецептуру, що містить 7% конопляного білка та 1% яблучної клітковини. Розроблений продукт характеризується високою харчовою та біологічною цінністю, добрими споживчими властивостями і може бути рекомендований для виробництва.

Практичне значення роботи полягає у розширенні асортименту високобілкових рибних продуктів із використанням вітчизняної прісноводної риби та рослинної сировини, що відповідає сучасним тенденціям розвитку харчових технологій, принципам ресурсозбереження та концепції здорового харчування.

Ключові слова: *товстолобик, конопляний білок, яблучна клітковина, функціональні інгредієнти, рибно-рослинні пасти, високобілкові продукти, харчова цінність, функціонально-технологічні властивості.*

Постановка проблеми. Однією з провідних тенденцій розвитку сучасної харчової промисловості є розроблення продуктів нового покоління, які поєднують високу харчову цінність, фізіологічну ефективність та функціональне призначення. Зростання поширеності аліментарно-залежних захворювань, дефіциту повноцінного білка, незамінних амінокислот, харчових волокон і біологічно активних речовин у раціоні населення зумовлює необхідність створення харчових продуктів із покращеним нутрієнтним складом. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває використання комбінованої сировини тваринного та рослинного походження, що дозволяє не лише підвищити біологічну цінність готової продукції, але й оптимізувати її технологічні властивості та розширити асортимент харчових продуктів [1–5].

Відповідно до сучасної концепції харчування, перспективним напрямом є створення рибно-рослинних продуктів. Саме тому комбінування рибної та рослинної сировини нині розглядається як один із найбільш ефективних шляхів створення інноваційних харчових продуктів [6–9].

Такий підхід забезпечує формування збалансованого амінокислотного складу, підвищення вмісту харчових волокон, антиоксидантів, мінеральних речовин і вітамінів, а також сприяє покращенню структурно-механічних характеристик готової продукції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Значний внесок у розвиток наукових основ технології рибних продуктів зробили як українські, так і зарубіжні вчені. Питання підвищення харчової цінності м'ясної та рибної сировини,

використання білкових композицій, удосконалення технологій комбінованих продуктів та оцінювання їх функціонально-технологічних властивостей висвітлено у працях В. М. Пасічного, Н. В. Притульської, Л. Ф. Павлоцької, а також F. Shahidi, J. W. Park, M. Chalamaiah, B. D. Kumar, R. Hemalatha, T. Jyothirmayi, чиї дослідження стали фундаментом сучасних технологій перероблення білкової сировини [10–15]. Наукові результати зазначених авторів свідчать, що рибна сировина є одним із найцінніших джерел повноцінного білка, незамінних амінокислот, поліненасичених жирних кислот родини ω-3, жиророзчинних вітамінів, кальцію, фосфору, селену та інших фізіологічно важливих компонентів, необхідних для підтримання нормального функціонування організму людини [10, 13–15].

Особливе місце серед рибної продукції займають пастоподібні вироби, які характеризуються високою засвоюваністю, однорідною консистенцією, добрими органолептичними властивостями та широкими можливостями модифікації рецептурного складу. Завдяки пластичній структурі такі продукти дозволяють ефективно вводити різноманітні функціональні інгредієнти без істотного погіршення споживчих характеристик. Крім того, пастоподібні рибні продукти є перспективною основою для створення високобілкових харчових систем із регульованими фізико-хімічними та функціонально-технологічними властивостями [15].

Попри значну кількість досліджень, присвячених удосконаленню технологій рибних продуктів, актуальним залишається питання підвищення їх біологічної цінності шляхом використання нетрадиційної рослинної сировини. Особливий інтерес викликають рослинні білкові концентрати та харчові волокна, які одночасно виконують харчову функцію. Введення таких компонентів забезпечує підвищення білкової цінності продуктів, покращення вологоутримувальної, жироутримувальної та емульгувальної здатності фаршевих систем, формування стабільної структури та збільшення виходу готової продукції [5, 7, 8, 14, 15].

Серед сучасних рослинних джерел білка особливої уваги заслуговує конопляний білок [10], який останніми роками активно досліджується як перспективний функціональний інгредієнт харчових продуктів. За даними J. D. House, J. Neufeld, G. Leson [16], білки насіння конопель характеризуються високим вмістом едестину та альбумінів, збалансованим амінокислотним складом, доброю перетравністю, відсутністю глютену та значною емульгувальною активністю. Крім цього, конопляний білок є джерелом мінеральних речовин, поліфенольних сполук і природних антиоксидантів, що суттєво підвищує функціональну цінність готових продуктів.

Не менш перспективним інгредієнтом є яблучна клітковина, яку отримують із вторинної сировини плодопереробної промисловості. Високий вміст нерозчинних і розчинних харчових волокон, пектинових речовин та фенольних сполук обумовлює її здатність покращувати водозв'язувальну та вологоутримувальну здатність харчових систем, стабілізувати структуру емульсій, зменшувати втрати маси під час термічного оброблення та підвищувати фізіологічну цінність продукції. Дослідження M. Elleuch, D. Bedigian, O. Roiseux, S. Besbes, F. Figuerola, M. Hurtado та інших учених доводять ефективність використання фруктових харчових волокон у технологіях м'ясних і рибних продуктів функціонального призначення [17–19].

Незважаючи на значну кількість досліджень, присвячених окремому використанню рослинних білків або харчових волокон, питання їх комплексного застосування у технології високобілкових рибно-рослинних паст на основі товстолобика досліджено недостатньо. Особливо актуальним залишається встановлення закономірностей впливу конопляного білка та яблучної клітковини на структурно-механічні властивості фаршевих композицій, формування текстури, харчової цінності, функціонально-технологічних характеристик і споживчих властивостей готової продукції.

Таким чином, удосконалення технології високобілкових рибно-рослинних паст із використанням м'яса товстолобика, конопляного білка та яблучної клітковини є актуальним науковим напрямом, який відповідає сучасним тенденціям розвитку функціонального харчування, принципам комплексного використання сировини та концепції сталого розвитку харчової промисловості. Реалізація такого підходу дозволить розширити асортимент функціональних рибних продуктів, підвищити ефективність використання вітчизняної сировини та створити конкурентоспроможну продукцію з покращеними харчовими й технологічними характеристиками.

Формування цілей статті. Метою статті є наукове обґрунтування та удосконалення технології високобілкових рибно-рослинних паст на основі товстолобика шляхом комплексного використання конопляного білка та яблучної клітковини для підвищення харчової й біологічної цінності, покращення функціонально-технологічних властивостей фаршевих систем і забезпечення високих споживчих характеристик готової продукції.

Для досягнення поставленої мети передбачено вирішення таких завдань: провести аналіз сучасних наукових досліджень щодо технологій виробництва рибних паст та застосування функціональних рослинних інгредієнтів у білкових харчових системах; обґрунтувати доцільність використання м'яса товстолобика, конопляного білка та яблучної клітковини як рецептурних компонентів високобілкових паст; розробити експериментальні рецептури рибно-рослинних паст

із різним рівнем внесення конопляного білка та яблучної клітковини; дослідити вплив рослинних інгредієнтів на функціонально-технологічні властивості фаршевих композицій; визначити органолептичні, фізико-хімічні та харчові показники розроблених зразків; встановити оптимальний рівень внесення конопляного білка та яблучної клітковини для отримання високоякісного продукту з підвищеною біологічною цінністю.

Об'єкт дослідження – технологія виробництва високобілкових рибно-рослинних паст на основі товстолобика із застосуванням конопляного білка та яблучної клітковини. Предмет дослідження – рецептурний склад, функціонально-технологічні властивості фаршевих композицій, органолептичні, фізико-хімічні та харчові показники високобілкових рибно-рослинних паст.

Матеріали і методи. Матеріалами дослідження слугували м'ясо товстолобика (*Hypophthalmichthys molitrix*), конопляний білок, яблучна клітковина, а також експериментальні зразки високобілкових рибно-рослинних паст, виготовлені відповідно до розроблених рецептур із різним рівнем внесення рослинних функціональних інгредієнтів.

Дослідження проводили із застосуванням загальноприйнятих, стандартизованих та сучасних інструментальних методів аналізу, рекомендованих для оцінювання якості рибної сировини та пастоподібних харчових систем. Органолептичні показники визначали за бальною системою відповідно до чинних нормативних документів. Фізико-хімічні дослідження включали визначення масової частки вологи, білка, жиру, золи, а також дослідження функціонально-технологічних властивостей, зокрема вологоутримувальної, жироутримувальної та емульгувальної здатності модельних фаршевих композицій.

Експериментальні дані опрацьовували із застосуванням методів математичної статистики. Достовірність отриманих результатів оцінювали за критерієм Стьюдента при рівні значущості $p \leq 0,05$, а всі визначення виконували не менше ніж у трикратній повторності з подальшим обчисленням середніх значень та стандартних відхилень.

Виклад основного матеріалу. Одним із визначальних напрямів удосконалення технологій функціональних рибних продуктів є оптимізація рецептурного складу шляхом поєднання білків тваринного та рослинного походження, що дозволяє одночасно підвищити біологічну цінність, покращити функціонально-технологічні характеристики та сформувати збалансований нутрієнтний профіль готової продукції. У сучасних харчових технологіях такий підхід розглядається як один із найбільш перспективних шляхів створення високобілкових продуктів із прогнозованими функціонально-технологічними властивостями.

Науковою концепцією даного дослідження стало створення високобілкової рибно-рослинної пасти на основі фаршу товстолобика із застосуванням конопляного білка та яблучної клітковини як взаємодоповнювальних функціональних інгредієнтів. Такий підхід забезпечує комплексне вирішення двох взаємопов'язаних завдань: збагачення продукту повноцінним рослинним білком та цілеспрямоване регулювання функціонально-технологічних властивостей фаршевої системи. Вибір товстолобика як основної сировини обумовлений його високим вмістом легкозасвоюваного білка, сприятливим амінокислотним складом, невисокою вартістю та значною поширеністю у прісноводній аквакультурі України. Білки м'язової тканини товстолобика характеризуються високою емульгувальною здатністю та здатністю формувати просторову білкову матрицю під час теплової обробки, що є важливою передумовою отримання паст із пластичною консистенцією та високою стабільністю структури.

Для білкового збагачення рецептур використано конопляний білок, який містить значну кількість едестину – запасного глобулярного білку насіння конопель, та альбумінів, характеризується високою біологічною цінністю, доброю перетравністю та збалансованим амінокислотним складом. Крім того, функціональні властивості конопляного білка проявляються у здатності зв'язувати воду, стабілізувати емульсійні системи та брати участь у формуванні просторової білкової сітки, що є особливо важливим для пастоподібних продуктів. Другим функціональним компонентом було обрано яблучну клітковину. Завдяки високому вмісту целюлози, геміцелюлоз, пектинових речовин та інших харчових волокон вона характеризується значною гідратаційною активністю, високою вологоутримувальною здатністю та структуроутворювальними властивостями. У багатокомпонентних білково-дисперсних системах яблучна клітковина виконує роль природного стабілізатора, зменшуючи синерезис, підвищуючи стійкість емульсій та сприяючи формуванню більш однорідної консистенції готового продукту.

Формування модельних рецептур здійснювали за принципом поетапної заміни частини рибного фаршу сумішшю конопляного білка та яблучної клітковини. Такий методичний підхід дозволяє простежити закономірності зміни технологічних властивостей фаршевих систем залежно від концентрації функціональних інгредієнтів і встановити їх оптимальний рівень внесення. Як контроль використовували традиційну рецептуру рибної пасти без рослинних компонентів. Дослідні композиції відрізнялися поступовим збільшенням кількості конопляного білка від 3 до 7%, тоді як вміст яблучної клітковини змінювали в межах 1–2%, що відповідає концентраціям, рекомендованим

сучасними дослідженнями для забезпечення технологічної ефективності без істотного погіршення органолептичних властивостей.

Аналіз розроблених композицій свідчить, що збільшення частки конопляного білка закономірно супроводжується зменшенням кількості рибної сировини, однак загальна масова частка білка в системі не лише зберігається, а й потенційно підвищується завдяки високій концентрації білкових фракцій рослинного походження. Одночасно відбувається розширення амінокислотного профілю продукту за рахунок взаємного доповнення білків риби та насіння конопель.

Важливим технологічним аспектом є поступове коригування кількості води у рецептурі. Необхідність додаткової гідратації пояснюється значною сорбційною здатністю як конопляного білка, так і яблучної клітковини. За недостатньої кількості вологи відбувається надмірне ущільнення білково-полісахаридної системи, що негативно впливає на пластичність паст та їх сенсорне сприйняття. Збільшення вмісту води забезпечує повніше набухання полісахаридних компонентів, стабілізує просторову структуру фаршу та сприяє формуванню однорідної крем подібної консистенції.

Особливий інтерес становить взаємодія білкових і полісахаридних компонентів у багатокомпонентній дисперсній системі. Конопляний білок виконує функцію білкового каркаса, тоді як яблучна клітковина, адсорбуючи значну кількість вологи, стабілізує структуру емульсії, зменшує втрати маси під час термічної обробки та підвищує стійкість готового продукту до виділення вільної рідини. У результаті формується більш стабільна білково-полісахаридна матриця, яка забезпечує покращення текстурних характеристик пастоподібних виробів.

Наукове обґрунтування вибраних концентрацій функціональних інгредієнтів базується на сучасних уявленнях про механізми формування структури комбінованих харчових систем. Зокрема, внесення конопляного білка в кількості понад 7–8% може супроводжуватися появою специфічного рослинного присмаку та підвищенням жорсткості консистенції, тоді як збільшення вмісту яблучної клітковини понад 2% здатне призводити до надмірної в'язкості та зниження пластичності паст. Саме тому досліджуваний інтервал концентрацій можна вважати технологічно обґрунтованим для встановлення оптимального рецептурного складу.

Отже, розроблені модельні композиції створюють науково обґрунтовану експериментальну основу для подальшого дослідження органолептичних, фізико-хімічних і функціонально-технологічних властивостей високобілкових рибно-рослинних паст. Подальше комплексне оцінювання отриманих зразків дозволить встановити оптимальне співвідношення рибної та рослинної сировини, що забезпечить максимальне поєднання високої харчової цінності, технологічної стабільності та споживчої привабливості готового продукту.

Органолептичне оцінювання проводили методом закритої дегустації відповідно до загальноприйнятих методик сенсорного аналізу. Експерти оцінювали зовнішній вигляд, колір, запах, смак, консистенцію та загальне враження від продукції, що дозволило об'єктивно встановити вплив функціональних інгредієнтів на якість паст. Усі дослідні зразки відповідали вимогам до пастоподібних рибних продуктів і характеризувалися однорідною структурою, рівномірним кольором, приємним рибним ароматом та гармонійним смаком. Контрольний зразок мав традиційні сенсорні характеристики, однак його консистенція була менш стабільною порівняно з дослідними композиціями.

Встановлено, що введення конопляного білка та яблучної клітковини позитивно впливає на структурно-механічні властивості продукту. Уже за внесення 3% конопляного білка та 1% яблучної клітковини пасти набували більш пластичної, однорідної консистенції, тоді як збільшення вмісту білка до 5% сприяло формуванню крем подібної текстури, підвищенню соковитості та стабільності фаршевої системи.

Найкращі органолептичні показники продемонстрував зразок із 7% конопляного білка та 1%

Таблиця 1

Склад модельних композицій високобілкових рибно-рослинних паст на основі товстолобика, кг на 100 кг готового продукту

Найменування сировини	Контроль	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3	Зразок 4
Фарш товстолобика	72,0	68,0	65,0	63,0	61,0
Конопляний білок	–	3,0	5,0	7,0	7,0
Яблучна клітковина	–	1,0	1,0	1,0	2,0
Морква бланшована	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Цибуля пасерована	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Олія ріпакова	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Сіль	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Перець чорний	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Вода	4,3	4,3	5,3	5,3	6,3

яблучної клітковини. Він характеризувався ніжною пластичною консистенцією, гладкою поверхнею, природним світло-кремовим кольором, гармонійним рибним смаком та приємним ароматом. Високі емульгувальні властивості конопляного білка у поєднанні зі структуро утворювальною дією яблучної клітковини забезпечили оптимальну текстуру та рівномірний розподіл вологи у продукті.

Разом із тим збільшення кількості яблучної клітковини до 2% спричинило ущільнення консистенції, незначне зменшення соковитості та послаблення інтенсивності смаку. Це пояснюється високою водозв'язувальною здатністю харчових волокон, які формують більш щільну просторову структуру білково-полісахаридної системи. Жоден із дослідних зразків не мав сторонніх запахів, присмаків або ознак структурної нестабільності, що підтверджує технологічну сумісність рибної сировини з конопляним білком та яблучною клітковиною. Отримані результати свідчать, що використання конопляного білка та яблучної клітковини є перспективним напрямом удосконалення технології високобілкових рибно-рослинних паст. Найбільш збалансовані органолептичні показники забезпечує рецептура із 7% конопляного білка та 1% яблучної клітковини, яку доцільно рекомендувати для подальших фізико-хімічних і технологічних досліджень.

Визначення фізико-хімічних показників є одним із найбільш інформативних етапів оцінювання ефективності розробленої технології, оскільки саме вони об'єктивно характеризують харчову цінність продукту, його структурні особливості та технологічну доцільність використання функціональних інгредієнтів. У межах дослідження особливу увагу приділено аналізу змін вмісту основних нутрієнтів після введення до рецептури конопляного білка та яблучної клітковини.

Отримані результати свідчать (таблиця 2), що використання рослинних компонентів закономірно змінює хімічний склад паст і сприяє формуванню продукту з вищою біологічною цінністю. Найбільш суттєві зміни встановлено за показниками масової частки білка, вологи та харчових волокон.

Аналіз фізико-хімічного складу розроблених рибно-рослинних паст показав, що включення до рецептури конопляного білка та яблучної клітковини сприяє зміні співвідношення основних нутрієнтів і покращенню харчової цінності готової продукції. Найбільш виражені зміни встановлено за показниками масової частки білка, харчових волокон, мінеральних речовин та вологи.

Зі збільшенням частки конопляного білка в рецептурі вміст білка поступово зростав від 13,4% у контрольному зразку до 15,4% у варіанті III, що відповідає приросту близько 15% відносно контролю. Така тенденція пояснюється використанням високобілкового рослинного інгредієнта, основу якого становлять запасні білки насіння конопель – едестин і альбуміни. Їх включення забезпечує не лише збільшення білкової складової, а й покращення амінокислотного складу готового продукту. Одночасно спостерігалося незначне зниження масової частки вологи – від 73,8 до 71,2%. Це є закономірним наслідком введення сухих рослинних компонентів із високою гідратаційною здатністю. Конопляний білок і яблучна клітковина зв'язують частину вологи у внутрішній структурі фаршевої системи, що сприяє формуванню більш стабільної білково-полісахаридної матриці без погіршення соковитості продукту.

Вміст жиру змінювався незначно і залишався в межах 7,3–7,5%, що свідчить про відсутність істотного впливу рослинних інгредієнтів на загальний ліпідний склад паст. Незначне підвищення показника можна пояснити природним вмістом залишкових ліпідів у конопляному білку.

Поступове збільшення кількості яблучної клітковини закономірно супроводжувалося підвищенням вмісту вуглеводів від 3,1 до 4,6%, що пов'язано з надходженням структурних полісахаридів і пектинових речовин. Одночасно масова частка золи збільшувалася від 2,4 до 2,8%, що свідчить про додаткове збагачення продукту мінеральними елементами рослинного походження.

У цілому отримані результати підтверджують, що використання конопляного білка та яблучної клітковини забезпечує помірне підвищення білкової цінності, збільшення вмісту харчових волокон і мінеральних речовин, а також створює передумови для покращення функціонально-технологічних властивостей рибно-рослинних паст.

Розрахунок енергетичної цінності показав її помірне підвищення від 551 до 616 кДж на

Таблиця 2

Фізико-хімічні показники розроблених рибно-рослинних паст (n ≥ 3)

Показник, %	Контроль	Варіант I	Варіант II	Варіант III	Варіант IV
Вміст вологи	73,8±1,15	73,0±1,10	72,4±1,10	71,8±1,05	71,2±1,05
Вміст білка	13,4±0,30	14,1±0,25	14,8±0,25	15,4±0,25	15,3±0,25
Вміст жиру	7,3±0,20	7,4±0,20	7,4±0,20	7,5±0,20	7,5±0,20
Вміст вуглеводів	3,1±0,05	3,5±0,05	3,9±0,05	4,2±0,05	4,6±0,05
Вміст золи	2,4±0,05	2,5±0,05	2,6±0,05	2,7±0,05	2,8±0,05

100 г продукту залежно від рецептурного складу. Зростання калорійності відбулося переважно за рахунок збільшення частки повноцінного білка та структурних вуглеводів рослинного походження, тоді як вміст жиру змінювався незначно. Такий характер змін свідчить про підвищення нутрієнтної щільності продукту без істотного збільшення його жирової складової, що є важливою перевагою розробленої технології.

Комплексний аналіз фізико-хімічних показників підтвердив ефективність використання конопляного білка та яблучної клітковини як функціональних інгредієнтів у технології рибно-рослинних паст. Їх поєднання забезпечує підвищення білкової та біологічної цінності продукту, збагачення харчовими волокнами, покращення мінерального складу та формування стабільної структури фаршевої системи. Найбільш збалансованими показниками характеризувався варіант ІІІ (7% конопляного білка та 1% яблучної клітковини), який поєднував підвищений вміст білка (15,4%), оптимальну вологість, високі функціонально-технологічні властивості та найкращі органолептичні характеристики. Це дає підстави рекомендувати зазначену рецептуру як найбільш перспективну для промислового виробництва високобілкових рибно-рослинних паст функціонального призначення.

Функціонально-технологічні властивості є визначальними критеріями оцінювання ефективності використання рослинних інгредієнтів у технології рибно-рослинних паст, оскільки саме вони характеризують здатність білково-полісахаридної системи формувати стабільну структуру продукту, утримувати вологу й жир та забезпечувати необхідні реологічні властивості. Особливу увагу приділяли визначенню водо- і жиро поглинальної (ВПЗ, ЖПЗ), а також волого- та жироутримувальної здатності (ВУЖ, ЖУЗ) модельних композицій.

Отримані результати свідчать, що введення конопляного білка та яблучної клітковини позитивно вплинуло на всі досліджувані технологічні показники. Водо поглинальна здатність дослідних зразків зростала пропорційною концентрації функціональних компонентів і досягала максимального значення 43,50%, що на 35,3% перевищувало контрольний зразок (рис. 1). Такий ефект пояснюється високою гідрофільністю білкових фракцій конопляного білка та значною сорбційною здатністю яблучної клітковини, пектинові й целюлозні компоненти якої формують розвинену систему зв'язування води.

Подібну закономірність встановлено і для жиро поглинальної здатності. Її величина збільшувалася від 17,86% у контрольному зразку до 37,15% у варіанті з максимальним вмістом рослинних компонентів, тобто більш ніж удвічі. Підвищення цього показника сприяє стабілізації жирової фази, рівномірному її розподілу в пасті та формуванню пластичної консистенції готового продукту.

Не менш важливими характеристиками є волого- та жироутримувальна здатність, які визначають стійкість сформованої структури до механічного й термічного впливу (рис. 2). Найвищі значення вологоутримувальної здатності (1,42 г/г) отримано у варіанті із 5% конопляного білка та 1% яблучної клітковини, що на 26,8% перевищувало контроль. Подальше збільшення концентрації конопляного білка не супроводжувалося додатковим покращенням показника, що

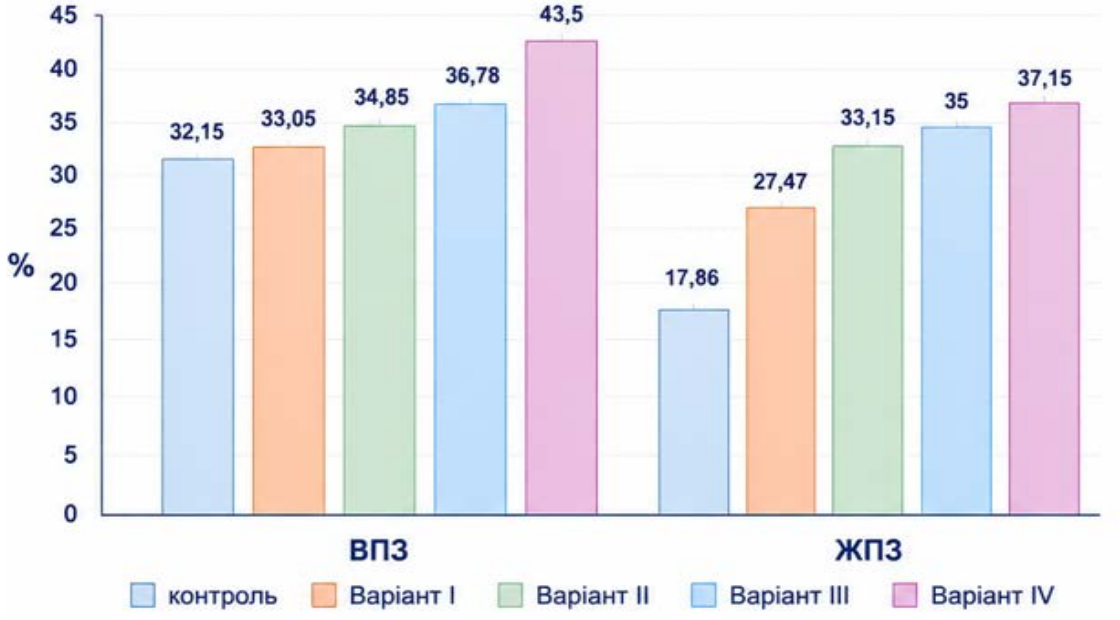


Рис. 1. Волого та жиро поглинальна здатність

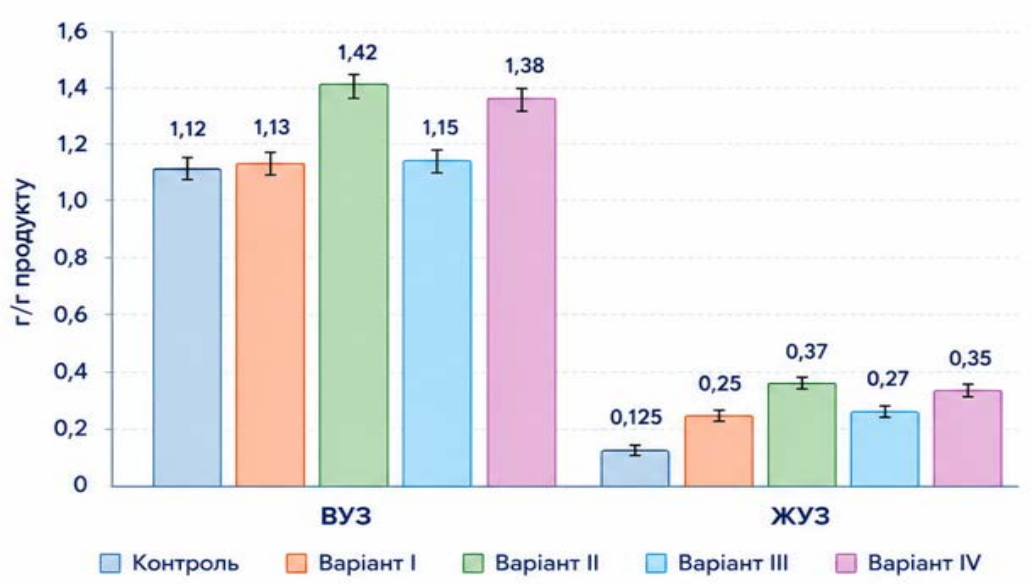


Рис. 2. Волого та жироутримувальна здатність зразків

свідчить про досягнення оптимальної концентрації білково-полісахаридної матриці, за якої кількість активних центрів взаємодії з водою практично насичується.

Аналогічна тенденція встановлена і для жироутримувальної здатності. Максимальне її значення також спостерігалося у другому дослідному варіанті і майже утричі перевищувало контроль. Очевидно, це обумовлено формуванням більш розвиненої просторової структури, у якій білкові молекули конопляного протеїну виконують роль каркаса, тоді як яблучна клітковина стабілізує дисперсну систему та перешкоджає виділенню жирової фази.

Покращення функціонально-технологічних характеристик має важливе практичне значення, оскільки забезпечує зменшення втрат маси під час технологічної обробки, підвищення виходу готової продукції, покращення консистенції та збереження соковитості виробів у процесі зберігання.

Отже, результати досліджень підтверджують ефективність комплексного використання конопляного білка та яблучної клітковини у технології високобілкових рибно-рослинних паст. Найбільш раціональним виявилося внесення 5% конопляного білка та 1% яблучної клітковини, яке забезпечувало найкраще поєднання водо- і жироутримувальних властивостей, структурної стабільності та високих споживчих характеристик готової продукції. Саме цей варіант може бути рекомендований як оптимальний для подальшого впровадження у виробництво функціональних рибних паст.

Активна кислотність є важливим показником, що характеризує перебіг біохімічних процесів у харчовій системі, впливає на функціонально-технологічні властивості білків, вологоутримувальну здатність, консистенцію та мікробіологічну стабільність готової продукції. Визначення pH дозволяє оцінити вплив рослинних функціональних інгредієнтів на формування внутрішнього середовища рибно-рослинної системи.

Результати досліджень свідчать, що введення конопляного білка та яблучної клітковини не спричиняло істотних змін активної кислотності паст. Значення pH усіх дослідних зразків перебували в межах 6,39–6,52, що є характерним для пастоподібних продуктів на основі прісноводної риби.

Водночас простежувалася тенденція до незначного зниження pH зі збільшенням частки рослинних компонентів. Якщо у контрольному зразку активна кислотність становила 6,52, то у варіанті IV вона зменшувалася до 6,39. Такі зміни можна пояснити наявністю у яблучній клітковині залишкових органічних кислот, а також особливостями білкового складу конопляного концентрату, які дещо зміщують кислотно-лужну рівновагу системи у слабо кислу сторону.

Слід зазначити, що отримані значення pH залишаються оптимальними для збереження функціональних властивостей міофібрилярних білків рибної сировини та забезпечують стабільність білково-полісахаридної структури паст. Незначне зниження активної кислотності також може позитивно впливати на мікробіологічну стійкість продукції без погіршення її органолептичних характеристик.

Таким чином, використання конопляного білка та яблучної клітковини не призводить до критичних змін активної кислотності рибно-рослинних паст, що підтверджує технологічну доцільність їх застосування при розробленні високобілкових продуктів функціонального призначення.

Висновки. Отримані результати підтверджують, що використання конопляного білка та яблучної клітковини є науково обґрунтованим

і технологічно доцільним напрямом удосконалення технології високобілкових рибно-рослинних паст на основі товстолобика. Комплексне введення зазначених функціональних інгредієнтів забезпечує підвищення харчової та біологічної цінності продукції, сприяє оптимізації її структурно-механічних характеристик і покращенню функціонально-технологічних властивостей.

У процесі дослідження розроблено модельні рецептури рибно-рослинних паст із різним рівнем внесення конопляного білка (3–7%) та яблучної клітковини (1–2%), що дало змогу встановити закономірності їх впливу на якісні показники готової продукції. Органолептичне оцінювання показало, що всі дослідні композиції характеризувалися високими споживчими властивостями, а найбільш збалансовані показники смаку, аромату, кольору та консистенції продемонстрував зразок із вмістом 7% конопляного білка та 1% яблучної клітковини.

Доведено, що введення конопляного білка сприяє підвищенню масової частки білка до 17,2%, а використання яблучної клітковини забезпечує збільшення вмісту харчових волокон до 2,8%, що істотно покращує нутрієнтний склад продукту та розширює можливості його використання у функціональному харчуванні.

Встановлено позитивний вплив досліджуваних інгредієнтів на функціонально-технологічні властивості паст. Зокрема, відзначено зростання волого- і жиро поглинальної здатності, покращення волого- та жироутримувальної здатності, формування більш стабільної білково-полісахаридної структури, що сприяє підвищенню соковитості, покращенню консистенції, зменшенню технологічних втрат та збільшенню виходу готової продукції. Найвищі показники вологоутримувальної (1,42 г/г) і жироутримувальної (0,37 г/г) здатності встановлено для рецептури із вмістом 5% конопляного білка та 1% яблучної клітковини.

За результатами комплексної оцінки органолептичних, фізико-хімічних і функціонально-технологічних показників визначено, що найбільш раціональною є рецептура із внесенням 7% конопляного білка та 1% яблучної клітковини, яка забезпечує оптимальне поєднання високої харчової та біологічної цінності, сприятливих технологічних характеристик і високої споживчої привабливості.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні мікробіологічної стабільності й термінів зберігання, а також оцінюванні біодоступності основних нутрієнтів і можливостей промислового впровадження розробленої технології з виробництва високобілкових рибно-рослинних паст рибних продуктів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Dixit V., et al. Functional Foods: Exploring the Health Benefits of Bioactive Compounds from Plant and Animal Sources. *Journal of Food Quality*. 2023. Vol. 2023. P. 1-22. DOI:10.1155/2023/5546753.

2. Yang S.-H., et al. Dietary phytochemical and metabolic disease prevention: Focus on plant proteins. *Frontiers in Nutrition*. 2023. Vol. 10. P. 1-7. DOI: 10.3389/fnut.2023.1089487.

3. Хомич Г. П., Бородай А. Б., Наконечна Ю. Г., Юхно В. М., Мацук Ю. А. Дослідження використання фруктової сировини в технології напоїв на основі молочної сироватки. *Journal of Chemistry and Technologies*. 2026. Т. 34, № 2. С. 642-654. DOI: https://doi.org/10.15421/jchemtech.v34i2.353371.

4. Пантазі С. Д., Мацук Ю. А., Пасічний В. М., Гередчук А. М., Ковальова О. С. Удосконалення технології сосисок із використанням функціональних інгредієнтів. Journal of Chemistry and Technologies. 2026. Т. 34, № 1. С. 208-225. DOI: https://doi.org/10.15421/jchemtech.v34i1.344952.

5. Munialo C. D. A review of alternative plant protein sources, their extraction, functional characterisation, application and nutritional value. *International Journal of Food Science & Technology*. 2024. Vol. 59(1). P. 462–472. https://doi.org/10.1111/ijfs.16467

6. Awuchi C. G. et al. Bioactive compounds and therapeutics from fish: revisiting their suitability in functional foods to enhance human wellbeing. *BioMed Research International*. 2022. P. 1-18. DOI: https://doi.org/10.1155/2022/3661866.

7. Ramakrishnan S. R., Jeong C.-R., Park J.-W., Cho S.-S., Kim S.-J. A review on the processing of functional proteins or peptides derived from fish by-products and their industrial applications. *Heliyon*. 2023. Vol. 9(3). P. 1-15. DOI: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14188.

8. Zhong C., Feng Y., Xu Y. Production of Fish Analogues from Plant Proteins: Potential Strategies, Challenges, and Outlook. *Foods*. 2023. Vol. 12(3). P. 1-22. DOI: https://doi.org/10.3390/foods12030614.

9. Awuchi C. G. et al. Bioactive Compounds and Therapeutics from Fish: Revisiting Their Suitability in Functional Foods to Enhance Human Wellbeing. *BioMed Research International*. 2022. № 1. P. 1-18. DOI: https://doi.org/10.1155/2022/3661866.

10. Pasichnyi V., et al. Substantiating the feasibility of using hemp seed protein in cooked sausage technology. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2024. № 11(130). P. 56-66. DOI: 10.15587/1729-4061.2024.310668.

11. Карпенко П. О., та ін. Оздоровче харчування / за ред. П. О. Карпенка. Київ : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2019. 628 с. DOI: 10.31617/np.knute.2019-74.

12. Venugopal V., Shahidi F. Value-added products from underutilized fish species. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 1995. Vol. 35(5). P. 431–453. DOI: 10.1080/10408399509527708.

13. Park J. W. (Ed.). Surimi and Surimi Seafood. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2014.

14. Chalamaiah M., Dinesh Kumar B., Hemalatha R., Jyothirmayi T. Fish protein hydrolysates: Proximate composition, amino acid composition, antioxidant activities and applications: A review. *Food Chemistry*. 2012. Vol. 135(4). P. 3020–3038. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.06.100.

15. Shaviklo A. R. Development of fish protein powder as an ingredient for food applications: A review. *Journal of Food Science and Technology*. 2015. Vol. 52. P. 648–661. DOI: 10.1007/s13197-013-1042-7.

16. House J. D., Neufeld J., Leson G. Evaluating the quality of protein from hemp seed (*Cannabis sativa* L.) products through the use of the protein digestibility-corrected amino acid score method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2010. Vol. 58(22). P. 11801–11807. DOI: 10.1021/jf102636b.

17. Elleuch M., Bedigian D., Roiseux O., Besbes S., Blecker C., Attia H. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry*. 2011. Vol. 124(2). P. 411–421. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.06.077.

18. Figuerola F., Hurtado M. L., Estévez A. M., Chiffelle I., Asenjo F. Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. *Food Chemistry*. 2005. Vol. 91(3). P. 395–401. DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.04.036.

19. Rodriguez R., Jimenez A., Fernandez-Bolaños J., Guillen R., Heredia A. Dietary fibre from vegetable products as source of functional ingredients. *Trends in Food Science & Technology*. 2006. Vol. 17(1). P. 3–15. DOI: 10.1016/j.tifs.2005.10.002.

REFERENCES

1. Dixit, V., et al. (2023). Functional Foods: Exploring the Health Benefits of Bioactive Compounds from Plant and Animal Sources. *Journal of Food Quality*. (2023), (pp. 1-22). DOI:10.1155/2023/5546753.

2. Yang, S.-H., et al. (2023). Dietary phytochemical and metabolic disease prevention: Focus on plant proteins. *Frontiers in Nutrition*. (10), (pp. 1-7) DOI: 10.3389/fnut.2023.1089487.

3. Khomych, H. P., Borodai, A. B., Nakonechna, Y. H., Yukhno, V. M., & Matsuk, Y. A. (2026). Doslidzhennia vykorystannia fruktovoi syrovyny v tekhnolohii napoiv na osnovi molochnoi syrovatky [Investigation of the application of fruit raw materials in the production technology of whey-based beverages]. Journal of Chemistry and Technologies. (34(2)), (pp. 642-654) [in Ukrainian]. DOI: https://doi.org/10.15421/jchemtech.v34i2.353371.

4. Pantazi, S. D., Matsuk, Y. A., Pasichnyi, V. M., Geredchuk, A. M., & Kovalova, O. S. (2026). Udoskonalennia tekhnolohii sosysok iz vykorystanniam funktsionalnykh inhrediientiv [Improvement of technology for sausages using functional ingredients]. Journal of Chemistry and Technologies. (34(1)), (pp. 208–225) [in Ukrainian]. DOI: https://doi.org/10.15421/jchemtech.v34i1.344952.

5. Munialo, C. D. (2024). A review of alternative plant protein sources, their extraction, functional characterisation, application and nutritional value. *International Journal of Food Science & Technology*. (59(1)), (pp. 462–472). DOI: https://doi.org/10.1111/ijfs.16467.

6. Awuchi, C. G. et al. (2022). Bioactive compounds and therapeutics from fish: revisiting their suitability in functional foods to enhance human wellbeing. *BioMed Research International*. (2022), (pp. 1-18). DOI: https://doi.org/10.1155/2022/3661866.

7. Ramakrishnan, S. R., Jeong, C.-R., Park, J.-W., Cho, S.-S., & Kim, S.-J. (2023). A review on the processing of functional proteins or peptides derived from fish by-products and their industrial applications. *Heliyon*. (9(3)), (pp. 1-15). DOI: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14188

8. Zhong, C., Feng, Y., & Xu, Y. (2023). Production of Fish Analogues from Plant Proteins: Potential Strategies, Challenges, and Outlook. *Foods*. (12(3)), (pp. 1-22). DOI: https://doi.org/10.3390/foods12030614.

9. Awuchi, C. G., et al. (2022). Bioactive Compounds and Therapeutics from Fish: Revisiting Their Suitability in Functional Foods to Enhance Human Wellbeing. *BioMed Research International*. (1), (pp. 1-18). DOI: https://doi.org/10.1155/2022/3661866.

10. Pasichnyi, V., et al. (2024). Substantiating the feasibility of using hemp seed protein in cooked sausage technology. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. (11(130)), (pp. 56-66). DOI: 10.15587/1729-4061.2024.310668.

11. Karpenko, P. O., et al. (2019). *Ozdorovche kharchuvannia [Healthy nutrition]*. Kyiv National University of Trade and Economics [in Ukrainian]. DOI: 10.31617/np.knute.2019-74.

12. Venugopal, V., & Shahidi, F. (1995). Value-added products from underutilized fish species. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. (35(5)), (pp. 431– 453). DOI: 10.1080/10408399509527708.

13. Park, J. W. (2014). *Surimi and Surimi Seafood*. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press.

14. Chalamaiah, M., Dinesh Kumar, B., Hemalatha, R., & Jyothirmayi, T. (2012). Fish protein hydrolysates: Proximate composition, amino acid composition, antioxidant activities and applications: A review. *Food Chemistry*. (135(4)), (pp. 3020–3038). DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.06.100.

15. Shaviklo, A. R. (2015). Development of fish protein powder as an ingredient for food applications: A review. *Journal of Food Science and Technology*. (52), (pp. 648–661). DOI: 10.1007/s13197-013-1042-7.

16. House, J. D., Neufeld, J., & Leson, G. (2010). Evaluating the quality of protein from hemp seed (*Cannabis sativa L.*) products through the use of the protein digestibility-corrected amino acid score method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. (58(22)), (pp. 11801–11807). DOI: 10.1021/jf102636b.

17. Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C., & Attia, H. (2011). Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry*. (124(2)), (pp. 411–421). DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.06.077.

18. Figuerola, F., Hurtado, M. L., Estévez, A. M., Chiffelle, I., & Asenjo, F. (2005). Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. *Food Chemistry*. (91(3)), (pp. 395–401). DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.04.036.

19. Rodriguez, R., Jimenez, A., Fernandez-Bolaños, J., Guillen, R., & Heredia A. (2006). Dietary fibre from vegetable products as source of functional ingredients. *Trends in Food Science & Technology*. (17(1)), (pp. 3–15). DOI: 10.1016/j.tifs.2005.10.002.

Yu. Matsuk, *PhD, Associate Professor;* ***L. Peshuk****, Doctor of Agricultural Sciences, Professor;* ***H. Ostrovska****, Master's Student (Oles Honchar Dnipro National University);* ***A. Heredchuk,*** *PhD, Associate Professor (Poltava University of Economics and Trade).* ***Improvements in the technology of high-protein fish-and-plant pastes***

The article presents the results of a study aimed at improving the technology of high-protein fish-and-plant spreads based on silver carp through the incorporation of hemp protein and apple fiber. The relevance of the study is determined by the growing demand for food products with enhanced biological value, balanced protein composition, increased dietary fiber content, and functional properties that comply with contemporary principles of healthy nutrition.

The aim of the study was to provide a scientific substantiation for and improve the technology of high-protein fish-and-plant spreads by incorporating hemp protein and apple fiber to enhance the nutritional and biological value as well as the functional and technological properties of the finished product. A comprehensive set of standard organoleptic, physicochemical, and functional-technological methods was employed.

Model formulations of fish-and-plant spreads containing different levels of hemp protein (3–7%) and apple fiber (1–2%) were developed, and their effects on the quality characteristics of the finished products were investigated. The incorporation of these plant-derived functional ingredients was found to increase protein, dietary fiber, and mineral contents while improving water– and fat-holding capacities, enhancing structural stability, and increasing product yield. Based on a comprehensive evaluation of sensory, physicochemical, and functional-technological characteristics, the formulation containing 7% hemp protein and 1% apple fiber was identified as optimal. The developed product demonstrated high nutritional and biological value, excellent sensory properties, and strong potential for industrial production.

The practical significance of the study lies in expanding the range of high-protein fish products through the utilization of domestically produced freshwater fish and functional plant ingredients. The proposed technology is consistent with current trends in food technology, resource-efficient processing, and the concept of healthy nutrition.

Keywords: *silver carp, fish-and-plant spreads, hemp protein, apple fiber, functional ingredients, high-protein products, nutritional value, functional and technological properties.*

Дата першого надходження статті до видання: 21.07.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 09.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 663.5, 663.6
DOI https://doi.org/10.37734/2518-7171-2026-2-5

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

СУЧАСНИЙ РОЗВИТОК ВИРОБНИЦТВА УКРАЇНСЬКИХ ТРАДИЦІЙНИХ СЛАБОАЛКОГОЛЬНИХ НАПОЇВ

О. М. ОСТРИК, аспірант
ORCID ID: 0009-0003-3919-8544
С. І. ОЛІЙНИК, кандидат технічних наук, доцент
ORCID ID: 0000-0003-1528-6542
(Національний університет харчових технологій)

Анотація. *У статті узагальнено історичні, технологічні та сучасні наукові підходи до збереження та розвитку українських традицій у виробництві слабоалкогольних напоїв. Розглянуто історичні передумови формування автентичних технологій, охарактеризовано основні види традиційних українських слабоалкогольних напоїв, їх технологічні особливості та культурологічне значення.*

Проаналізовано формування автентичних технологій приготування слабоалкогольних напоїв, які були сформовані природними умовами, культурологічними особливостями, господарськими методами і способами впливу різних регіонів України. Описано органолептичні характеристики, фізико-хімічні показники сучасних традиційних слабоалкогольних напоїв. Визначено вплив місцевої сировини на розвиток технологій, способів приготування, процесів зброджування та традиційного обладнання у виробництві слабоалкогольних напоїв.

Особливу увагу приділено важливості традиційних напоїв у формуванні української гастрономічної культури та збереженні національної ідентичності. Проаналізовано сучасний стан традиційного ринку слабоалкогольних напоїв в Україні, а також тенденції розвитку промислового виробництва, адаптацію автентичних рецептур до сучасних технологічних умов. У статті розглянуто інноваційну технологію приготування слабоалкогольного напою на основі плодово-ягідної сировини та продукту бджільництва.

Визначено перспективні напрями поєднання традиційних технологій із сучасними біотехнологічними підходами і технічним забезпеченням. Доведено, що розвиток сегменту традиційних слабоалкогольних напоїв є важливим чинником формування національної гастрономічної ідентичності та підвищення конкурентоспроможності української харчової галузі.

Показано, що поєднання традиційних технологій із сучасними біотехнологічними та інженерними рішеннями створює умови для розроблення конкурентоспроможних напоїв наступного покоління. Подальше удосконалення у цій сфері пов'язано з підтримкою крафтового, ремісничого та масового виробництва, популяризацією автентичної української гастрономічної спадщини, як елементу нематеріальної культурної спадщини, впровадженням чинного законодавства із географічного захисту національних напоїв.

Ключові слова: *традиції, слабоалкогольні напої, технологія, виробництво, інновації.*

Постановка проблеми. Останнім часом у галузі виробництва безалкогольних та слабоалкогольних напоїв відбуваються суттєві зміни. Споживачі в усьому світі все більше споживають напої не тільки для угамування спраги, а й оцінюють наявність в них різних інгредієнтів та напівфабрикатів, їх користь для здоров'я та способу життя. Ці тенденції поширюється не тільки у країнах Європи та світу, а й на українського споживача [1–6].

У термінології слабоалкогольних напоїв згідно із ДСТУ 4258 є характеристики, які характеризують склад, технологією їх приготування, а також основні органолептичні і фізико-хімічні показники.

Аналіз асортименту безалкогольних і слабоалкогольних напоїв на споживчому вітчизняному ринку вказує на поступове відновлення збагачення напоями на основі плодово-ягідної сировини у поєднанні із прянощами, продуктами бджільництва та іншими натуральними харчовими добавками. Формування асортименту вітчизняних напоїв різних типів – складний процес, на розвиток якого впливають багато чинників, в тому числі соціальні, економічні, виробничі [2, 6].

Позитивним фактором, що стимулює розвиток ринку напоїв на натуральній основі, є індивідуальний підхід виробника технологій, що включає критерії для створення готового продукту індустріальним способом.

Практичне та економічне зацікавлення виробника до відродження технології напоїв на натуральній основі сприяє змінам у ставленні споживача до напою. Споживач на сьогодні обирає напій, керуючись початковими чинниками – складом, об'ємом напою в споживчій тарі, його вартістю [6].

Напої на натуральній основі є важливими в раціоні харчування людини, оскільки не тільки вгамовують спрагу, але й освіжають, покращують стан, піднімають тонус, сприяють відчуттю загальної комфортності організму.

Напої завжди були невід'ємною частиною раціону харчування в різних регіонах світу, а їх виготовлення та споживання відбувалося з урахуванням традицій народів. Тому, національний

колорит сприяв створенню широкого спектру напоїв з назвами, які ураховують застосування місцевої натуральної сировини (плодово-ягідної, рослинної, зернової, медової тощо) [2, 7–11].

Сьогодні у споживача та виробника пробуджується зацікавленість до відродження напоїв з привабливими та традиційними назвами, наприклад сікера, медовуха, варенуха тощо. Їх готують на основі меду натурального, ягід, фруктів, а також зернових культур [2].

Важливими для споживачів є органолептичні показники, строки придатності до зберігання, ергономічні характеристики. Такими напоями можуть стати споконвічні традиційні для України безалкогольні та слабоалкогольні напої: медівка, узварець, ягоданка, питний мед, медовуха тощо [2, 12–17].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Починаючі ще з десятого століття переважали різні види поживних та прохолодних безалкогольних і слабоалкогольних напоїв.

Найдавніші згадки про напої на території нашої країни сягають часу до появи Київської Русі, коли виготовляли хмільний напій під назвою «сура», шляхом зброджування води або молока з медом, додаванням різних трав, серед яких був щавель. Цей напій нагадував сучасний квас [12]. Слабоалкогольну суру готували на основі: [13] молока з додаванням щавлю, трав з наступним зброджуванням, а також розчину меду з додаванням дев'ясилу, щавлю з наступним зброджуванням купажу. Компонентами рецептури слабоалкогольного напою «Суриці» є мед натуральний, смакоароматична рослинна сировина (трави, квіти тощо) або екзотичні фрукти для посилення смако-ароматичного профілю напою [13–17].

Споживали витримані питні меди, які мали міцність не вище ніж 14%. Для слабоалкогольних і ферментованих напоїв використовували настій сухарів житнього хлібу, міцність напоїв не перевищувала 2,5% об. [13–17].

Традиційними українськими напоями були кваси буряковий, на основі фруктів і ягід (калинник, калиновник, ягідник, брусничник, яблучник, бузиновий, журавлиновий), соку дерев (березовиця, кленового соку з додаванням сухарів житнього хліба). Донині такі кваси готують на території України, зокрема на Поліссі [13–17].

Традиційним солодким напоєм є узвар (звар, взвар, вар, узварець, киселиця, юшка), який готували на основі сушеної плодово-ягідної сировини (груш, яблук, слив, вишні, малини, чорниць, ожини тощо), натурального меду, іноді додавали патоку, шафран та чорний перець, корицю, родзинки, ягоди, рис («пшоно сорочинське») [13–17].

Одним з різновидів є перцевий узвар з медом, що став основою для популярного слабоалкогольного напою – варенухи (варени, варьохи). Його готували із додаванням горілки або та наливки на основі:

– сухих груш, вишні, слив, іноді додавали малину, смородину, яблука тощо,

– меду й цукру, запашних трав (чебрецю, материнки, м'яти, меліси, васильків) або з використанням духмяної рослинної сировини (чабрецю, м'яти, меліси, материнки, васильків), спецій (гвоздики, імбиру, анісу, духмяного перцю) і додаванням червоного пекучого перцю [13–17].

Одним з традиційних стародавніх ферментованих напоїв, який і сьогодні вживають для втамування спраги, є ціберей. Напій готують шляхом зброджування суміші кукурудзяних висівок (або борошна), цукру та квасу. Основними складовими напою є: кукурудзяні висівки або борошно, вода, цукор і квас. Додатково до купажу напою можуть бути додані сіль, кмин або родзинки [13–17].

На цей час здійснюється відродження національних напоїв, як на крафтових так і підприємствах великої потужності [18]. При цьому актуальним є забезпечення підвищеної стійкості та тривалості, високих дегустаційних характеристик готової продукції під час:

– використання різних видів багатокомпонентних концентратів або соків із використанням рослинної та плодово-ягідної сировини, з урахуванням оптимальності складу рецептур для конкретної групи напоїв;

– зменшення масової концентрації цукру та відсутність штучних та ідентичних натуральним смако-ароматичних та інших харчових добавок.

Формування цілей статті. Метою статті є аналіз розвитку автентичних українських напоїв для визначення перспективних напрямів поєднання традиційних технологій із сучасними технологічними підходами, на їх основі розробити рецептуру та удосконалити спосіб приготування слабоалкогольних напоїв для зміцнення національної ідентичності, розширення та підвищення конкурентоспроможності асортименту готової продукції на основі рослинної, плодово-ягідної та медової сировини.

Для визначення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. вивчити сучасний стан виробництва традиційних слабоалкогольних напоїв в Україні.

2. визначити перспективні напрями та технології розробки слабоалкогольних напоїв**.**

3. розробити рецептуру, спосіб отримання соковмісного слабоалкогольного напою на основі плодово-ягідної сировини та продуктів бджільництва, оцінити його якість та стабільність.

Матеріали і методи досліджень. Об'єкт дослідження – технологія слабоалкогольних напоїв на основі напівфабрикатів плодової та рослинної сировини.

Предмет дослідження – напій слабоалкогольний.

Органолептичні показники та визначення об'ємної частки етилового спирту (міцність), масової концентрації загального екстракту, кислот в перерахунку на лимонну здійснювали згідно з ДСТУ 4164. Прозорість напою визначали фотоелектроколориметричним методом, масову концентрацію цукру визначали антроновим методом згідно з методиками, викладеними у «Інструкції по хіміко-технологічному контролю лікеро-горілчаного виробництва».

Випробування можливого виникнення помутнінь фізико-хімічного характеру купажу здійснювали за методиками, наведеними у ТР У 18.5084. «Виробничому технологічному регламенті на виробництво горілок і лікеро-горілчаних напоїв». Перевірку до дії: холоду за температури (10±2) °С протягом 3 діб; нагрівання за температури 80 °С протягом 30 хв. з наступною витримкою протягом 24 год за температури (20±2) °С.

Прогнозовану стійкість слабоалкогольного напою визначали методом тестування за критичних значень температур та наступним перерахунком згідно з ДСТУ 7397.

Визначання кількості мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів (бактерій, пліснявих грибів, дріжджів) здійснювали згідно з ДСТУ 8446, бактерії групи кишкових паличок (колі форми) згідно з ДСТУ ISO 4831 та ДСТУ ISO 4832, патогенних мікроорганізмів, в тому числі бактерій роду Сальмонела згідно з ДСТУ EN ISO 6579-1.

Результати досліджень систематизували і на основі сучасного програмного забезпечення обробляли математичними і статистичними методами.

Виклад основних результатів дослідження. *Огляд представлених на ринку зразків.* Основним національним стандартом, що регламентує вимоги до слабоалкогольних напоїв є чинний ДСТУ 4258 «Напої слабоалкогольні. Технічні умови». Напої слабоалкогольні мають міцність від 0,5% об. до 8,5% об. та екстрактивних речовин не більше ніж 14,0 г/100 см^3, виготовляють на основі водно-спиртової суміші з використанням інгредієнтів, напівфабрикатів та консервантів, насичені чи ненасичені діоксидом вуглецю. Напої залежно від виду сировини та їх вмісту в готовому продукті поділяють на основі: вино- та соковмісній; пряно-ароматичної сировини; зернової сировині; ароматизаторів.

Одними з найбільших компаній, які виготовляють слабоалкогольні напої в Україні є: «New Products Group» (ГК «Нові продукти») та Корпорація «Оболонь» [20, 21].

ГК «Нові продукти» виготовляє слабоалкогольні коктейлі міцністю 6–8% об., на основі: води підготовленої, спирту етилового ректифікованого сорту «Люкс», цукрового сиропу, регуляторів кислотності, натуральних ароматизаторів та ароматичних основ тощо. Окрім цього, в склад купажу напоїв: ТМ «KING'S BRIDGE™» входять натуральні концентровані соки (яблучний, вишневий, грейпфрутовий), настій «Джин Кингс Бридж»; ТМ «SHAKE™» входять соки концентровані (мультифрут, лимонний), екстракт папаї [20].

Виробники слабоалкогольних напоїв підтримують виробництво класичних серій напоїв, а також експериментують з новими ароматами і смаками. Корпорація «Оболонь» виготовляє слабоалкогольні напої на основі води підготовленої, спирту етилового ректифікованого сорту «Люкс», концентрованих соків, сиропів глюкозно-фруктозного або цукрового, регуляторів кислотності, натуральних або ідентичних натуральним ароматизаторів тощо. Класична серія слабоалкогольних напоїв «Ром кола», «Бренді кола», «Джин тонік», «Текіла Лайм», «Біттер Лимон» має міцність 8%. Серія напоїв «DZEN» має міцність 7%, вирізняється нетрадиційними поєднаннями у смаках і ароматах: кавуна, м'яти, цитрусових; лайму та м'яти; ананасу та кокосу; апельсину та мигдалю [21].

З 90-х років минулого століття, Київський завод безалкогольних напоїв «Росинка» одним із перших почав виготовляти слабоалкогольні напої. Вони поєднують у собі традиційні смаки алкогольних коктейлів та інноваційний підхід до виробництва. У виробництві напоїв використовують лише натуральні компоненти. В асортименті виробника особливу увагу займають газовані слабоалкогольні напої різноманітних класичних смаків: «Бренді кава», «Шоколад», «Фейхоа», «Горілка лимон», «Горілка журавлина», «Шампані Полуниця» та інші [22].

Для забезпечення високої якості напоїв використовують перевірені технології та обладнання. Оскільки вода займає значну частку у складі слабоалкогольних напоїв, вона має значний вплив на смак та аромат готової продукції. Для підготовки питної води на підприємстві використовують високоефективні системи фільтрування потужність яких становить 66 м^3/год і 22 м^3/год. Процес очищення питної води передбачає первинне механічне очищення, при цьому відфільтровуються грубі та дрібнодисперсні домішки. Далі попередньо очищена вода проходить процес іонообміну, що дозволяє суттєво покращити органолептичні характеристики та забезпечити якість підготовленої води відповідно до вимог СОУ 15.9-37-237 «Вода підготовлена для лікеро-горілчаного виробництва. Технічні умови» [23].

В основі виробництва слабоалкогольних напоїв є технологія купажування. Залежно від рецептури відбувається змішування підготовленої води, цукрового сиропу, різноманітних натуральних смакових та ароматичних добавок, а також

високоякісного спирту. Важливою стадією під час приготування напоїв є приготування цукрового сиропу, який не повинен мати сторонніх запахів або нехарактерних смакових відтінків. Для цього обов'язково здійснюють вхідний контроль якості цукру білого. Приготований цукровий сироп проходить стадію пастеризації, а потім декілька стадій фільтрування, в тому числі із застосуванням фільтрів, завантажених активованим вугіллям [23].

Компанія «Nemiroff» – один з найвідоміших і впізнаваних брендів алкогольних напоїв в Україні та світі. Нею розроблено колекцію слабоалкогольних напоїв «Pangaia»: «Pangaia. Бергамот та м'ята», «Pangaia. Lychee», «Pangaia. Strawberry Mint», «Pangaia. Mango Blossom». Міцність напоїв становить 5% об. Їх виготовляють шляхом купажування води підготовленої, спирту етилового ректифікованого сорту «Люкс», цукрового сиропу, лимонної кислоти, з додаванням натуральних ароматизуючих компонентів (бергамот, м'ята, лічі, полуниця, троянда, манго) [24].

Важливими напрямами розвитку ТМ «Хортиця» є виробництво слабоалкогольних напоїв серій «KHORTYTSA Coctails», «Just Dance» та винних слабоалкогольних напоїв бренду «Мікадо» [25, 26].

Лінійка «Just Dance» включає напої міцністю 7% об.: «Gin Tonic» з характерними яскравими нотами ялівцю з легкою гіркотою тоніка, приємним цитрусовим післясмаком; «Gin&Graipfruit» з характерним поєднанням ялівцю та цитрусу; «Brandy cola» – бренді та коли [25, 26].

Асортимент «KHORTYTSA Coctails»: «Бора Бора», «Секс на пляжі», «Космополітан» розширює серію легких алкогольних напоїв міцністю 7% об. з м'якими, насиченими смаками екзотичних фруктів і ягід. [25, 26].

Слабоалкогольні напої на основі винної сировини «Мікадо. Абрикос», «Мікадо. Полуниця», «Мікадо. Чорна смородина», «Мікадо. Ананас», «Мікадо. Малина» мають міцність 6,0–6,9% об. Основним купажним інгредієнтом є натуральне вино Мікадо. Його виробництво розташоване на півдні України, в Одеській області. Технологія виробництва напоїв передбачає наступні стадії: підігріте натуральне вино (червоне або біле) настоюють на натуральних сушених плодах сливи, смородини, вишні, абрикоса. При цьому купаж напою набуває смак і аромат відповідного фрукта. Готові напої вирізняються складним, гармонійним ароматом, а також м'яким, гармонійним, ніжним, солодким смаком [25, 26].

Відродженням традиційних напоїв на основі фруктової та плодово-ягідної сировини можна вважати напої алкогольні міцністю 8,4% об. ТМ «BRAVO» АБК «Дніпро». Підприємство виготовляє напої «BRAVO» на основі сидрової сировини: зі смаком персика, яблука, апельсину, лайму, м'яти Mojito, а також кисло-солодких ягід [27].

Особливу увагу привертають напої слабоалкогольні ПАТ «Carlsberg Ukraine» бренду «Somersby» сидри: «Смак Яблуко» (міцність 4,6%), «Смак «Груша» (міцність 4,7%), «Смак Чорниця» (міцність 4,6%), «Смак Малина Лайм» (міцність 4,7%), «Смак Персик Гуава» (міцність 4,7%). Напої виготовляють шляхом природного зброджування яблучного соку, отриманого методом відновлення із соку яблучного концентрованого, без додавання етилового спирту [28]. Напої «Somersby» мають помірно солодко-кислий, свіжий гармонійний смак з тонами яблук та відповідно до рецептури груші, чорниці, персику, лайму тощо. Основними складовими компонентами відповідних рецептур напоїв «Somersby» є: вода підготовлена, сік яблучний концентрований відновлений, сироп глюкозно-фруктозний, регулятор кислотності лимонна кислота, натуральні ароматизатори «Яблуко», «Груша», «Чорниця», «Малина», «Лайм», «Персик», «Гуава», екстракт виноградної шкірки, сік чорної моркви концентрований [28].

Таким чином, спостерігається високий попит на нові аромати та смаки, звідси і продовження зростання зацікавленості до відродження традиційних напрямів та застосування сучасних інноваційних рішень моделювання і виробництва слабоалкогольних напоїв.

Удосконалення технології традиційних слабоалкогольних напоїв. Під час розроблення технології та рецептури ураховували переваги національних традицій споживання слабоалкогольного напою на основі плодово-ягідної та медової сировини, споживчих характеристик готової продукції. Для розробки представленої рецептури застосовували методику підбору поєднання компонентів купажу, органолептичні характеристики. Під час відпрацювання технології отримання купажованих слабоалкогольних напоїв з додаванням меду натурального різнотрав'я ураховували стадії приготування соків, купажної основи, змішування компонентів рецептури, фільтрування купажу.

Процес отримання купажованого соку вишні та горобини чорноплідної включає: підготовку сировини у вигляді первинного миття, блоку інспекції та сортування, вторинного сполоскування. Подрібнення сировини проводиться у подрібнювачі відцентрового типу, з якого надходить у відповідні ємності-відстійники соку вишні та горобини чорноплідної. Макуха надходить у прес, з якого віджатий сік потрапляє у відстійник, а макуха надходить на сушку. Цей технологічний прийом застосований для більш повного виходу соку із плодів. З відстійника соки спрямовують на першу стадію фільтрування за допомогою каскадної системи з фільтрувальними елементами із розміром вічок 50 мкм, 40 мкм та 20 мкм. Після відстоювання соки фільтрують на каскадній системі

тонкого очищення, яка складається з фільтрувальних елементів розміром вічок від 10 мкм до 5 мкм. Соки надходять у відповідні накопичувальні збірники, з яких їх спрямовують у пастеризатор.

Мед натуральний попередньо розбавляють підготовленою водою у співвідношенні 1:10. Отриманий розчин ретельно перемішують, витримують для стабілізації протягом 4–6 годин та фільтрують за допомогою каскадної системи із розміром вічок 20 мкм, 10 мкм та 5 мкм.

Паралельно готують купажну основу на основі профільтрованого розчину меду натурального, цукрового сиропу концентрацією 65,8%, ароматичної композиції ароматних спиртів шкірки лимону свіжої та ефірної олії лимону, розчину кислоти лимонної з розрахунку доведення масової концентрації кислот за рецептурою напою. Компоненти рецептури додаються послідовно та після додавання наступного, ретельно перемішуються для отримання однорідної суміші. Отриману купажну суміш спрямовують на пастеризацію. Застосування роздільної пастеризації необхідно для найбільшого збереження у меді натуральному корисних речовин.

Пастеризовані соки та купажна основа, спирт етиловий ректифікований сорту «Люкс» та вода підготовлена надходять до блоку автоматизованого змішування. Отриманий купаж спрямовують на стабілізування протягом 24 годин. Проводять контрольне фільтрування системою патронного фільтрування із розміром вічок 10 мкм, 5 мкм та 3 мкм, купаж спрямовують на розлив.

В табл. 1 представлено купаж слабоалкогольного соковмісного напою з додаванням меду натурального.

Під час технологічної переробки вишні та чорноплідної горобини важливим є вирішення завдання з видаленням надлишку білкових, пектинових, фенольних сполук, які спричиняють труднощі у забезпеченні високої стабільності готових напоїв під час тривалого зберігання. Порушення рівноваги колоїдної системи готових слабоалкогольних напоїв на основі плодово-ягідної сировини приводить спочатку до виникнення опалесценції та помутнінь, а потім – до випадання осаду.

Результати тестування можливого виникнення помутнінь фізико-хімічного характеру купажу, наведено у табл. 2.

Результати проведених досліджень тестування можливого виникнення помутніння вказує, що досліджуваний купаж стійкий до помутнінь різного характеру, що виникають в тому числі при знижених і підвищених температурах та відповідає вимогам чинного ТР У 18.5084. Завдяки цьому можна припустити, що колоїдна система купажу буде стабільною, тобто готовий слабоалкогольний напій буде зберігатися без утворення каламутей та осаду.

Згідно з вимогами ДСТУ 4258 строк придатності слабоалкогольного напою встановлює розробник, при цьому він не повинен перевищувати

Таблиця 1

Купаж слабоалкогольного напою на 1000 дал

Найменування компоненту	Одиниця виміру	Кількість
Сік вишневий	дм^3	2600
Сік чорноплідногоробиновий	дм^3	1200
Ароматний спирт лимонного ефірного масла	дм^3	10,0
Ароматний спирт лимонної шкірки свіжої	дм^3	50,0
Мед натуральний різнотрав'я	кг	300
Цукровий сироп 65,8%-ний	дм^3	З розрахунку на масову концентрацію загального екстракту 12,3 г/100 см^3
Кислота лимонна	кг	З розрахунку на масову концентрацію кислот у перерахунку на лимонну 0,6 г/100 см^3
Спирт етиловий ректифікований сорту «Люкс» та вода підготовлена	дм^3	З розрахунку на міцність купажу 8%
Діоксид вуглецю	кг	0,4

Таблиця 2

Результати тестування можливого виникнення помутнінь слабоалкогольного напою (n=3)

Тест на схильність до	Результат тестування	
	згідно з вимогами ТР У 18.5084	досліджуваного купажу напою
– білкових помутнінь	Прозорий розчин без каламуті та осаду	відповідає
– напівфенольних помутнінь		відповідає
– дії холоду		відповідає
– нагрівання		відповідає
– пектинових помутнінь		відповідає
– дубильних помутнінь		відповідає
– металевих помутнінь		відповідає

Таблиця 3

Органолептична оцінка слабоалкогольного напою (n=3; P≥0,95)

Назва показника	Характеристика показника	
	згідно з ДСТУ 4258	купажу напою
Загальний вигляд	Прозора рідина без осаду і сторонніх домішок	Прозора рідина без осаду і сторонніх домішок
Колір	Забарвлена, обумовлена особливостями використаної сировини	Темно вишневий
Аромат та смак	Обумовлений особливостями використаної сировини	Вишні та чорноплідної горобини, з відтінком лимонної шкірки
Прозорість, за довжини хвилі 400 нм і кюветі довжиною грані 50 мм, %	Не менше 98,0±0,01	99,5±0,01

Таблиця 4

Фізико-хімічна оцінка слабоалкогольного напою (n=3; P≥0,95)

Назва показника, одиниця виміру	Нормативне значення згідно з ДСТУ 4258	Отримане значення в тестованому зразку
Об'ємної частки етилового спирту (міцність), %	0,5–8,5	8,0±0,3
Масова концентрація загального екстракту, г/100 см^3	не більше 14,0	12,3±0,3
Масова концентрація цукру, г/100 см^3	не нормується	8,5±0,3
Масова концентрація кислот в перерахунку на лимонну, г/100 см^3	0,1–1,0	0,6±0,05

Таблиця 5

Оцінка мікробіологічної стабільності слабоалкогольного напою (n=3; P≥0,95)

Назва показника, одиниця виміру	Нормативне значення для напою без консерванту	Значення в тестованому зразку
Кількість мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів, КУО/см^3	не більше 1×10^2	25
Бактерії групи кишкових паличок (колі форми), КУО/дм^3	не більше 3	1
Патогенні мікроорганізми, в тому числі бактерії роду Сальмонела, в 25 см^3	Не допускається	відсутні
Плісеневі гриби, КУО/см^3	не більше 5 × 10	15
Дріжджі, КУО/см^3	не більше 5 × 10	30

прогнозовану стійкість, визначену згідно з ДСТУ 7397.

Результати органолептичного оцінювання досліджуваного купажу слабоалкогольного напою наведено в табл. 3.

Проведено дослідження з визначання прогнозованої стійкості купажу слабоалкогольного напою згідно з ДСТУ 7397. Результати досліджень слабоалкогольного напою, витриманого за критичних умов температури плюс 35 °С протягом 3 діб та температури 0 °С протягом 3 діб, наведено в табл. 4.

Результати досліджень за органолептичними та фізико-хімічними показниками свідчать про відповідність, розробленого слабоалкогольного напою вимогам чинного ДСТУ 4258. За результатами прискореного прогнозування розрахункова стійкість становить 12 місяців; остаточний строк придатності потребує підтвердження випробуваннями під час реального зберігання

Фільтрування – є важливим етапом технології напоїв, основна функція якого полягає у забезпеченні високого ступеню прозорості, а також досягнення стійкості напою за фізико-хімічними, мікробіологічними чинниками. Технологією приготування напою передбачено застосування каскадних систем фільтрування соків та готового купажу перед розливом. Отримані дані свідчать (табл. 2–4) про ефективність передбаченої затримуючої здатності за розмірами вічок фільтрів. Застосування на остаточній стадії контрольного фільтрування мембранних картриджних елементів з розміром вічок 5,0 мкм та 3,0 мкм дає змогу досягнути прозорості у напої 99,5% (табл. 3) та мікробіологічну стабільність після визначення прогнозованої стійкості згідно з ДСТУ 7397 у порівнянні з вимогами ТР У 37199618-002 «Виробничий технологічний регламент на виробництво горілок, горілок особливих та лікеро-горілчаних напоїв» (табл. 5).

Висновки. Результати проведеного аналітичного дослідження свідчать про перспективність створення слабоалкогольних напоїв на основі натуральної плодово-ягідної, рослинної та медової сировини, які характеризуються високою стабільністю якості і стійкості під час зберігання.

Розроблена технологія отримання слабоалкогольного напою на основі плодово-ягідної сировини та продукції бджільництва дає змогу розширити асортимент традиційної алкогольної продукції крафтових виробників та підприємств великої потужності.

Пріоритетними напрямками, які активно впливають на розвиток галузі в цілому є:

– формування сировинної бази шляхом розширення асортименту рослинної та плодово-ягідної сировини для приготування напівфабрикатів та купажів напоїв;

– дослідження, спрямовані на комплексне використання та перероблляння рослинної і плодово-ягідної сировини, застосування у виробництві нетрадиційних видів сировини, що забезпечують максимальне збагачення одержуваних напівфабрикатів: настоїв, морсів та екстрактів природними екстрактивними біологічно-активними речовинами.

Подальший розвиток сегменту традиційних слабоалкогольних напоїв доцільно пов'язувати з впровадженням Закону України «Про географічні зазначення спиртних напоїв», підтримкою крафтових, ремісничих та підприємств великої потужності, популяризацією української гастрокультури.

Практичні результати роботи можуть бути використані на підприємствах алкогольної галузі з виробництва напоїв слабоалкогольних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Притульська Н.В. Ідентифікація продовольчих товарів: теорія і практика [Текст]: Монографія. Київ : КНТЕУ. 2007. 192 с.

2. Алкогольні напої – досвід поколінь (технологія, обладнання, рецептури): монографія / П.Л. Шиян, В.В. Сосницький, О.Ю. Шевченко, Р.Г. Кириленко. Київ: Інтерсервіс. 2022. 361 с.

3. Мелько Л.Ф., Литвинова Т.С. Гастрономічний потенціал нематеріальної культурної спадщини ЮНЕСКО та туризм. *Географія та туризм.* 2022. 70. С. 3-9. https://doi.org/10.17721/2308-135X.2022.70.3-9

4. Матвійчук Л.Ю., Корсак В.І., Книш С.С. Розвиток гастрономічного потенціалу нематеріальної культурної спадщини як складової частини туристичних ресурсів України. *Acta Academiae Beregsasiensis: Geographica et Recreatio.* 2025. 1. 86-93. https://doi.org/10.32782/2786-5843/2025-1-8

5. Аніпко Н., Смик О., & Іванунік В. Гастрономічні символи країн як потенціал розвитку міжнародного туризму (на прикладі списку ЮНЕСКО). *Економіка та суспільство*, 2025. 71. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-71-96

6. Бондарчук З.В., Куриленко Ю.М., Андронович Г.М. Використання рослинної сировини як комплекс біологічно активних речовин для напоїв функціонального призначення. *Інновації та технології в сфері послуг і харчування.* 2022. 2(6). С. 38–43. DOI: https://doi.org/10.32782/2708-4949.2(6).2022.7.

7. Soto-Cruz N.O., Kirchmayr M.R., Sharma A. Editorial: Sustainable Production of Ethnic Alcoholic Beverages. *Front. Sustain. Food Syst.* 2022. 6:864700. doi: 10.3389/fsufs.2022.864700

8. Tolcha T.A., Chala G.K. A review of the production, quality, and safety of traditionally fermented cereal-based alcoholic beverages in Ethiopia. *Food Sci Nutr.* 2024. 12:3125–3136. https://doi.org/10.1002/fsn3.4012

9. Caraballo A.N., Garcia D., Ilyina A., Flores-Gallegos A.C., Michelena G., Rodríguez-Cutiño G., Martínez-Hernández J.L., Aguilar Cristobal N. Alcoholic Beverages: Current Situation and Generalities of Anthropological Interest. *Processing and Sustainability of Beverages.* 2019. 1. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815259-1.00002-1

10. Tamang J.P. History of ancient alcoholic beverages of the world. *Microbiology and Health Benefits of Traditional Alcoholic Beverages.* 2025, 1-25. https://doi.org/10.1016/B978-0-443-13322-0.00001-0

11. Habschied K., Barkow I., Mastanjević K.. Traditional Fermented Beverages as Drinks of the Future. Beverages. 2026. 12(7). 80 https://doi.org/10.3390/beverages12070080

12. Великий тлумачний словник сучасної української мови (з дод. і допов.) / Уклад. і голов. ред. В. Т. Бусел. Київ, Ірпінь: ВТФ «Перун», 2005. 1728 с., с. 532.

13. Таранець В.Г. Божественні напої сура та сома. *Науковий вісник Київського національного лінгвістичного університету «Мова. Мовлення. Комунікація». Збірка статей на честь ювілею Олени Іванівни Стеріополо.* Київ: Видавничий центр Київського лінгвістичного університету, 2016. 106-115.

14. Сергій Яценко Назви хмільних напоїв в українській мові 14-17 століття. *Українська мова.* 2009, № 2. С.49-55

15. Курочкін О. Хмільні напої в побутовій культурі й фольклорі українців. *Матеріали до української етнології.* 2018. Вип. 17. С. 106-113. URL: http://jnas.nbuv.gov.ua/article/UJRN-0001304749

16. Побережник І.В. Алкогольні напої у традиційній культурі українського населення північної частини Буковини та Хотинського повіту Бессарабської губернії: історико-етнологічний аспект (друга половина XIX – початок XX ст.) [Текст]: дис. ... канд. іст. наук : 07.00.05 / Побережник Інна Валеріївна; Чернів. нац. ун-т ім. Юрія Федьковича. Чернівці, 2010. 254 арк.

17. Артюх Л. До історії напоїв у харчовій культурі українців. *Народна творчість та етнографія: НАНУ, ІМФЕ ім. М.Т.Рильського.* Київ, 2006. 5

18. Богуславська А.А., Язвінська Н.В. Тенденції ринку напоїв в світі та України: виклики, можливості та роль антикрихкості маркетингу ПРАТ «Карлсберг Україна. *Розвиток підприємництва як фактор зростання національної економіки: матеріали XXIII Міжнародної наук.-практ. конф. (Київ, КПІ, 20 листопада 2024 р.).* Київ: ІВЦ Видавництво «Політехніка», 2024. С. 29-30. URL: https://conf-keip.kpi.ua/ (дата звернення: 16.11.2025)

19. Blyzniak, M., & Smyrnov, A. (2024). Alcoholic Beverages, Their Production and Sale in Volhynian Towns of the 18th Century. *Eminak: Scientific Quarterly Journal*, (2(46), 96-118. https://doi.org/10.33782/eminak2024.2(46).708

20. Сайт ГК «Нові продукти». ТМ «KING'S BRIDGE™». URL: https://ua.newproducts.com/product/kings-bridge-2/

21. Сайт «Продукція ПрАТ «Оболонь». URL: https://obolon.ua/ua/production/Alcohol-drinks

22. Сайт «Алкомаг. Слабоалкогольні напої. URL: https://alcomag.ua/ua/napitki/slaboalkogolnye-napitki/filter/strana-is-f406621e-53fd-11e6-b53b-001583079893/apply/

23. Сайт журналу «Напої. Технології та інновації. Росинка – якість, яку обирають покоління». URL: https://techdrinks.info/rosynka-kachestvo-kotoroe-vyibyrayut-pokolenyya/

24. Сайт «Продукція Компанії «Nemiroff»». URL: https://nemiroff.vodka/products/

25. Сайт «Бренди. ТМ «ХОРТИЦЯ»». URL: https://globalspirits.com/brands/

26. Сайт «Бренди. ТМ «ХОРТИЦЯ»». URL: https://globalspirits.com/brend/horticya-light/

27. Сайт «ТМ «BRAVO» АБК «Дніпро»». URL: https://abkdnipro.com/product-tag/%d1%82%d0%bc-bravo/

28. Сайт «ПАТ «Carlsberg Ukraine». Бренд «Somersby»» URL: https://www.carlsbergukraine.com/brands/somersby/somersby/

REFERENCES

1. Prytulska, N. V. (2007). *Identyfikatsiia prodovolchykh tovariv: teoriia i praktyka* [Identification of food products: Theory and practice]. KNTEU. [in Ukrainian]

2. Shyian, P. L., Sosnytskyi, V. V., Shevchenko, O. Yu., & Kyrylenko, R. H. (2022). *Alkoholni napoi – dosvid pokolin (tekhnolohiia, obladnannia, retseptury)* [Alcoholic beverages: Generational experience (technology, equipment, recipes)]. Interservis. [in Ukrainian]

3. Melko, L. F., & Lytvynova, T. S. (2022). Hastronomichnyi potentsial nematerialnoi kulturnoi spadshchyny YuNESKO ta turyzm [Gastronomic potential of UNESCO intangible cultural heritage and tourism]. *Heohrafiia ta turyzm*, (70), 3–9. https://doi.org/10.17721/2308-135X.2022.70.3-9 [in Ukrainian]

4. Matviichuk, L. Yu., Korsak, V. I., & Knysh, S. S. (2025). Rozvytok hastronomichnoho potentsialu nematerialnoi kulturnoi spadshchyny yak skladovoi chastyny turystychnykh resursiv Ukrainy [Development of the gastronomic potential of intangible cultural heritage as a component of Ukraine's tourism resources]. *Acta Academiae Beregsasiensis: Geographica et Recreatio*, (1), 86–93. https://doi.org/10.32782/2786-5843/2025-1-8 [in Ukrainian]

5. Anipko, N., Smyk, O., & Ivanunik, V. (2025). Hastronomichni symvoly krain yak potentsial rozvytku mizhnarodnoho turyzmu (na prykladi spysku YuNESKO) [Gastronomic symbols of countries as a potential for international tourism development (based on the UNESCO list)]. *Ekonomika ta suspilstvo*, (71). https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-71-96 [in Ukrainian]

6. Bondarchuk, Z. V., Kurylenko, Yu. M., & Andronovych, H. M. (2022). Vykorystannia roslynnoi syrovyny yak kompleks biolohichno aktyvnykh rechovyn dlia napoiv funktsionalnoho pryznachennia [Use of plant raw materials as a complex of biologically active substances for functional beverages]. *Innovatsii ta tekhnolohii v sferi posluh i kharchuvannia*, *2*(6), 38–43. https://doi.org/10.32782/2708-4949.2(6).2022.7 [in Ukrainian]

7. Soto-Cruz, N. O., Kirchmayr, M. R., & Sharma, A. (2022). Editorial: Sustainable production of ethnic alcoholic beverages. *Frontiers in Sustainable Food Systems, 6*, Article 864700. https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.864700

8. Tolcha, T. A., & Chala, G. K. (2024). A review of the production, quality, and safety of traditionally fermented cereal-based alcoholic beverages in Ethiopia. *Food Science & Nutrition, 12*, 3125–3136. https://doi.org/10.1002/fsn3.4012

9. Caraballo, A. N., Garcia, D., Ilyina, A., Flores-Gallegos, A. C., Michelena, G., Rodríguez-Cutiño, G., Martínez-Hernández, J. L., & Aguilar Cristobal, N. (2019). Alcoholic beverages: Current situation and generalities of anthropological interest. In *Processing and sustainability of beverages* (Vol. 1). https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815259-1.00002-1

10. Tamang, J. P. (2025). History of ancient alcoholic beverages of the world. In *Microbiology and health benefits of traditional alcoholic beverages* (pp. 1–25). https://doi.org/10.1016/B978-0-443-13322-0.00001-0

11. Habschied, K., Barkow, I., & Mastanjević, K. (2026). Traditional fermented beverages as drinks of the future. *Beverages, 12*(7), Article 80. https://doi.org/10.3390/beverages12070080

12. Busel, V. T. (Ed.). (2005). *Velykyi tlumachnyi slovnyk suchasnoi ukrainskoi movy (z dodatkamy i dopovnenniamy)* [Large explanatory dictionary of the modern Ukrainian language (with additions and supplements)]. VTF Perun. [in Ukrainian]

13. Taranets, V. H. (2016). Bozhestvenni napoi sura ta soma [Divine beverages sura and soma]. In *Naukovyi visnyk Kyivskoho natsionalnoho linhvistychnoho universytetu «Mova. Movlennia. Komunikatsiia»: Zbirka statei na chest yuvileiu Oleny Ivanivny Steriopolo* [Scientific bulletin of Kyiv National Linguistic University "Language. Speech. Communication": Collection of articles in honor of Olena Ivanivna Steriopolo]. Vydavnychyi tsentr Kyivskoho linhvistychnoho universytetu, 106–115. [in Ukrainian]

14. Yatsenko, S. (2009). Nazvy khmilnykh napoiv v ukrainskii movi XIV–XVII stolittia [Names of alcoholic beverages in the Ukrainian language of the 14th–17th centuries]. *Ukrainska mova*, (2), 49–55. [in Ukrainian]

15. Kurochkin, O. (2018). Khmilni napoi v pobutovii kulturi y folklori ukraintsiv [Alcoholic beverages in the everyday culture and folklore of Ukrainians]. *Materialy do ukrainskoi etnolohii*, (17), 106–113. http://jnas.nbuv.gov.ua/article/UJRN-0001304749 [in Ukrainian]

16. Poberezhnyk, I. V. (2010). *Alkoholni napoi u tradytsiinii kulturi ukrainskoho naselennia pivnichnoi chastyny Bukovyny ta Khotynskoho povitu Bessarabskoi hubernii (druha polovyna XIX – pochatok XX st.): Istoryko-etnolohichnyi aspekt* [Alcoholic beverages in the traditional culture of the Ukrainian population of northern Bukovina and Khotyn County of Bessarabia Governorate (second half of the 19th–early 20th century): Historical and ethnological aspects] [Candidate's dissertation, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University]. [in Ukrainian]

17. Artiukh, L. (2006). Do istorii napoiv u kharchovii kulturi ukraintsiv [On the history of beverages in the food culture of Ukrainians]. *Narodna tvorchist ta etnohrafiia*, (5). [in Ukrainian]

18. Bohuslavska, A. A., & Yazvinska, N. V. (2024). Tendentsii rynku napoiv v sviti ta Ukrainy: Vyklyky, mozhlyvosti ta rol antykrykhkosti marketynhu PRAT «Karlsberh Ukraina» [Trends in the beverage market worldwide and in Ukraine: Challenges, opportunities, and the role of marketing antifragility at Carlsberg Ukraine]. In *Rozvytok pidpryiemnytstva yak faktor zrostannia natsionalnoi ekonomiky: Materialy XXIII Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii* [Entrepreneurship development as a factor in national economic growth: Proceedings of the 23rd International Scientific and Practical Conference] (pp. 29–30). IVTs Vydavnytstvo «Politekhnika». https://conf-keip.kpi.ua/ [in Ukrainian]

19. Blyzniak, M., & Smyrnov, A. (2024). Alcoholic beverages, their production and sale in Volhynian towns of the 18th century. *Eminak: Scientific Quarterly Journal*, (2(46)), 96–118. https://doi.org/10.33782/eminak2024.2(46).708

20. НК «Novi produkty». (n.d.). *TM KING'S BRIDGE*. https://ua.newproducts.com/product/kings-bridge-2/ [in Ukrainian]

21. PrAT «Obolon». (n.d.). *Produktsiia PrAT «Obolon»* [Products of Obolon PJSC]. https://obolon.ua/ua/production/Alcohol-drinks [in Ukrainian]

22. Alcomag. (n.d.). *Slaboalkoholni napoi* [Low-alcohol beverages]. https://alcomag.ua/ua/napitki/slaboalkogolnye-napitki/filter/strana-is-f406621e-53fd-11e6-b53b-001583079893/apply/ [in Ukrainian]

23. *Napoi. Tekhnolohii ta innovatsii*. (n.d.). Rosynka – yakist, yaku obyraiut pokolinnia [Rosynka – quality chosen by generations]. https://techdrinks.info/rosynka-kachestvo-kotoroe-vyibyrayut-pokolenyya/ [in Ukrainian]

24. Nemiroff. (n.d.). *Produkty Nemiroff* [Nemiroff products]. https://nemiroff.vodka/products/ [in Ukrainian]

25. Global Spirits. (n.d.). *Brendy: TM Khortytsia* [Brands: Khortytsia trademark]. https://globalspirits.com/brands/ [in Ukrainian]

26. Global Spirits. (n.d.). *Khortytsia Light*. https://globalspirits.com/brend/horticya-light/ [in Ukrainian]

27. ABK Dnipro. (n.d.). *TM Bravo*. https://abkdnipro.com/product-tag/%d1%82%d0%bc-bravo/ [in Ukrainian]

28. Carlsberg Ukraine. (n.d.). *Somersby*. https://www.carlsbergukraine.com/brands/somersby/somersby/ [in Ukrainian]

O. Ostryk, *Postgraduate Student,* ***S. Oliinyk,*** *PhD, Associate Professor (National University of Food Technologies).* ***Modern development of the production of Ukrainian traditional low-alcoholic beverages***

Abstract *The article summarizes historical, technological and modern scientific approaches to the preservation and development of Ukrainian traditions in the production of low-alcohol beverages. The historical prerequisites for the formation of authentic technologies are considered, the main types of traditional Ukrainian low-alcohol beverages, their technological features and cultural significance are characterized.*

The formation of authentic technologies for the preparation of low-alcohol beverages, which were formed by natural conditions, cultural features, economic methods and methods of influence of different regions of Ukraine, is analyzed. The organoleptic characteristics, physicochemical indicators of modern traditional low-alcohol beverages are described. The influence of local raw materials on the development of technologies, methods of preparation, fermentation processes and traditional equipment in the production of low-alcohol beverages is determined.

Special attention is paid to the importance of traditional beverages in the formation of Ukrainian gastronomic culture and the preservation of national identity. The current state of the traditional low-alcohol beverage market in Ukraine is analyzed, as well as trends in the development of industrial production, the adaptation of authentic recipes to modern technological conditions. The article considers an innovative technology for preparing a low-alcohol beverage based on fruit and berry raw materials and beekeeping products.

Promising directions for combining traditional technologies with modern biotechnological approaches and technical support are identified. It is proven that the development of the segment of traditional low-alcohol beverages is an important factor in the formation of national gastronomic identity and increasing the competitiveness of the Ukrainian food industry.

It is shown that the combination of traditional technologies with modern biotechnological and engineering solutions creates conditions for the development of competitive beverages of the next generation. Further improvement in this area is associated with the support of craft, artisanal and mass production, the popularization of authentic Ukrainian gastronomic heritage as an element of intangible cultural heritage, the implementation of current legislation on the geographical protection of national beverages.

Keywords: *traditions, low-alcohol drinks, technology, production, innovation.*

Дата першого надходження статті до видання: 12.08.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 15.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 664.856:613.2:[54-414:57.02]:005.591.6
DOI https://doi.org/10.37734/2518-7171-2026-2-6

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

ВИКОРИСТАННЯ ХІТОЗАНА ЯК БІОЛОГІЧНО АКТИВНОЇ ДОБАВКИ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ІННОВАЦІЙНИХ КУЛІНАРНИХ ЖЕЛЕ

А. Д. САЛАВЕЛІС, кандидат технічних наук, доцент
ORCID ID: 0000-0002-8400-3289
С. М. ПАВЛОВСЬКИЙ, кандидат технічних наук, доцент
ORCID ID: 0000-0001-5701-8031
С. Л. КОЛЕСНІЧЕНКО, кандидат технічних наук, доцент
ORCID ID: 0000-0002-8752-053X
(Одеський національний технологічний університет)

Анотація. *У статті наведено результати розробки рецептури та технології приготування кулінарного желе із оздоровчими властивостями за рахунок введення в рецептурний склад біосорбентів.*

Об'єктом досліджень стало кулінарне желе на основі молочной сировини, дієтичні властивості якого зумовлені наявністю желатину та кисломолочних бактерій, а в якості біосорбенту вивчали можливість використання хітозана. Хітозан − біополімер тваринного походження і відноситься до харчових волокон, які не засвоюються організмом людини, але в кислому середовищі шлунку утворюють високов'язкі розчини, виявляючи властивості ентеросорбенту та імуномодулятора.

Особливості хімічного складу хітозану дозволяють впливати на стан желейного студню, зміцнювати його та запобігати процесу синьорезису при зберіганні, тому що хітозан як природний амінополісахарид, складається із залишків молекул глюкози.

У ході наукових досліджень вивчали технологічність добавки хітозану та її вплив на структурно-механічні та органолептичні показники свіжоприготовленого желе та зміни його якості в процесі зберігання.

Особливу увагу приділяли зміні швидкості застуднення і залежності властивостей міцності кулінарного желе від кількості хітозану, що вводиться. В результаті проведених експериментальних досліджень встановлено, що введення хітозану не тільки прискорює процес структуроутворення, скорочуючи час структуроутворення у виробах а й сприяє зміцненню желатинового студня, що утворюється в порівнянні з контрольним зразком. Отримані результати дозволили скоротити витрату рецептурного студнеутворювача − желатину, при цьому показник міцності отриманого колодня відповідав міцності контрольного зразка.

У ході наукових досліджень вдалося встановити, що в процесі зберігання кулінарне молочне та кефірне желе з хітозаном не піддавалося синьорезису на відміну від стандартного, що є досить важливим позитивним моментом.

Таким чином, введення хітозану як біологічно активної добавки до складу кулінарного желе дозволило не тільки надати виробу специфічні оздоровчі властивості, але й отримати продукт з покращеними технологічними показниками.

Ключові слова: *кулінарне желе, хітозан, студнеутворювач, желатин, гель.*

Постановка проблеми. Активна технократизація нашого життя призвела до суттєвої зміни навколишнього середовища та погіршення екологічної обстановки. Змінилася не лише структура харчування людей, але й якість самої сировини та готових харчових продуктів. Поява величезної кількості різних синтетичних замінників перетворила багато продуктів харчування на досягнення хімічної промисловості. Згідно цих загальносвітових тенденцій Генеральна Асамблея ООН у 2018 році своєю резолюцією проголосила 7 червня кожного року Всесвітнім днем безпеки харчових продуктів (World Food Safety Day). Кампанію спільно проводять ВООЗ та Продовольча і сільськогосподарська організація ООН (FAO). Присвячується вона питанням загального доступу до безпечної та достатньо поживної їжі, ефективним діям щодо здорового харчування та безпеки харчових продуктів.

Таким чином, ВООЗ стурбована безпекою харчових продуктів та рекомендує посилити контроль за якістю продуктів харчування, одночасно розширюючи асортимент виробів із заздалегідь заданими лікувально-профілактичними і оздоровчими властивостями.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Про популярність продуктів з лікувально-профілактичними і оздоровчими властивостями, згідно стратегії здорового харчування в європейських країнах та середь молоді, свідчить дослідження Усова, С. О., Євтушенко, В. С., Босецької Н. Г., Бровенко Т. В., Ярославської Л., Загороднього В. та інших, [2, 10, 12] які відмітили зростання інтересу до здорового способу життя (ЗСЖ), що

безпосередньо впливає на зміну споживчих пріоритетів, тобто зростання попиту на так звані «здорові продукти» як у нашій країні так і в багатьох країнах світу. Таки продукти за рахунок введення в їхню рецептуру біологічно активних добавок набувають функціональних властивостей, сприяють зниженню ризику виникнення цілого ряду захворювань.

Аналіз сучасної ситуації показав, що в Україні спостерігається стійкий зсув споживацьких звичок у бік здорового та збалансованого харчування. Покупці ретельніше вивчають склад продуктів, шукають натуральні інгредієнти та віддають перевагу функціональній їжі для підтримки імунітету та поліпшення стану здоров'я. Про ці зміни свідчить різні матеріали та дослідження, які розкривають динаміку цього ринку в Україні, так, наприклад, Зав'ялова М., Романюк Н. [2] наводять офіційні дані, які підтверджують, що майже 24% українців усвідомлено цікавляться складом того, що споживають, та вивчають маркування. Дослідження Ткач У.В., Данько Н. І. [9, 3] показують, що це стосується і особливостей сучасного ресторанного бізнесу, де попит відвідувачів змушує заклади адаптувати меню, впроваджуючи вегетаріанські, безглютенові, дієтичні, безлактозні та низькокалорійні позиції, розглядають перспективи впровадження суперфудів, веганських альтернатив та екологічних харчових продуктів та страв. У цих питаннях наші ресторатори активно використовують європейський досвід. просування продуктів та страв здорового харчування через зростання попиту.

Формування цілей статті. Основним завданням роботи є розробка рецептури та технології приготування кулінарного желе із оздоровчими властивостями за рахунок введення в рецептурний склад біосорбентів. Складність формування оздоровчих продуктів полягає в тому, що в ході технологічної обробки виробів необхідно не тільки досягти технологічної сумісності біологічно активних добавок з основними рецептурними інгредієнтами, але й зберегти нативні властивості та функціональну активність добавок, що вводяться.

Об'єктом досліджень стало кулінарне желе на основі молочной сировини, дієтичні властивості якого зумовлені наявністю желатину та кисломолочних бактерій. Оздоровчі властивості кулінарного желе забезпечує хітозан, що вводиться як відповідна добавка − біосорбент**.**

Виклад основного матеріалу дослідження. Кулінарне желе − популярний продукт призначений для здорового харчування в сучасних закладах ресторанного господарства, тому технологія його виготовлення має відповідати можливостям сучасного ресторанного закладу.

Кулінарні желе, виготовлені на основі желатину, мають стабільно високий попит у наших споживачів незалежно від віку та соціальної категорії. Особливістю приготування кулінарного желе є його желатинова основа.

У ході наукових досліджень вивчали технологічність добавки хітозану та її вплив на структурно-механічні та органолептичні показники свіжоприготовленого желе та зміни його якості в процесі зберігання.

Желатин − гідроколоїд, здатний утворювати у водних системах термозворотні гелі, що визначає характер зв'язку води: як колоїдна речовина желатин утримує воду завдяки адсорбції та осмотичних явищ. Осмотично зв'язана вода поглинається желатином у процесі формування гелю шляхом іммобілізації у його осередках.

Желатин − єдиний студнеутворювач, що отримується з тваринної сировини, т.к. решта гідроколоїдів − полісахариди рослинного або мікробного походження. Відомо, що вихідний матеріал для отримання желатину складається з сполучної тканини-колагену, який відноситься до склеропротеїнів. Базова молекула являє собою спіралеподібний білковий ланцюжок з 1054 амінокислот. Пептидні ланцюжки утворюють потрійні спіралі, які утворюють більші агрегати, стабілізовані зшивками, при цьому структура в цілому є тривимірною сіткою, що містить й інші функціональні компоненти − жирові, нервові та інші клітини. Спектр амінокислот колагену складається на 13 з гліцину, на 22% з проліну і гідроксипроліну, інші 45% інші 17 амінокислот. Висока концентрація проліну та гліцину є характерною особливістю амінокислотного складу колагену. Сполучна тканина завдяки своїй пошитій тривимірній структурі нерозчинна у воді, в ході гідролізу відбувається переведення тканини в розчинну форму і утворюється желатин.

Головна властивість желатину − здатність утворювати студні у різних розчинах обумовлено асиметрією-переважанням довжини над товщиною − високополімерних частинок, що утворюють розчини. Чим більша асиметрія, тим легше утворюється сітчастий каркас студню, в комірках якого іммобілізується вода і тим він міцніший. Від розмірів і асиметрії частинок залежать в'язкість, температура плавлення і міцність. Не можна не враховувати особливість хімічного складу харчового желатину, який складається з 84–90% білка, 8–12% води та 2–4% золи.

Властивість желатину утворювати термолабільні гелі залежить від особливостей молекулярної структури, амінокислотного складу, розподілу по молекулярній масі, амфотерної та амфіфільної природи желатину.

Похідне желатину − колаген містить усі незамінні амінокислоти крім триптофану. Основною амінокислотою є гідроксипролін, тому желатин містить суміш білкових ланцюжків різної довжини, отриманих в результаті розщеплення

високомолекулярного зшитого колагену і його молекулярна маса не однакова за обсягом. Студнеутворююча здатність желатину залежить від його молекулярно-масового розподілу. Для утворення гелів необхідне переважання довгих ланцюжків молекул. Тому високу студнеутворюючу здатність желатину забезпечує присутність у водних добавках високомолекулярних сполук.

У желатині певні ділянки утворені з гідрофобних амінокислот, інші ділянки можуть містити велику фракцію гідрофільних амінокислот, тобто. дані білки складаються з однієї гідрофобної та однієї гідрофільної ділянки, така сполука називається амфіфільною і сприяє утворенню розподільчого шару на поверхнях фазових кордонів. При цьому поверхневе натягування систем на водній основі зменшується.

Молекулярний склад білка, його просторова структура, присутність гідрофільних або гідрофобних сегментів визначають властивості білка, які впливають на адгезійні, когезійні, емульгуючі властивості желатинного студню, його в'язкість і розчинність.

Особливості хімічного складу хітозану дозволяють впливати на стан желейного студню, зміцнювати його та запобігати процесу синьорезису при зберіганні, тому що хітозан як природний аміно полісахарид, складається із залишків молекул глюкози. Основу його структури складає ланцюг *D*-глюкозаміну, сполучений β-(1-4)-глікозидними зв'язками. На відміну від целюлози, хітозан має вільні первинні аміногрупи ($-NH_2$), що надає йому катіонних (основних) властивостей та здатності до утворення зв'язків з негативно зарядженими молекулами та впливати, таким чином, на зміцнення желейного студню.

Хітозан − біополімер тваринного походження, дезацетильоване похідне хітину, одержуване з панцирів ракоподібних, скелетних пластинок кальмарів, біомаси міцелярних та вищих грибів. Хітозан відноситься до харчових волокон, які не засвоюються організмом людини, але в кислому середовищі шлунку утворюють високов'язкі розчини, виявляючи властивості ентеросорбенту та імуномодулятора.

Хітозан знайшов широке застосування у ряді галузей харчової промисловості та у фармакології як самостійний продукт та біологічно активний сорбент. Він має високу вологу та жироутримуючу здатність, тому використовується у ковбасах, паштетах, фаршах Завдяки високій жироемульгуючій здатності його використовують при виробництві кремів, соусів, майонезів.

Використання хітозану в харчових продуктах, зокрема у кулінарному желе, дозволять розширити асортимент оздоровчих продуктів, які можна рекомендувати для споживання з метою покращення роботи шлунково-кишкового тракту, де міститься 70–80% усіх імунних клітин організму та стільки ж нервових клітин, як і у спинному мозку. Такі продукти оздоровчого призначення популярні у відвідувачів закладів ресторанного господарства різних вікових та соціальних категорій.

Відмінною особливістю кулінарних желе є їх здатність до студнеутворення, яка залежить від багатьох факторів, а саме, від рецептурного складу інгредієнтів, якості сировини, що використовується, технологічних і температурних режимів виробництва.

При експериментальних дослідженнях в якості контрольних зразків були прийняті стандартні рецептури молочного на кефірного кулінарних желе, які наведені в табл. 1.

Хітозан – катіонний поліелектроліт, який розчиняється і набухає тільки в кислому середовищі, тому при приготуванні молочного желе хітозан попередньо замочуємо в молочній сироватці для набухання і вводимо готовий колоїдний розчин в молоко. Для кефірного желе попереднє замочування робимо безпосередньо в кефірі.

Масу хітозана, який вводиться в рецептуру, розраховували в процентнім співвідношенні від маси желатина за рецептурою (30 г).

В роботі проаналізовано чотири варіанти досліджувальних зразків. У варіанти 1 і 2 в рецептуру додавали відповідно 0,5% та 1% хітозану. У варіантах 3 і 4 на 25% зменшували вміст желе в рецептурі та додавали відповідно 0,5% та 1% хітозану (таблиця 1).

У ході наукових досліджень особливу увагу приділяли зміні швидкості структуроутворення желейного студню і залежності властивостей міцності кулінарного желе від кількості хітозану, що вводиться (табл. 2). В результаті проведених експериментальних досліджень встановлено, що введення хітозану не тільки прискорює процес структуроутворення, скорочуючи час структуроутворення у виробах а й сприяє зміцненню желатинового студня з хітозаном в порівнянні з контрольним зразком (табл. 2).

Порівняний аналіз міцності контрольного зразка молочного желе зі зразками зі змістом 0,5% та 1% хітозану показав зростання міцності студню в 3 рази з одночасним скорочення часу студнеутворення (табл. 2, варіанти 1, 2), що дозволило скоротити рецептурний зміст желатину. Такі ж результати показало і кефірне желе, міцність якого зросла з додаванням 0,5% та 1% хітозану на 25% та 66% відповідно порівняно з контрольним зразком (табл. 2 варіанти 3, 4).

Отримані результати дозволили скоротити витрату рецептурного студнеутворювача − желатину, при цьому показник міцності отриманого колодня відповідав міцності контрольного зразка (варіант 3 та 4).

Прискорення процесу структуроутворення та зміцнення структури студню можна пояснити наступним образом.

Желатиновий гель з точки зору молекулярної структури, має тривимірну сітку, тому, освіти гелю необхідний певний час, так як. відносно великі молекули переміщуються повільно. Поступове впорядкування молекул у системі відбувається при охолодженні розчину желатину, коли температура системи відповідає термодинамічному статусу молекул желатину. Наявність гідрофільних та гідрофобних сегментів молекул і заряду поверхні молекул обумовлює студнеутворюючі та міцнісні властивості желатинового студня. Час желювання та міцність желатинового студню знаходяться у прямій залежності від концентрації студнеутворювача, його температури та молекулярної маси. Можна припустити, що введення хітозану сприяє прискоренню процесу впорядкування молекул желатину, а також прискорює охолодження маси і, будучи структуроутворювачем, підвищує концентрацію гелеутворюючих речовин**.**

Хітозан, будучи харчовим волокном, відрізняється значною водопоглинальною здатністю, що дозволяє йому зв'язувати вільну воду, не поглинуту желатином, а також брати участь в утворенні додаткових міжмолекулярних зв'язків з молекулами желатину.

Як продукт тваринного походження, хітозан технологічно поєднується зі студнеутворювачем білкової природи − желатином, сприяючи зміцненню структури гелю бінарних сумішей полісахарид − поліаміносахарид, що і дозволило скоротити витрату рецептурного студнеутворювача на 20%, зберігши при цьому міцність желе.

Механізми взаємодії засновані на електростатичній взаємодії, яка обумовлена протилежними зарядами: у кислому середовищі аміногрупи хітозану набувають позитивного заряду, тоді як білкові молекули желатину в залежності від pH можуть

Таблиця 1

Рецептури молочного на кефірного кулінарних желе з добавкою

Показники	**Контроль**		**Варіанти 1–2: желатин + хітозан: Варіант 3–4: скорочений желатин**							
			В1 (0,5%)		**В2 (1,0%)**		**В3 (0,5 %)**		**В4 (1 %)**	
Молочне желе, рец.609	бр	нет	бр	нет	бр	нет	бр	нет	бр	нет
Молоко, мл	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750
Цукор, г	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
Ванілін , мг	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Желатин, г	30	30	30	30	30	30	25	25	15	15
Вода(до желатину), мл	180	180	180	180	180	180	120	120	100	100
Хітозан, г	-	-	0,15	0,15	0,3	0,3	0,15	0,15	0,3	0,3
Вихід, г		1000		1000		1000		1000		1000
Кефірне желе, рец.611	бр	нет	бр	нет	бр	нет	бр	нет	бр	нет
Молоко, мл	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750
Цукор, г	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
Ванілін, мг	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Желатин, г	30	30	30	30	30	30	25	25	15	15
Вода (до желатину), мл	180	180	180	180	180	180	120	120	100	100
Хітозан, г	-	-	0,15	0,15	0,3	0,3	0,15	0,15	0,3	0,3
Вихід , г		1000		1000		1000		1000		1000

Таблиця 2

Показники якості кулінарного желе

Показники	**Контроль**	**Варіанти**			
		В1 (0,5%)	**В2 (1,0%)**	**В3 (0,5 %)**	**В4 (1 %)**
Молочне желе					
Уварювання, хв.	5	4,5	4	5	4
Студнеутворення, хв.	65	60	55	55	57
Міцність, кПа	0,7	1,88	2,18	1,2	1,4
Кефірне желе					
Уварювання, хв.	6	6	5	4	4
Студнеутворення, хв.	75	60	45	40	35
Міцність, кПа	1,12	1,86	2,1	1,14	1,3

нести негативний заряд, що призводить до кулонівського тяжіння. Крім того, виникають водневі зв'язки між гідроксильними групами (ОН) хітозану і кінцевими аміногрупами і карбоксильними групами білка, при цьому додатковий внесок вносять і гідрофобні взаємодії, сприяючи компактизації макромолекул в єдину тривимірну матрицю. Таким чином, відбувається структурна взаємодія хітозану та желатину, яка заснована на утворенні міцних міжмолекулярних комплексів за рахунок водневих зв'язків та електростатичного тяжіння між аміногрупами хітозану та карбоксильними групами желатину.

Недоліком кулінарного желе, приготовленого на желатині, є його здатність старіти з часом через зміну внутрішньої напруги в системі в результаті перегрупування ланок ланцюгових молекул в каркасі студню; процес старіння характеризується синерезисом − мимовільним витісненням води внаслідок скорочення обсягу каркаса під дією сил зчеплення безпосередньо між частинками; тоді желе втрачає свій товарний вигляд і стає непридатним для вживання.

У ході наукових досліджень вдалося встановити, що в процесі зберігання кулінарне молочне та кефірне желе з хітозаном не піддавалося синьорезису на відміну від стандартного, що є досить важливим позитивним моментом.

Аналіз отриманих результатів дозволив припустити, що основний вплив на суттєву зміну структурно-механічних властивостей желатинового колодня надав хімічний склад добавки, що вводиться, а саме, наявність структуроутворюючих компонентів, що вступають у взаємодію з рецептурними компонентами желе, зокрема, з желатином.

Таким чином, відбувається зміна фізико-хімічних властивостей готового желе так як додавання хітозану до желатинового студню забезпечує утворення великих молекулярних структур, що підвищують в'язкість розчинів, що дозволяє знизити витрату желатину. Сам студень набуває термічної стабільності завдяки тому, що покращується стійкість кінцевих гідрогелів і плівок до температурних коливань у порівнянні з чистим желатином.

Крім того, підвищується функціональність продукту, оскільки полімерна матриця отримує антиоксидантні, антибактеріальні та адсорбентні властивості, властиві самому хітозан.

Завдяки своїй унікальній хімічній структурі, хітозан має здатність до зв'язування та виведення з організму різних токсичних сполук, включаючи важкі метали та радіонукліди, крім того, хітозан є неперетравним волокном, яке, завдяки набуханню в шлунково-кишковому тракті, сприяє відчуттю насичення та нормальної роботи системи травлення.

Висновки. Таким чином, введення хітозану як біологічно активної добавки до складу кулінарного желе дозволило не тільки надати виробу специфічні оздоровчі властивості, але й отримати продукт з покращеними технологічними показниками, а також за допомогою отриманих результатів є можливість скоротити витрату рецептурного студнеутворювача – желатину. Також вдалося встановити, що в процесі зберігання кулінарне молочне та кефірне желе з хітозаном не піддавалося синьорезису на відміну від стандартних зразків.

Нові види виробів та способи їх одержання захищені патентами України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бомба М. Я., Івашків Л. Я. Здорове харчування як стратегічний ресурс національної безпеки України. *Вісник НАН України*. 2013. № 6. С. 34–45. ISSN 0372-6436.

2. Практики здорового харчування: європейський досвід / Н. Г. Босецька та ін. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія «Технічні науки»*. 2022. № 1. С. 12–17. DOI: https://doi.org/10.37734/2518-7171-2022-1-2.

3. Данько Н. І., Чубаха А. О. Перспективи розвитку закладів здорового харчування на ринку ресторанних послуг міста Харкова. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія: Міжнародні відносини. Економіка. Країнознавство. Туризм*. 2019. Вип. 10. С. 200–208.

4. Зав'ялова М., Романюк Н., Ковбас Г. Актуальні тенденції у попиті споживачів на продукти та послуги, спрямовані на підтримку здорового способу життя в умовах креативної економіки. *Економіка та суспільство*. 2024. Вип. 60. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-60-105.

5. Іващенко Л. В., Скляр А. М. Синтез біоматеріалу на основі хітозану та діамантового зеленого. *Природничі науки* / Сумський держ. пед. ун-т ім. А. С. Макаренка. 2018. Вип. 15. С. 48–52. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.1495378.

6. Логвиненко А. С. Використання хітозану в технології виробництва хлібобулочних виробів : поясн. записка до дипломної роботи ОС «Магістр»: спец. 181 «Харчові технології» / Дніпровський держ. аграр.-економ. ун-т. Дніпро, 2024. 74 с. URL: https://dspace.dsau.dp.ua/handle/123456789/11162 (дата звернення: 01.07.2026).

7. Сорбція іонів важких металів хітозаном у харчових системах: експериментальне та молекулярно-структурне обґрунтування / Ю. В. Бохан та ін. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*. 2026. Вип. 1, ч. 2. URL: https://dspace.udpu.edu.ua/handle/123456789/19000 (дата звернення: 01.07.2026).

8. Степура Н. О., Скляр А. М. Одержання біоматеріалів на основі хітозану та аргенум (I) нітрату. *Природничі науки* / Сумський держ. пед. ун-т ім. А. С. Макаренка. 2018. Вип. 15. С. 52–57. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.1495380.

9. Ткач У. В. Впровадження концепції здорового харчування в ресторанному бізнесі: аналіз сучасних тенденцій та їхній вплив на конкурентоспроможність закладів громадського харчування. *Український економічний часопис*. 2024. Вип. 7. С. 12–128.

10. Особливості просування продуктів здорового харчування: досвід ЄС та України / С. О. Усова та ін. *Актуальні питання економічних наук*. 2024. № 6. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.14599205.

11. Фізико-хімічні властивості плівок на основі хітозану та технологія їх одержання / О. В. Іщенко та ін. *Фізико-органічна хімія, фармакологія та фармацевтична технологія біологічно активних речовин* : зб. наук. пр. / за заг. ред. А. Ф. Попова. Київ : КНУТД, 2019. Вип. 2, т. 1. С. 262–270.

12. Ярославська Л., Загородній В. Проблеми здорового харчування молоді. *Innovations and Technologies in the Service Sphere and Food Industry*. 2020. № 1. С. 73–81. DOI: https://doi.org/10.24025/2708-4949.1.2020.204099.

13. A novel sodium iron silicate composite with chitosan for efficient removal of Cd(II) ions from water. *Scientific Reports*. 2025. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-025-99232-0.

14. Chitosan-based biosorption: a sustainable approach for heavy metal removal from wastewater. *Processes*. 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/ecsoc-29-26919.

15. 23% українців цікавляться складом продуктів, які споживають: представлено результати дослідження / Центр громадського здоров'я МОЗ України : вебсайт. 2023. URL: https://phc.org.ua/news/239-ukraincivcikavlyatsya-skladom-produktiv-yaki-spozhivayut-predstavleno-rezultati (дата звернення: 01.07.2026).

16. Харчування людини: сьогодення та майбутнє / Національна академія медичних наук України : вебсайт. 2023. URL: https://amnu.gov.ua/harchuvannya-lyudyny-sogodennya-ta-majbutnye/ (дата звернення: 01.07.2026).

REFERENCES

1. Bomba, M. Ya., & Ivashkiv, L. Ya. (2013). Zdorove kharchuvannia yak stratehichnyi resurs natsionalnoi bezpeky Ukrainy [Healthy nutrition as a strategic resource of national security of Ukraine]. *Visnyk NAN Ukrainy*, (6), 34–45.

2. Bosetska, N. H., et al. (2022). Praktyky zdorovoho kharchuvannia: yevropeiskyi dosvid [Healthy nutrition practices: European experience]. *Naukovyi visnyk Poltavskoho universytetu ekonomiky i torhivli. Seriia «Tekhnichni nauky»*, (1), 12–17. https://doi.org/10.37734/2518-7171-2022-1-2

3. Danko, N. I., & Chubakha, A. O. (2019). Perspektyvy rozvytku zakladiv zdorovoho kharchuvannia na rynku restorannykh posluh mista Kharkova [Prospects for the development of healthy nutrition establishments in the restaurant services market of Kharkiv city]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V. N. Karazina. Seriia: Mizhnarodni vidnosyny. Ekonomika. Krainoznavstvo. Turyzm*, (10), 200–208.

4. Zavyalova, M., Romaniuk, N., & Kovbas, H. (2024). Aktualni tendentsii u popyti spozhyvachiv na produkty ta posluhy, spriamovani na pidtrymku zdorovoho sposobu zhyttia v umovakh kreatyvnoi ekonomiky [Current trends in consumer demand for products and services aimed at supporting a healthy lifestyle in a creative economy]. *Ekonomika ta suspilstvo*, (60). https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-60-105

5. Ivashchenko, L. V., & Skliar, A. M. (2018). Syntez biomaterialu na osnovi khitozanu ta diamantovoho zelenoho [Synthesis of biomaterial based on chitosan and brilliant green]. *Pryrodnychi nauky / Sumskyi derzh. ped. un-t im. A. S. Makarenka*, (15), 48–52. https://doi.org/10.5281/zenodo.1495378

6. Lohvynenko, A. S. (2024). *Vykorystannia khitozanu v tekhnolohii vyrobnytstva khlibobulochnykh vyrobiv* [Use of chitosan in the technology of bakery products production] (Master's thesis, Dnipro State Agrarian and Economic University). URL: https://dspace.dsau.dp.ua/handle/123456789/11162

7. Bokhan, Yu. V., et al. (2026). Sorbtsiia ioniv vazhkykh metaliv khitozanom u kharchovykh systemakh: eksperymentalne ta molekuliarno-strukturne obgruntuvannia [Sorption of heavy metal ions by chitosan in food systems: Experimental and molecular-structural justification]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriia: Tekhnichni nauky*, (1, pt. 2). URL: https://dspace.udpu.edu.ua/handle/123456789/19000

8. Stepura, N. O., & Skliar, A. M. (2018). Odierzhannia biomaterialiv na osnovi khitozanu ta arhentum (I) nitratu [Obtaining biomaterials based on chitosan and silver (I) nitrate]. *Pryrodnychi nauky / Sumskyi derzh. ped. un-t im. A. S. Makarenka*, (15), 52–57. https://doi.org/10.5281/zenodo.1495380

9. Tkach, U. V. (2024). Vprovadzhennia kontseptsii zdorovoho kharchuvannia v restorannomu biznesi: analiz suchasnykh tendentsii ta yikhniy vplyv na konkurentospromozhnist zakladiv hromadskoho kharchuvannia [Implementation of the concept of healthy nutrition in the restaurant business: Analysis of current trends and their impact on the competitiveness of public catering establishments]. *Ukrainskyi ekonomichnyi chasopys*, (7), 12–128.

10. Usova, S. O., et al. (2024). Osoblyvosti prosuvannia produktiv zdorovoho kharchuvannia: dosvid YeS ta Ukrainy [Features of promoting healthy food products: Experience of the EU and Ukraine]. *Aktualni pytannia ekonomichnykh nauk*, (6). https://doi.org/10.5281/zenodo.14599205

11. Ishchenko, O. V., et al. (2019). Fizyko-khimichni vlastyvosti plivok na osnovi khitozanu ta tekhnolohiia yikh odierzhannia [Physico-chemical properties of chitosan-based films and technology of their production]. In A. F. Popov (Ed.), *Fizyko-orhanichna khimiia, farmakolohiia ta farmatsevtychna tekhnolohiia biolohichno aktyvnykh rechovyn* (Vol. 2, No. 1, pp. 262–270). KNUTD.

12. Yaroslavska, L., & Zahorodnii, V. (2020). Problemy zdorovoho kharchuvannia molodi [Problems of healthy nutrition of youth]. *Innovations and Technologies in the Service Sphere and Food Industry*, (1), 73–81. https://doi.org/10.24025/2708-4949.1.2020.204099

13. A novel sodium iron silicate composite with chitosan for efficient removal of Cd(II) ions from water. (2025). *Scientific Reports*. https://doi.org/10.1038/s41598-025-99232-0

14. Chitosan-based biosorption: a sustainable approach for heavy metal removal from wastewater. (2025). *Processes*. https://doi.org/10.3390/ecsoc-29-26919

15. Public Health Center of the Ministry of Health of Ukraine. (2023). *23% ukraintsiv tsikavliatsia skladom produktiv, yaki spozhyvaiut: predstavleno rezultaty doslidzhennia* [23% of Ukrainians are interested in the composition of the products they consume: Results of the study are presented]. https://phc.org.ua/news/239-ukrainciv-cikavlyatsya-skladom-produktiv-yaki-spozhivayut-predstavleno-rezultati

16. National Academy of Medical Sciences of Ukraine. (2023). *Kharchuvannia liudyny: sohodennia ta maibutnie* [Human nutrition: Present and future]. https://amnu.gov.ua/harchuvannya-lyudyny-sogodennya-ta-majbutnye/

A. Salavelis**, PhD, Associate Professor; **S. Pavlovskyi**, PhD, Associate Professor; **S. Kolesnichenko**, PhD, Associate Professor (Odesa National University of Technology).* ***Innovative dietary jelly with biosorbent

***Abstract.** Development of the formulation and preparation technology of culinary jelly with health-promoting properties through the introduction of biosorbents*

The object of the research is a dairy-based culinary jelly, the dietary properties of which are determined by the presence of gelatin and lactic acid bacteria, while chitosan was studied as a potential biosorbent. Chitosan is an animal-derived biopolymer classified as a dietary fiber that is not digested by the human body; however, in the acidic environment of the stomach, it forms highly viscous solutions, exhibiting the properties of an enterosorbent and an immunomodulator.

The unique chemical composition of chitosan allows it to influence the state of the jelly gel, strengthening it and preventing syneresis during storage, as chitosan, being a natural aminopolysaccharide, consists of glucose molecule residues.

In the course of scientific research, the technological suitability of the chitosan additive and its impact on the structural, mechanical, and organoleptic properties of freshly prepared jelly, as well as changes in its quality during storage, were studied.

Particular attention was paid to changes in the gelation rate and the dependence of the strength properties of the culinary jelly on the amount of chitosan introduced. As a result of experimental studies, it was established that the introduction of chitosan not only accelerates the structuring process, reducing the gelation time in the products, but also contributes to the strengthening of the formed gelatin gel compared to the control sample. The results obtained made it possible to reduce the consumption of the formulation gel-forming agent – gelatin, while the strength index of the resulting gel corresponded to the strength of the control sample.

In the course of scientific research, it was possible to establish that during storage, culinary dairy and kefir jelly with chitosan did not undergo syneresis, unlike the standard sample, which is a highly significant positive outcome.

Thus, the introduction of chitosan as a biologically active additive into the formulation of culinary jelly allowed not only for imparting specific health-promoting properties to the product but also for obtaining a product with improved technological parameters.

***Keywords:** culinary jelly, chitosan, gelling agent, gelatin, gel.*

Дата першого надходження статті до видання: 04.07.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 664.94:636.5.033:66.067.3
DOI https://doi.org/10.37734/2518-7171-2026-2-7

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

ВИКОРИСТАННЯ ГІПОБАРИЧНИХ УМОВ ПРИ ПОПЕРЕДНІЙ ОБРОБЦІ М'ЯСА СТРАУСА

Т. Ю. СУТКОВИЧ, кандидат технічних наук, доцент
ORCID ID: 0000-0001-6363-0155
(Полтавський університет економіки і торгівлі)

Анотація. *Наукові результати, представлені у статті, спрямовані на обґрунтування доцільності застосування попередньої обробки м'яса африканського страуса в гіпобаричних умовах як інноваційного технологічного прийому для підвищення його функціонально-технологічних властивостей. Актуальність дослідження зумовлена зростанням інтересу до використання нетрадиційної м'ясної сировини з високою харчовою та дієтичною цінністю, а також необхідністю покращення споживчих характеристик страусятини, яка через низький вміст внутрішньом'язового жиру характеризується схильністю до втрати вологи та зниження соковитості під час теплової обробки.*

Метою роботи є дослідження впливу тривалості вакуумної обробки м'яса страуса на його функціонально-технологічні властивості. Об'єктом дослідження є м'ясо африканського страуса, витримане в гіпобаричних умовах. Контролем слугувало свіже м'ясо без попередньої обробки.

У ході експериментальних досліджень визначено водоутримувальну, водозв'язувальну та водопоглинальну здатність м'яса, показники ніжності, а також втрати маси під час теплової кулінарної обробки. Встановлено, що витримування м'яса страуса у вакуумі сприяє підвищенню водоутримувальної здатності: після 60 хв обробки її приріст становив 2,7%, тоді як максимальне підвищення на 26,3% зафіксовано при тривалості 150 хв порівняно з контролем. Подібна тенденція встановлена і для водозв'язувальної здатності м'яса: після 60 хв обробки приріст показника не перевищував 1,8%, а після 150 хв витримування його значення було на 25,6% вищим порівняно з контрольним зразком. Зі збільшенням тривалості вакуумної обробки відбувалося також зниження сили зсуву (WB), що характеризує жорсткість м'яса; мінімальні значення показника встановлено після 150 хв обробки, що відповідає зменшенню жорсткості на 31,2% відносно контролю.

Досліджено вплив фруктових маринадних середовищ на водопоглинальну здатність м'яса страуса. У зразках без використання маринадного середовища значення показника зростало від 6,0% до 8,8%. При маринуванні в яблучному пюре водопоглинальна здатність підвищувалася від 6,5% до 10,0%, у середовищі апельсинового соку – від 6,7% до 10,5%, тоді як найбільш виражений ефект встановлено при використанні ананасового соку, де значення показника зростало від 6,9% до 11,4%.

Отримані результати підтверджують перспективність застосування вакууму як ефективного способу попередньої обробки страусятини. Встановлено, що оптимальна тривалість такої обробки становить близько 150 хв, оскільки саме за таких умов забезпечується найбільш сприятливе поєднання функціонально-технологічних та споживчих показників м'ясної сировини.

Ключові слова: *м'ясо страуса, гіпобаричні умови, вакуумна обробка, водоутримувальна здатність, водозв'язувальна здатність, водопоглинальна здатність, ніжність, маринування.*

Постановка проблеми. У сучасних умовах розвитку харчових технологій дедалі більшого значення набуває створення продуктів, що поєднують високу поживну цінність із помірною калорійністю та сприятливим впливом на здоров'я людини.

Зростання кількості серцево-судинних і метаболічних захворювань, пов'язаних із надмірним споживанням жирів і холестерину, обумовлює необхідність пошуку нових видів м'ясної сировини, здатних забезпечити організм повноцінними білками без надлишкового ліпідного навантаження [1]. У цьому контексті особливої уваги набувають альтернативні види м'яса з покращеним харчовим та біологічним профілем.

Одним із перспективних джерел високоякісної м'ясної сировини є м'ясо африканського страуса (*Struthio camelus*), яке характеризується збалансованим амінокислотним складом і низьким вмістом жиру [2]. Завдяки цим характеристикам воно належить до продуктів підвищеної біологічної цінності та може ефективно використовуватися у дієтичному харчуванні різних вікових груп населення.

Разом із тим технологічні властивості м'яса страуса мають певні особливості, що ускладнюють його кулінарне використання. Невелика кількість внутрішньом'язового жиру та щільна структура м'язових волокон сприяють інтенсивному виділенню вологи під час теплової обробки, що призводить до зменшення соковитості та підвищення жорсткості готового продукту [3 ,4].

З огляду на зазначене, важливим завданням є розроблення способів попередньої обробки, які дозволяють підвищити здатність м'ясної тканини утримувати вологу та формувати більш ніжну

і соковиту структуру після термічного впливу.

Одним із можливих підходів є застосування гіпобаричних умов, за яких зниження зовнішнього тиску може впливати на стан білкових структур і внутрішньоклітинну вологу, сприяючи покращенню технологічних показників сировини.

Незважаючи на потенційні переваги такого методу, питання впливу попередньої обробки в гіпобаричних умовах на властивості м'яса страуса залишається недостатньо вивченим. Це обумовлює необхідність проведення таких досліджень.

Отже, дослідження впливу попередньої обробки м'яса страуса в гіпобаричних умовах на його функціонально-технологічні властивості є науково обґрунтованим і актуальним. Отримані результати можуть сприяти розширенню уявлень про механізми формування структурно-механічних характеристик цієї сировини та обґрунтувати доцільність використання гіпобаричної обробки як перспективного технологічного прийому у виробництві м'ясних продуктів і практиці ресторанного господарства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження м'яса африканського страуса як перспективного виду тваринної сировини активно проводяться як у зарубіжних країнах, так і в Україні. У вітчизняних наукових публікаціях основна увага приділяється питанням м'ясної продуктивності страусів, оцінці харчової цінності отриманої сировини, а також можливостям її використання у харчовій промисловості та закладах ресторанного господарства [5, 6].

За даними українських науковців, м'ясо страуса характеризується високою біологічною цінністю, що зумовлено значним вмістом повноцінних білків і незамінних амінокислот у поєднанні з низькою масовою часткою жиру та холестерину. Крім того, воно відзначається доброю засвоюваністю та містить важливі мікроелементи, зокрема біодоступне залізо. Збалансоване співвідношення основних поживних компонентів дозволяє розглядати страусине м'ясо як перспективне альтернативне джерело високоякісного тваринного білка та сировину для виробництва продуктів дієтичного й функціонального призначення [7–9].

Водночас аналіз наукових джерел показує, що більшість досліджень зосереджена переважно на біологічних, зоотехнічних та економічних аспектах страусівництва, а також на загальній характеристиці продукції та її харчової цінності. Питання технологічної обробки м'яса страуса, зокрема впливу сучасних фізичних методів попередньої обробки на його функціонально-технологічні властивості, висвітлені значно меншою мірою.

Зокрема, у науковій літературі практично відсутні системні дослідження щодо застосування гіпобаричних умов попередньої обробки та їх впливу на технологічні характеристики м'ясної сировини.

Таким чином, обмеженість наукових даних щодо впливу фізичних факторів попередньої обробки на властивості м'яса страуса обумовлює необхідність проведення поглиблених досліджень у цьому напрямі.

Формування цілей статті. Метою роботи є дослідження впливу тривалості вакуумної обробки м'яса страуса на його функціонально-технологічні властивості. Для досягнення поставленої мети визначено такі завдання:

– визначення впливу тривалості обробки в гіпобаричних умовах на показники ніжності м'яса страусів, вологоутримуючої і вологозв'язуючої здатності;

– встановлення втрат маси м'ясної сировини під час обсмажування залежно від тривалості попередньої обробки;

– дослідження змін водопоглинальної здатності м'яса страуса під час маринування в залежності від тривалості обробки у вакуумі та використання різних фруктових середовищ (яблучного пюре, апельсинового та ананасового соків).

– визначення оптимальної тривалості гіпобаричної обробки, що забезпечує покращення функціонально-технологічних і споживчих властивостей м'яса страуса.

Виклад основного матеріалу дослідження. Об'єктом дослідження є м'ясо африканського страуса, витримане в гіпобаричних умовах. Предметом дослідження є закономірності зміни водних властивостей і текстурних характеристик м'язової тканини африканського страуса в умовах гіпобаричної обробки.

Методи дослідження: стандартизовані фізико-хімічні та структурно-механічні підходи до визначення показників якості м'ясної сировини і статистична обробка експериментальних даних із застосуванням сучасних комп'ютерних технологій.

Одним із ключових завдань при вдосконаленні технології обробки м'ясної сировини є підвищення її технологічної придатності та покращення органолептичних властивостей готової продукції. У зв'язку з цим особливого значення набувають показники, що характеризують водні властивості м'язової тканини та її структурно-механічний стан.

Для оцінювання впливу тривалості вакуумної обробки на якість м'яса страуса визначали зміни його водоутримуючої (ВУЗ), вологозв'язувальної здатності (ВЗЗ) та ніжність м'яса.

Водоутримуюча здатність характеризує здатність м'язової тканини утримувати власну вологу під дією зовнішніх факторів і безпосередньо визначає соковитість та втрати маси під час теплової обробки.

Вологозв'язувальну здатність (ВЗЗ) визначали для оцінювання здатності білкових компонентів м'язової тканини зв'язувати воду на молекулярному рівні та утримувати її в структурі продукту. Цей показник характеризує ступінь гідратації міофібрилярних білків, стабільність білково-водної системи та значною мірою визначає соковитість, ніжність і вихід готової продукції після теплової обробки. ВЗЗ є одним із базових показників функціонально-технологічних властивостей м'ясної сировини та доповнює оцінку водних властивостей поряд із вологоутримуючою та вологопоглинальною здатністю.

Ніжність – важливий показник споживчої якості м'яса, який визначає його текстурні властивості та ступінь руйнування м'язових волокон. Зміни зазначених показників дозволяють комплексно оцінити структурно-функціональні перетворення м'язової тканини під впливом вакууму.

Вакуумну обробку зразків м'яса страуса проводили при тиску 20 кПа протягом рівних проміжків часу, протягом 180 хв. Встановлено, що витримування м'яса страуса у вакуумі істотно впливає на його водні та структурно-механічні властивості. Характер змін значною мірою залежить від тривалості обробки: на початкових етапах вони мають незначний характер, тоді як після 120–150 хв стають більш вираженими.

Водоутримувальна здатність дослідних зразків поступово зростала зі збільшенням часу вакуумної обробки. Після 60 хв обробки цей показник збільшився лише на 2,7% порівняно з контрольним зразком. Найбільше зростання на 26,3% зафіксовано при тривалості обробки 150 хв. Подальше збільшення часу до 180 хв забезпечувало лише незначний додатковий ефект (близько 1,5%), що може свідчити про наближення системи до стану рівноваги.

Подібну тенденцію встановлено і для водозв'язувальної здатності м'яса страуса. Після 60 хв обробки приріст показника був незначним і не перевищував 1,8% відносно контролю. У подальшому, при тривалості 90–120 хв, спостерігалося більш інтенсивне підвищення ВЗЗ. Максимальне значення показника зафіксовано після 150 хв витримування і становить на 25,6% більше порівняно з контрольним зразком. Подальше збільшення тривалості обробки до 180 хв спричиняло лише незначне додаткове зростання (близько 1,7%), що свідчить про стабілізацію структурного стану м'язової тканини.

Імовірно, встановлені зміни пов'язані з перебудовою білкових структур м'язової тканини під впливом гіпобаричних умов, що сприяє послабленню міжмолекулярних взаємодій та розширенню внутрішньоклітинного простору. У результаті відбувається більш ефективний перерозподіл і зв'язування вологи в м'язовій системі, що зумовлює підвищення водоутримувальної та водозв'язувальної здатності. Подібні закономірності відзначаються і в дослідженнях інших авторів, де підкреслюється, що зміни просторової організації міофібрилярних білків сприяють збільшенню здатності м'язової тканини утримувати воду [2].

Ніжність м'яса змінювалась за аналогічною закономірністю: із збільшенням тривалості гіпобаричної обробки відбувалося зниження сили зсуву (WB), що характеризує жорсткість м'язової тканини. Найменші значення цього показника зафіксовано при тривалості обробки 150 хв, що відповідає зменшенню сили зсуву на 31,2% відносно контролю. Подальше збільшення часу до 180 хв забезпечувало лише помірний додатковий ефект (близько 3,4%), що свідчить про досягнення близького до максимального ступеня ніжності продукту. Ймовірно, це пов'язано з частковим розпушенням структури м'язових волокон та ослабленням зв'язків між міофібрилярними білками, що сприяє підвищенню ніжності м'яса, що також узгоджується з результатами сучасних досліджень структурних змін м'язової тканини під час технологічної обробки [3].

Наступним етапом досліджень було визначення втрат маси м'ясної сировини під час обсмажування. Для цього оброблені зразки м'яса страуса обсмажували на олії традиційним способом при температурі 160–180 °С.

Встановлено, що попередня вакуумна обробка сприяє зменшенню втрат маси під час теплової обробки. Найменші втрати зафіксовано у зразках, витриманих у гіпобаричних умовах протягом 150 хв, де цей показник був на 7% нижчим порівняно з контрольним зразком необробленої сировини.

Ймовірно, отриманий ефект пов'язаний зі зростанням водоутримувальної та водозв'язувальної здатності м'язової тканини, встановленим на попередньому етапі досліджень. Під впливом вакуумної обробки відбувається перебудова структурно-білкового комплексу м'язів, що сприяє більш ефективному зв'язуванню внутрішньом'язової вологи та зменшує її втрати під час теплової обробки.

Таким чином, витримка м'яса страуса в гіпобаричних умовах позитивно впливає на його кулінарно-технологічні показники, забезпечуючи зниження втрат маси під час обсмажування та підвищення якості готового продукту.

Подальші дослідження були спрямовані на визначення змін водопоглинальної здатності м'яса страуса в процесі маринування залежно від тривалості попередньої вакуумної обробки та виду використаного фруктового середовища (яблучне пюре, апельсиновий і ананасовий соки).

Результати досліджень показали, що маринування м'яса страуса у фруктових середовищах

сприяє підвищенню його водопоглинальної здатності, причому інтенсивність змін залежить як від тривалості попередньої вакуумної обробки, так і від виду маринадного середовища.

У контрольних зразках без використання маринадного середовища значення ВПЗ зростало поступово зі збільшенням тривалості вакуумної обробки. Приріст значень лежала в межах від 6,0% до 8,8%.

Застосування фруктових середовищ забезпечувало більш виражене підвищення водопоглинальної здатності м'яса. Так, при маринуванні в яблучному пюре ВПЗ зростала від 6,5% до 10,0%. У середовищі апельсинового соку підвищення показника було дещо інтенсивнішим: від 6,7% у контрольному зразку до 10,5% .

Найбільш виражений ефект встановлено при використанні ананасового соку. У цьому випадку водопоглинальна здатність м'яса зростала від 6,9% до 11,4%.

Отримані результати можна пояснити впливом органічних кислот та біологічно активних компонентів фруктових середовищ на структуру білкового комплексу м'язової тканини. У результаті відбувається часткове розпушення міофібрилярних структур і збільшення кількості гідрофільних центрів, здатних зв'язувати воду, що сприяє підвищенню водопоглинальної здатності м'яса.

Висновки із зазначених проблем і перспективи подальших досліджень у поданому напрямі. Отримані результати підтверджують доцільність застосування гіпобаричних умов як ефективного технологічного прийому попередньої обробки м'яса африканського страуса з метою покращення його функціонально-технологічних і споживчих властивостей. Встановлено, що витримка м'ясної сировини у вакуумі сприяє підвищенню водоутримувальної та водозв'язувальної здатності м'язової тканини, а також зниженню сили зсуву, що свідчить про покращення ніжності продукту. Найбільш виражені зміни зазначених показників спостерігалися при тривалості обробки близько 150 хв.

Показано, що попередня гіпобарична обробка позитивно впливає на кулінарно-технологічні характеристики м'яса страуса. Зокрема, встановлено зменшення втрат маси під час обсмажування оброблених зразків порівняно з контролем, що пов'язано з підвищенням здатності м'язової тканини утримувати вологу в процесі теплової кулінарної обробки.

Доведено, що маринування м'яса страуса у фруктових середовищах сприяє підвищенню його водопоглинальної здатності. Інтенсивність змін залежить як від тривалості попередньої вакуумної обробки, так і від виду маринадного середовища. Найбільш виражений ефект встановлено при використанні ананасового соку, що забезпечує найвищі значення водопоглинальної здатності серед досліджених варіантів.

Узагальнення результатів досліджень дозволило визначити оптимальну тривалість попередньої гіпобаричної обробки м'яса страуса, яка становить близько 150 хв, оскільки саме за таких умов досягається найбільш сприятливе поєднання функціонально-технологічних і споживчих показників сировини.

Перспективи подальших досліджень у даному напрямі пов'язані з поглибленим вивченням впливу гіпобаричних умов на біохімічні та структурні зміни м'язової тканини страуса, зокрема на стан міофібрилярних білків, водорозчинних білкових фракцій та колагенового комплексу. Важливим напрямом подальших наукових пошуків є дослідження поєднаного впливу гіпобаричної обробки з різними видами маринадних середовищ та іншими технологічними прийомами попередньої підготовки м'ясної сировини. Такі дослідження у цьому напрямі сприятимуть розширенню можливостей раціонального використання м'яса страуса як перспективного виду сировини у сучасних технологіях харчових продуктів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. World Health Organization. Saturated fatty acid and trans-fatty acid intake for adults and children: WHO guideline. Geneva : World Health Organization, 2023. 134 p. URL: https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789240073630 (дата звернення: 12.11.2026).

2. Israelian V. M., Holembovska N. V. Comprehensive Analysis of the Chemical, Amino Acid Composition and Histological Structure of African Ostrich Meat. *Journal of Chemistry and Technologies.* 2025. Vol. 33, No. 4. DOI: https://doi.org/10.15421/jchemtech.v33i4.332125

3. Arain M. A., Rajput I. R., Zhang L., et al. Ostrich meat: a review on nutritional properties and health benefits. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*. 2025. Vol. 45, No. 4. P. 965–979. DOI: https://doi.org/10.5851/KOSFA.2025.E30

4. Бірта Г.О., Бургу Ю.Г., Флока Л.В., Ткаченко А.С. Продуктивні якості свиней полтавської м'ясної породи. Монографія, 2019. 117 с.

5. Чернова Т. Ф. Виробництво і переробка продукції страусів. Біла Церква : БНАУ, 2023. 120 с.

6. Лисенко К. Є. Сучасний стан і перспективи розвитку страусівництва в Україні. Дніпро : ДДАЕУ, 2020. 98 с.

7. Остряніна С. В., Вірченко В. А., Ткаченко А. С., Ткаченко В. С. Безпекоорієнтований підхід до формування та управління ланцюгів постачання аграрної продукції в умовах воєнних викликів. *Бізнес Інформ*. 2025. No. 6. P. 264–270. DOI: https://doi.org/10.32983/2222-4459-2025-6-264-270

8. Tkachenko V., Tkachenko A., Ostryanina S. Impact of Global Challenges on the State of World Food Security. *Darnios Aplinkos Vystymas.* 2026. Vol. 23, No. 1. P. 124–131. DOI: https://doi.org/10.52320/dav.v23i1.423

9. Головко М. П., Романенко І. О. Інноваційні технології переробки м'ясної сировини : монографія. Харків : ХДУХТ, 2023. 312 с.

REFERENCES

1. World Health Organization. (2023). Saturated fatty acid and trans-fatty acid intake for adults and children: WHO guideline. World Health Organization. https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789240073630

2. Israelian, V. M., & Holembovska, N. V. (2025). Comprehensive analysis of the chemical, amino acid composition and histological structure of African ostrich meat. Journal of Chemistry and Technologies, 33(4). https://doi.org/10.15421/jchemtech.v33i4.332125

3. Arain, M. A., Rajput, I. R., Zhang, L., et al. (2025). Ostrich meat: A review on nutritional properties and health benefits. Korean Journal for Food Science of Animal Resources, 45(4), 965–979. https://doi.org/10.5851/KOSFA.2025.E30

4. Birta, H. O., Burhu, Yu. H., Floka, L. V., & Tkachenko, A. S. (2019). Produktyvni yakosti svynei poltavskoi miasnoi porody [Productive qualities of pigs of the Poltava meat breed]. [Monograph]. 117 p. [in Ukrainian].

5. Chernova, T. F. (2023). Vyrobnytstvo i pererobka produktsii strausiv [Production and processing of ostrich products]. Bila Tserkva National Agrarian University. [in Ukrainian].

6. Lysenko, K. Ye. (2020). Suchasnyi stan i perspektyvy rozvytku strausivnytstva v Ukraini [Current state and prospects for the development of ostrich farming in Ukraine]. Dnipro State Agrarian and Economic University. [in Ukrainian].

7. Ostrianina, S. V., Virchenko, V. A., Tkachenko, A. S., & Tkachenko, V. S. (2025). Bezpekooriientovanyi pidkhid do formuvannia ta upravlinnia lantsiuhiv postachannia ahrarnoi produktsii v umovakh voiennykh vyklykiv [A safety-oriented approach to the formation and management of agricultural supply chains amid wartime challenges]. Biznes Inform – Business Inform, (6), 264–270. https://doi.org/10.32983/2222-4459-2025-6-264-270 [in Ukrainian].

8. Tkachenko, V., Tkachenko, A., & Ostryanina, S. (2026). Impact of global challenges on the state of world food security. Darnios Aplinkos Vystymas, 23(1), 124–131. https://doi.org/10.52320/dav.v23i1.423

9. Holovko, M. P., & Romanenko, I. O. (2023). Innovatsiini tekhnolohii pererobky miasnoi syrovyny [Innovative technologies for meat raw material processing]. Kharkiv State University of Food Technology and Trade. [in Ukrainian]. 312 p.

T. Sutkovych, *PhD in Technical Sciences, Associate Professor (Poltava University of Economics and Trade).*

Effect of hypobaric conditions during the preliminary processing of ostrich meat on its functional and technological properties

Abstract. *The scientific results presented in this paper are aimed at substantiating the feasibility of using hypobaric conditions in the pretreatment of African ostrich meat as an innovative technological approach to improve its functional and technological properties. The relevance of the study is determined by the growing interest in the use of non-traditional meat raw materials with high nutritional and dietary value, as well as by the need to improve the consumer characteristics of ostrich meat, which, due to its low intramuscular fat content, is prone to moisture loss and reduced juiciness during heat treatment.*

The aim of the study was to investigate the effect of the duration of hypobaric treatment on the functional and technological properties of ostrich meat. The object of the study was African ostrich meat treated under hypobaric conditions. Fresh meat without preliminary treatment served as the control sample.

Experimental studies included the determination of water-holding capacity, water-binding capacity, and water-absorption capacity of the meat, as well as tenderness parameters and weight losses during thermal culinary processing. It was found that vacuum treatment of ostrich meat contributes to an increase in water-holding capacity: after 60 minutes of treatment, its increase amounted to 2.7%, whereas the maximum increase was observed after 150 minutes, reaching 26.3% compared with the control sample. A similar trend was observed for the water-binding capacity of the meat: after 60 minutes of treatment the increase did not exceed 1.8%, while after 150 minutes of holding the indicator exceeded the control value by 25.6%. With increasing duration of vacuum treatment, a decrease in shear force (WB), which characterizes meat toughness, was also observed. The minimum value of this parameter was recorded after 150 minutes of treatment, corresponding to a reduction in meat toughness by 31.2% compared with the control sample.

The effect of fruit marinade media on the water-absorption capacity of ostrich meat was also studied. In samples without the use of marinade media, the indicator increased from 6.0% to 8.8%. When marinated in apple puree, the water-absorption capacity increased from 6.5% to 10.0%; in an orange juice medium from 6.7% to 10.5%; while the most pronounced effect was observed when pineapple juice was used, where the indicator increased from 6.9% to 11.4%.

The obtained results confirm the prospects of using vacuum treatment as an effective method for the pretreatment of ostrich meat. It was established that the optimal duration of such treatment is about 150 minutes, as these conditions ensure the most favorable combination of functional-technological and consumer properties of the meat raw material.

Keywords: *ostrich meat, hypobaric treatment, vacuum processing, water-holding capacity, water-binding capacity, water absorption capacity, tenderness, marination.*

Дата першого надходження статті до видання: 08.08.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 17.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 664.8:664.9:613.2:355.66
DOI https://doi.org/10.37734/2518-7171-2026-2-8

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

СВІТОВІ ТРЕНДИ ТА ВІТЧИЗНЯНИЙ ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ РОСЛИННИХ І ТВАРИННИХ ДЖЕРЕЛ БІЛКА У ФОРМУВАННІ ВІЙСЬКОВИХ РАЦІОНІВ: ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Л. М. ТЕЛЕЖЕНКО, доктор технічних наук, професор
ORCID ID: 0000-0001-6675-2625
А. А. ДУБИНА, здобувачка третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти
ORCID ID: 0000-0001-5150-6341
(Одеський національний технологічний університет)

Анотація. *Раціон військовослужбовців Збройних Сил України, що знаходяться в екстремальних умовах, потребує удосконалення, з метою якомога більш повного забезпечення організму військових макро- та мікроелементами. Визначна роль відводиться білковій складовій у продуктах класу Ready-to-Eat.* ***Мета дослідження****: шляхом інформаційного пошуку визначити найбільш доступні сировинні джерела білка тваринного та рослинного походження у вигляді концентратів, провести їх аналітичну оцінку, що дозволить науково обґрунтувати концепцію створення протеїново-енергетичного батончика спеціального призначення на основі комбінованих білкових систем.*

Методика дослідження*: застосовано комплекс методів системного, порівняльного та моніторингового аналізу, узагальнення й систематизації наукових публікацій у галузях військової нутриціології, харчової хімії та технології спеціалізованих продуктів, а також опрацювання нормативних документів (зокрема Постанови Кабінету Міністрів України №426) і міжнародного досвіду створення індивідуальних раціонів харчування у військах країн НАТО (програми MRE, IMP, ORP).*

Результати: *систематизовано сучасні вимоги до компактних спеціалізованих продуктів категорії Ready-to-Eat та продуктів із проміжною вологістю для польових раціонів. Проаналізовано технологічні переваги й обмеження використання молочних ізолятів (сироваткового білка, міцелярного казеїну) та рослинних концентратів. Доведено, що формування композиційної білкової матриці на основі тваринного білкового гідролізату/ізоляту та рослинних білкових концентратів (зокрема вітчизняного соняшникового та горохового) забезпечує виражений синергетичний ефект. Такий підхід дає змогу оптимізувати амінокислотний профіль (за показниками DIAAS), підвищити біологічну цінність, запобігти небажаним реологічним і структурним змінам (затвердінню та фазовому розшаруванню жирової фракції) під час тривалого зберігання в діапазоні температур від – 20 до +40 °С протягом щонайменше 24 місяців. З'ясовано, що використання вітчизняної рослинної сировини створює передумови для суттєвого зниження собівартості готової продукції та імпортозаміщення, що робить цей напрям критично важливим для продовольчого забезпечення сектору безпеки й оборони.*

Висновки: *обґрунтовано теоретичне підґрунтя для проведення експериментального етапу з рецептурного моделювання протеїново-енергетичного батончика спеціального призначення, визначення його реологічних, структурно-механічних, мікробіологічних та органолептичних показників, а також оцінки стабільності ліпідного й білкового комплексів під час прискореного старіння та тривалого зберігання.*

Ключові слова: *військовослужбовці, харчування військовослужбовців, протеїново-енергетичний батончик, білки, комбіновані білкові системи, соняшниковий білковий концентрат, гороховий білковий концентрат, продукти з проміжною вологістю, Ready-to-Eat, термін придатності, функціональні харчові продукти, рослинні інгредієнти.*

Постановка проблеми та її актуальність. В умовах повномасштабної збройної агресії проти України одним із ключових чинників підтримання обороноздатності держави є забезпечення належного рівня фізичної та психофізіологічної готовності військовослужбовців (ВС). Станом на 2025 рік чисельність особового складу сектору безпеки й оборони України суттєво зросла порівняно з довоєнним періодом, що зумовлює підвищену потребу в сучасних, безпечних і ефективних продуктах спеціального призначення для харчування військовослужбовців [1].

Раціональне харчування є ключовим фактором збереження боєздатності військ, оскільки безпосередньо впливає на фізичну працездатність, когнітивні функції, швидкість відновлення, стійкість до психоемоційного стресу та адаптаційні резерви організму [2]. Виконання бойових завдань пов'язане з екстремальними фізичними навантаженнями, дефіцитом сну, температурними коливаннями, високим рівнем стресу та нерегулярним харчуванням [3]. Це спричиняє розвиток негативного енергетичного балансу, прискорений катаболізм м'язової тканини [3] та різке зниження загальної працездатності ВС [2–3].

Нормативною основою продовольчого забезпечення Збройних Сил України (ЗСУ) є Постанова Кабінету Міністрів України від 29 березня

2002 року №426 «Про норми харчування ВС ЗСУ…» (зі змінами), якою регламентовано, зокрема, норму №15 – добовий польовий набір продуктів (ДПНП), що застосовується за відсутності можливості організації гарячого харчування [4]. Проте специфіка сучасного високоінтенсивного бою унеможливлює повноцінне споживання стандартних раціонів через обмеженість часу, відсутність умов для підігріву їжі та необхідність суворого маскування. Додатково ситуація ускладнюється виникненням у військовослужбовців стану «добровільної анорексії» (voluntary anorexia), за якого стресові чинники призводять до системного недоотримання енергії та нутрієнтів [5–6].

У цих умовах критичної ваги набуває розробка компактних, готових до споживання високобілкових продуктів спеціального призначення. Використання комерційних спортивних батончиків у військовій сфері є неефективним через їхню технологічну нестабільність за екстремальних температур та короткий термін придатності. Натомість продукти для військовослужбовців повинні зберігати харчову цінність і стабільну структуру протягом щонайменше 24 місяців зберігання відповідно до стандартів країн НАТО [7].

Окремою науково-прикладною проблемою є ліквідація дефіциту якісного білка в польовому харчуванні. Використання як основи рецептур комбінованих білкових систем на основі вітчизняної рослинної сировини (соняшникового і горохового концентратів) у поєднанні з тваринними ізолятами дозволяє оптимізувати амінокислотний профіль, покращити структурно-механічні властивості виробу та знизити його собівартість. Проте технологічні аспекти створення таких протеїново-енергетичних батончиків спеціального призначення для військовослужбовців України залишаються вивченими недостатньо, що й зумовлює актуальність цього дослідження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз спеціальної літератури свідчить, що специфічні умови виконання службово-бойових завдань викликають в організмі військовослужбовців глибокі метаболічні зрушення [3]. Дослідження підтверджують розвиток феномену «добровільної анорексії», за якого споживання їжі свідомо або несвідомо знижується на тлі високого психоемоційного та фізичного напруження [5–6, 8].

У результаті фактичний добовий дефіцит енергії може сягати від 1000 до 4000 ккал [5–6, 8], що спричиняє інтенсивний катаболізм білків м'язової тканини [3], прискорену втрату маси тіла, зниження м'язової сили, погіршення когнітивних функцій і загальної витривалості [5–6, 8]. Найбільш дефіцитним нутрієнтом в умовах інтенсивних фізичних навантажень визначають повноцінний білок [3].

Порівняльний аналіз цивільних високобілкових продуктів (спортивного харчування) та спеціалізованих раціонів для армійських підрозділів виявив суттєві технологічні розбіжності [9–10]. Комерційні протеїнові батончики характеризуються обмеженим терміном придатності (3–12 місяців) та схильні до небажаних фізико-хімічних змін під час зберігання: фазового розшарування та плавлення жирової фракції за підвищених температур; надмірного затвердіння структури (синерезису) за негативних температур; погіршення органолептичних показників протягом тривалого зберігання [9–10].

Натомість вимоги до продуктів спеціального призначення передбачають збереження структурно-механічних властивостей, поживного профілю та мікробіологічної безпеки протягом щонайменше 24 місяців у широкому температурному діапазоні, що відповідає стандартам НАТО [7].

Для забезпечення високої біологічної цінності та технологічної стабільності спецраціонів перспективним є як основу рецептури використання білкових ізолятів і концентратів, отриманих із застосуванням мембранних технологій. Поєднання тваринних ізолятів із рослинними концентратами (зокрема соняшниковим та гороховим) дає змогу скоригувати амінокислотний склад, досягти оптимальних реологічних характеристик маси, підвищити стійкість продукту до твердіння та оптимізувати економічні показники виробництва.

Формування цілей статті. Метою статті є аналітичний огляд світових тенденцій і вітчизняного досвіду застосування білкових ізолятів і концентратів різного походження, а також наукове обґрунтування концепції створення протеїново-енергетичного батончика на основі комбінованої рослинно-тваринної білоквмісної сировини для мілітарних потреб.

Виклад основного матеріалу дослідження. Забезпечення військовослужбовців повноцінним харчуванням у бойових умовах належить до ключових чинників збереження їхньої фізичної працездатності, когнітивної стійкості та прискорення регенераторних процесів після екстремальних навантажень [5].

В Україні перегляд підходів до формування індивідуальних раціонів активізувався після початку повномасштабної збройної агресії. Порівняльний аналіз сухих пайків ЗСУ та країн НАТО засвідчив, що за достатньої загальної калорійності вітчизняні раціони поступаються іноземним аналогам за різноманітністю функціональних продуктів і ступенем їхньої готовності до безпосереднього споживання [7]. Автори праць [7–8] наголошують на необхідності розширення асортименту компактних високобілкових виробів, оскільки білок залишається одним з найбільш дефіцитних нутрієнтів у польовому харчуванні.

Зі свого боку, міжнародний досвід свідчить про зміщення акцентів від суто нормативної калорійності до створення високощільних продуктів класу Ready-to-Eat [5]. У польових умовах під впливом бойового стресу розвивається феномен добровільної анорексії (*voluntary anorexia*), за якого фактичне споживання їжі стрімко знижується [5]. Клінічні дані доводять, що для запобігання катаболізму м'язів добову норму білка доцільно підвищувати до 1,6 г/кг маси тіла [8], що найефективніше реалізується за рахунок спеціалізованих білкових добавок [6].

Порівняльну характеристику сучасних польових раціонів України та країн НАТО узагальнено в таблиці 1.

Аналіз даних таблиці 1 підтверджує, що ключові вимоги до спеціалізованих продуктів для військовослужбовців охоплюють високу біологічну цінність, компактність, зручність споживання без посуду й нагрівання, а також стійкість до несприятливих чинників довкілля.

Основними чинниками, які зумовлюють необхідність розроблення вітчизняного протеїново-енергетичного батончика спеціального призначення, є сукупність бойових, логістичних, технологічних і нутриціологічних викликів (рис. 1).

Як видно з рисунку 1, розробка такого виробу є комплексним завданням, яке потребує ретельного вибору білкових компонентів для забезпечення високої поживної цінності та текстурної стабільності продукту.

Аналіз сучасних досліджень щодо використання рослинних і тваринних білків у продуктах спеціального призначення. Традиційною основою високобілкових продуктів є молочні білки – сироватковий ізолят (WPI) та міцелярний казеїн, які мають найвищі показники засвоюваності DIAAS і збалансований амінокислотний профіль [9, 11–12]. Проте їх використання обмежене високою вартістю, залежно від імпорту та схильністю до «твердіння» (protein bar hardening) під час зберігання через фазово-структурні перебудови білкової матриці [9–10].

Перспективним напрямом подолання цих недоліків є застосування рослинних білкових концентратів та ізолятів (соняшникового, горохового, соєвого, рисового) [13–14]. Особливо важливе значення для України має соняшниковий білковий концентрат, виготовлений за допомогою

Таблиця 1

Порівняльна характеристика сучасних індивідуальних польових раціонів та вимог до продуктів швидкого споживання для ВС

Критерій	**ДПНП ЗСУ**	**MRE (США)**	**Operatio-nal Ration Pack (Велика Британія)**	**Individual Meal Pack (Канада)**	**Вимоги до перспективного протеїново-енергетичного батончика**
1	2	3	4	5	6
Енергетична цінність добового раціону, ккал	≈3500–4200	≈3600	≈4000	≈3900	250–450 ккал в одному виробі
Кількість білка в добовому раціоні	Відповідає нормативу	Підвищений вміст білка	Підвищений вміст білка	Підвищений вміст білка	Не менше 20–30 г високоякісного білка
Готовність до споживання	Частково (частина страв потребує підігрівання або є бажаним підігрів)	Повна	Повна	Повна	Повністю Ready-] to-Eat
Можливість споживання під час виконання бойового завдання	Обмежена	Висока	Висока	Висока	Максимальна
Необхідність використання посуду	Частково	Мінімальна	Мінімальна	Мінімальна	Відсутня
Можливість споживання однією рукою	Практично відсутня	Частково	Частково	Частково	Так
Висока концентрація білка в невеликому об'ємі	Обмежена	Висока	Висока	Висока	Висока
Стійкість до механічних навантажень	Висока	Висока	Висока	Висока	Висока
Збереження текстури при -20…+40 °C	Не для всіх компонентів	Висока	Висока	Висока	Обов'язкова вимога
Мінімальний термін придатності	До 24 міс. (залежно від компонентів)	≥24 міс.	≥24 міс.	≥24 міс.	Не менше 24 міс.
Наявність спеціалізованих високобілкових виробів	Обмежена	Так	Так	Так	Основний функціональний компонент

Джерело: сформовано авторами на основі даних джерел [4–5, 7–8].

мембранних технологій (вміст білка понад 70%) [15]. Він володіє високою водо- та жироутримувальною здатністю і базується на доступній вітчизняній сировинній базі [15].

Для нівелювання дефіциту окремих незамінних амінокислот у рослинних білках сучасна нутриціологія орієнтується на створення комбінованих (гібридних) білкових систем (hybrid protein systems) [16]. Поєднання сироваткового ізоляту з рослинними білками дозволяє зменшити твердість батончиків під час зберігання, зберегти пластичність текстури, знизити собівартість та оптимізувати амінокислотний скор [14, 17]. Підвищення харчової ефективності продуктів спеціально призначення забезпечується формування композиційної білкової матриці на основі тваринного білкового гідролізату та рослинного білкового концентрату, яка створює передумови для комплексного поєднання високої біологічної цінності, оптимальної засвоюваності, належних структурно-функціональних характеристик і високої органолептичної прийнятності. Синергетична взаємодія білкової основи з іншими компонентами рецептури сприятиме оптимізації амінокислотного складу, покращенню структурних властивостей, підвищенню біодоступності нутрієнтів та формуванню стабільних споживчих характеристик готового продукту.

Зазначений підхід відповідає сучасним стандартам розробки спецраціонів у країнах НАТО (програми MRE (*Meal, Ready-to-Eat*) у США, IMP (*Individual Meal Pack*) у Канаді, ORP (*Operational Ration Pack*) у Великій Британії) [5].

Порівняльний аналіз основних джерел білка подано у таблиці 2.

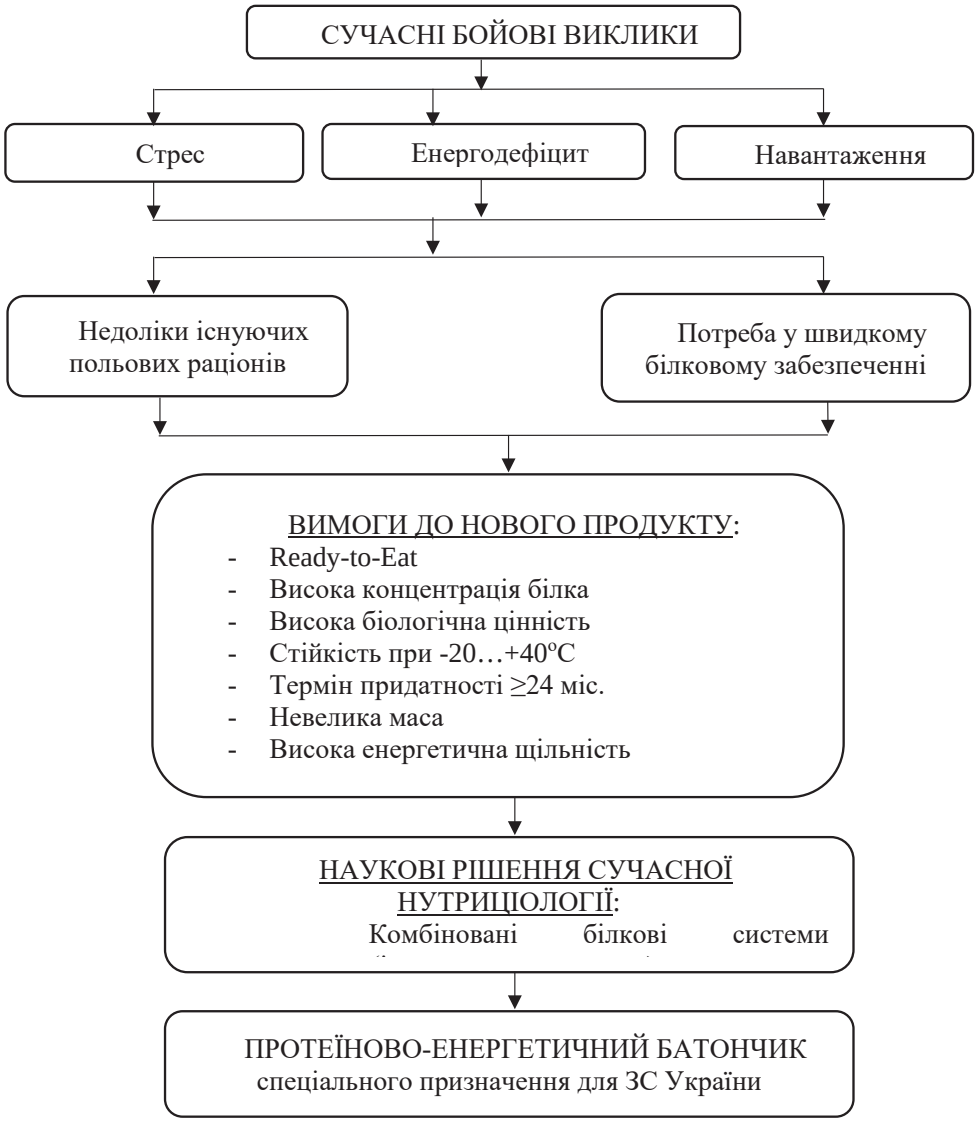


Рис. 1. Основні фактори, що обумовлюють необхідність розроблення протеїново-енергетичного батончика для військовослужбовців ЗСУ

Джерело: авторська розробка.

Таблиця 2

Порівняльна характеристика основних джерел білка, перспективних для виробництва протеїново-енергетичних батончиків спеціального призначення

Джерело білка	Вміст білка, %	Біологічна цінність (DIAAS/ PDCAAS)	Основні технологічні властивості	Переваги	Обмеження
1	2	3	4	5	6
Сироватковий ізолят (Whey Protein Isolate, WPI)	90–95	DIAAS >100; PDCAAS 1,00	Висока розчи-нність, добра гелеутворю-вальна та ему-льгувальна здатність	Високий вміст BCAA та лейцину, швидке засвоєння, стимулює синтез м'язового білка	Висока вартість; під час тривалого зберігання може сприяти затвердінню білкових батончиків
Міцелярний казеїн	85–90	DIAAS >100; PDCAAS 1,00	Формує щільну білкову структуру, висока водо-утримувальна здатність	Повільне вивільнення амінокислот, тривале відчуття ситості	Висока в'язкість рецептур; може погіршувати текстуру
Ізолят соєвого білка	88–90	PDCAAS 1,00	Добрі емульгувальні та зв'язувальні властивості	Високий вміст білка, доступність, помірна ціна	Специфічний присмак, наявність антипоживних факторів (мінімізуються сучасними технологіями)
Ізолят горохового білка	80–85	DIAAS 0,82–0,89	Висока вологоутри-мувальна здатність, добре поєднується з іншими білками	Гіпоалергенний, високий вміст лізину, добра функціональ-ність	Обмежений вміст метіоніну та цистеїну
Концентрат соняшникового білка	60–75	Дані DIAAS обмежені; висока засвоюваність після очищення	Добрі емульгувальні та жироутримувальні властивості	Вітчизняна сировина, нижча собівартість, високий вміст фенольних антиоксидантів	Менший вміст окремих незамінних амінокислот; потребує очищення від фенольних сполук
Концентрат рисового білка	75–80	DIAAS 0,60–0,70	Нейтральний смак, добра сумісність з іншими білками	Гіпоалергенний, добре переноситься	Низький вміст лізину
Комбінована система (WPI + гороховий білок)	85–90	Амінокисло-тний профіль взаємодопо-внюється	Покращення текстури, зниження жорсткості виробу під час зберігання	Висока біологічна цінність, оптимальна текстура, нижча собівартість порівняно з чистим WPI	Необхідність оптимізації співвідношення компонентів
Комбінована система (WPI + соняшни-ковий концентрат)	80–88	Потенційно високий DIAAS після оптимізації рецептури	Покращення вологоутримання, зниження вартості, підвищення стабільності структури	Можливість використання української сировини, економічна ефективність, перспективність для функціональних продуктів	Недостатня кількість прикладних досліджень саме для військового харчування

Джерело: сформовано авторами на основі даних джерел [9–17].

Дані таблиці 2 свідчать, що жодне з моноджерел білка не відповідає комплексу вимог до продуктів спеціального призначення. Тваринні білки забезпечують високий анаболічний ефект [11–12], проте викликають технологічні ускладнення при зберіганні [9–10]. Рослинні білки покращують реологічні властивості та економічні показники [13–14], але потребують корекції амінокислотного профілю.

Поєднання тваринних ізолятів із вітчизняними рослинними концентратами (насамперед соняшниковим та гороховим) є найбільш раціональним шляхом розробки протеїново-енергетичних батончиків для ЗСУ. Водночас науково обґрунтовані дані щодо оптимальних співвідношень цих білків, їхнього впливу на структурно– механічні характеристики та терміни придатності (понад 24 місяці) у вітчизняній літературі практично відсутні.

Висновки із зазначенням проблем і перспективи подальших досліджень у поданому напрямі.

1. Установлено, що пріоритетним напрямом військової нутриціології за екстремальних навантажень і дефіциту часу є розроблення компактних високобілкових продуктів класу Ready-to-Eat. Використання таких форм дозволяє оперативно компенсувати енергетичні витрати та нутрієнтний дефіцит військовослужбовців безпосередньо під час виконання бойових завдань.

2. Науково доведено доцільність застосування комбінованих білкових систем, які поєднують тваринні білкові ізоляти та рослинні білкові концентрати. Такий підхід забезпечує взаємодоповнення амінокислотного профілю, підвищує біологічну цінність продукту, оптимізує його функціонально-технологічні властивості та формує підґрунтя для зниження собівартості готового виробу.

3. Визначено значний потенціал вітчизняної сировинної бази, зокрема соняшникових і горохових білкових концентратів, для створення спецраціонів. Водночас з'ясовано, що технологічні рішення щодо створення протеїново-енергетичних батончиків спеціального призначення для ЗСУ на основі вітчизняної рослинної сировини наразі висвітлено недостатньо.

Перспективи подальших досліджень. Обґрунтовано необхідність проведення комплексу експериментальних досліджень із рецептурного моделювання протеїново-енергетичних батончиків для військовослужбовців ЗСУ. Подальші вишукування доцільно спрямувати на оптимізацію структурно-механічних характеристик розроблених білкових композицій, оцінку їхньої харчових цінності та визначення показників стабільності якості й безпечності під час тривалого зберігання (щонайменше 24 місяці) у широкому діапазоні температур.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Як змінювалась чисельність Збройних Сил України за роки війни. *Слово і Діло*. URL: https://www.slovoidilo.ua/2025/10/01/infografika/suspilstvo/yak-zminyuvalas-chyselnist-zbrojnyx-syl-ukrayiny-roky-vijny (дата звернення: 03.07.2026).

2. Чорна В. В., Крупка Н. О., Лотоцька-Дудик У. Б. Сучасні вимоги до нутрієнтного складу харчування та стану продовольчого забезпечення військовослужбовців Збройних Сил України. *Вісник Вінницького національного медичного університету*. 2023. Т. 27, № 2. С. 313-318. DOI: https://doi.org/10.31393/reports-vnmedical-2023-27(2)-23

3. Маслійчук О. Б., Сімахіна Г. О., Науменко Н. В. Наукові засади розроблення продуктів з підвищеним вмістом білка в раціоні харчування військовослужбовців. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*. 2023. № 5. С. 120-131. DOI: https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.6.14.

4. Про норми харчування військовослужбовців Збройних Сил, інших військових формувань та Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації, поліцейських, осіб рядового, начальницького складу органів і підрозділів цивільного захисту : Постанова Кабінету Міністрів України від 29 берез. 2002 р. № 426. Дата оновлення: 28.02.2026. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/426-2002-%D0%BF (дата звернення: 03.07.2026).

5. Vidal V. A. S., Jensen I.-J., Sandbakk Ø., Haugnes P., Austeen M. W., Gjeldnes R., Svihus B., Lerfall J. Military rations: Nutritional, sensorial and technological quality and their effects on military physical exercise in extreme environments. *Nutrition Research Reviews*. 2025. Vol. 38, iss. 1. P. 324-337. DOI: https://doi.org/10.1017/S0954422424000246

6. McLellan T. Protein Supplementation for Military Personnel: A Review of the Mechanisms and Performance Outcomes. *The Journal of Nutrition*. 2013. Vol. 143, iss. 11. P. 1820S-1833S. DOI: https://doi.org/10.3945/jn.113.176313.

7. Гуліч М. П., Депутат Ю. М., Любарська Л. С. Харчування військовослужбовців Збройних Сил України в умовах проведення Операції об'єднаних сил: проблеми та порівняльна оцінка індивідуальних харчових пайків. *Український журнал військової медицини*. 2019. Т. 19, № 1. С. 46-51. URL: https://ujmm.org.ua/index.php/journal/article/view/148.

8. Anderson R. E. 3rd, Casperson S. L., Kho H., Flack K. D. The Role of Dietary Protein in Body Weight Regulation among Active-Duty Military Personnel during Energy Deficit: A Systematic Review. *Nutrients*. 2023. Vol. 15, iss. 18. Art. 3948. DOI: https://doi.org/10.3390/nu15183948.

9. Banach J. C., Clark S., Lamsal B. P. Texture and other changes during storage in model high-protein nutrition bars formulated with modified milk protein concentrates. *LWT – Food Science and Technology*. 2014. Vol. 56, iss. 1. P. 77-86. DOI: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.11.008

10. Loveday S. M., Hindmarsh J. P., Creamer L. K., Singh H. Physicochemical changes in a model protein bar during storage. *Food Research International*. 2009. Vol. 42, № 7. P. 798-806. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.03.002

11. Leser S. FAO dietary protein report. Nutrition Bulletin. 2013. Vol. 38, iss. 4. P. 421-428. DOI: https://doi.org/10.1111/nbu.12063.

12. Mathai J. K., Liu Y., Stein H. H. Values for digestible indispensable amino acid scores (DIAAS) for some dairy and plant proteins may better describe protein quality than values calculated using the concept for protein digestibility-corrected amino acid scores (PDCAAS). *The British Journal of Nutrition*. 2017. Vol. 117, iss. 4. P. 490-499. DOI: https://doi.org/10.1017/S0007114517000125

13. Day L. Proteins from land plants – Potential resources for human nutrition and food security. *Trends in Food Science & Technology*. 2013. Vol. 32, iss. 1. P. 25-42. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.05.005.

14. Kyriakopoulou K., Dekkers B., van der Goot A. J. Plant-Based Meat Analogues. Sustainable Meat Production and Processing / ed. C. M. Galanakis. Academic Press, 2019. Chap. 6. P. 103-126. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814874-7.00006-7.

15. González-Pérez S., Vereijken J. M. Sunflower proteins: overview of their physicochemical, structural and functional properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 2007. Vol. 87, iss. 12. P. 2173-2191. DOI: https://doi.org/10.1002/jsfa.2971.

16. Sha L., Xiong Y. L. Plant protein-based alternatives of reconstructed meat: Science, technology, and challenges. *Trends in Food Science & Technology*. 2020. Vol. 102. P. 51-61. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.05.022

17. Dietrich R. B., Lincoln L., Momen S., Minkoff B. B., Sussman M. R., Girard A. L. Role of protein and lipid oxidation in hardening of high-protein bars during storage. *Journal of Food Science.* 2025. Vol. 90, iss. 1. Art. e17663. DOI: https://doi.org/10.1111/1750-3841.17663

REFERENCES

1. Yak zminiuvalas chyselnist Zbroinykh Syl Ukrainy za roky viiny [How the size of the Armed Forces of Ukraine changed over the years of war]. (2025, October 1). *Slovo i Dilo*. https://www.slovoidilo.ua/2025/10/01/infografika/suspilstvo/yak-zminyuvalas-chyselnist-zbrojnyx-syl-ukrayiny-roky-vijny

2. Chorna, V. V., Krupka, N. O., & Lototska-Dudyk, U. B. (2023). Suchasni vymohy do nutriientnoho skladu kharchuvannia ta stanu prodovolchoho zabezpechennia viiskovosluzhbovtsiv Zbroinykh Syl Ukrainy [Modern requirements for the nutrient composition of nutrition and the state of food supply for military personnel of the Armed Forces of Ukraine]. *Reports of Vinnytsia National Medical University,* 27(2), 313-318. https://doi.org/10.31393/reports-vnmedical-2023-27(2)-23

3. Masliichuk, O. B., Simakhina, H. O., & Naumenko, N. V. (2024). Naukovi zasady rozroblennia produktiv z pidvyshchenym vmistom bilka v ratsioni kharchuvannia viiskovosluzhbovtsiv [Scientific foundations for developing products with high protein content in the military diet]. *Tavriiskyi Naukovyi Visnyk. Seriia: Tekhnichni Nauky*, (6), 120-131. https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.6.14

4. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2002). Pro normy kharchuvannia viiskovosluzhbovtsiv Zbroinykh Syl, inshykh viiskovykh formuvan ta Derzhavnoi sluzhby spetsialnoho zviazku ta zakhystu informatsii, politseiskykh, osib riadovoho, nachalnytskoho skladu organiv i pidrozdiliv tsyvilnoho zakhystu [On the norms of nutrition for servicemen of the Armed Forces, other military formations and the State Service for Special Communications and Information Protection, police officers, persons of rank and file, command staff of civil protection organs and units] (Resolution No. 426). *Legislation of Ukraine*. https://zakon.rada.gov.ua/go/426-2002-%D0%BF

5. Vidal, V. A. S., Jensen, I.-J., Sandbakk, Ø., Haugnes, P., Austeen, M. W., Gjeldnes, R., Svihus, B., & Lerfall, J. (2025). Military rations: Nutritional, sensorial and technological quality and their effects on military physical exercise in extreme environments. *Nutrition Research Reviews*, 38(1), 324-337. https://doi.org/10.1017/S0954422424000246

6. McLellan, T. (2013). Protein supplementation for military personnel: A review of the mechanisms and performance outcomes. *The Journal of Nutrition*, 143(11), 1820S-1833S. https://doi.org/10.3945/jn.113.176313

7. Hulich, M. P., Deputat, Yu. M., & Liubarska, L. S. (2019). Kharchuvannia viiskovosluzhbovtsiv Zbroinykh Syl Ukrainy v umovakh provedennia Operatsii obiednanykh syl: problemy ta porivnialna otsinka indyvidualnykh kharchovykh paikiv [Nutrition of servicemen of the Armed Forces of Ukraine in the conditions of the Joint Forces Operation: Problems and comparative evaluation of individual food rations]. *Ukrainskyi Zhurnal Viiskovoi Medytsyny*, 19(1), 46-51. https://ujmm.org.ua/index.php/journal/article/view/148

8. Anderson, R. E., 3rd, Casperson, S. L., Kho, H., & Flack, K. D. (2023). The role of dietary protein in body weight regulation among active-duty military personnel during energy deficit: A systematic review. *Nutrients,* 15(18), Article 3948. https://doi.org/10.3390/nu15183948

9. Banach, J. C., Clark, S., & Lamsal, B. P. (2014). Texture and other changes during storage in model high-protein nutrition bars formulated with modified milk protein concentrates. *LWT – Food Science and Technology*, 56(1), 77-86. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.11.008

10. Loveday, S. M., Hindmarsh, J. P., Creamer, L. K., & Singh, H. (2009). Physicochemical changes in a model protein bar during storage. *Food Research International*, 42(7), 798-806. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.03.002

11. Leser, S. (2013). FAO dietary protein report. *Nutrition Bulletin*, 38(4), 421-428. https://doi.org/10.1111/nbu.12063

12. Mathai, J. K., Liu, Y., & Stein, H. H. (2017). Values for digestible indispensable amino acid scores (DIAAS) for some dairy and plant proteins may better describe protein quality than values calculated using the concept for protein digestibility-corrected amino acid scores (PDCAAS). *The British Journal of Nutrition*, 117(4), 490-499. https://doi.org/10.1017/S0007114517000125

13. Day, L. (2013). Proteins from land plants – potential resources for human nutrition and food security. *Trends in Food Science & Technology*, 32(1), 25-42. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.05.005

14. Kyriakopoulou, K., Dekkers, B. L., & van der Goot, A. J. (2018). Plant-based meat analogues. In C. Galanakis (Ed.), Sustainable meat production and processing (pp. 103-126). *Academic Press*. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814874-7.00006-7

15. González-Pérez, S., & Vereijken, J. M. (2007). Sunflower proteins: Overview of their physicochemical, structural and functional properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture,* 87(12), 2173-2191. https://doi.org/10.1002/jsfa.2971

16. Sha, L., & Xiong, Y. L. (2020). Plant protein-based alternatives of reconstructed meat: Science, technology, and challenges. *Trends in Food Science & Technology*, 102, 51-61. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.05.022

17. Dietrich, R. B., Lincoln, L., Momen, S., Minkoff, B. B., Sussman, M. R., & Girard, A. L. (2025). Role of protein and lipid oxidation in hardening of high-protein bars during storage. *Journal of Food Science*, 90(1), Article e17663. https://doi.org/10.1111/1750-3841.17663

L. Telezhenko**, Doctor of Technical Sciences, Professor; **A. Dubyna**, PhD-student (Odesa National University of Technology).* ***World trends and domestic experience in the use of plant and animal protein sources in the formation of military rations: a literature review

***Abstract.** The diet of military personnel of the Armed Forces of Ukraine, who are in extreme conditions, needs to be improved in order to provide the military with macro– and microelements as completely as possible. A significant role is played by the protein component in Ready-to-Eat products. **The purpose of the study**: through information search, to determine the most accessible raw sources of protein of animal and plant origin in the form of concentrates, to conduct their analytical assessment, which will allow to scientifically substantiate the concept of creating a special-purpose protein-energy bar based on combined protein systems.*

***Methods:** A set of research methods was applied, including system, comparative, and monitoring analysis, generalization, and systematization of scientific publications in military nutrition, food chemistry, and specialized food technology. Regulatory documents (specifically, Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 426) and international experience in formulating individual combat rations in NATO armed forces (MRE, IMP, ORP programs) were analyzed.*

***Results:** Modern requirements for compact specialized Ready-to-Eat products and intermediate moisture foods for field rations were systematized. The technological advantages and constraints of utilizing dairy isolates (whey protein, micellar casein) and plant concentrates were evaluated. It was demonstrated that forming a composite protein matrix based on animal protein hydrolysate/isolate and plant protein concentrates (specifically, domestic sunflower and pea concentrates) yields a pronounced synergistic effect. This approach allows optimizing the amino acid profile (evaluated by DIAAS), increasing biological value, and preventing undesirable rheological and structural degradation (hardening and fat phase separation) during long-term storage across temperatures from -20 to +40 °C for at least 24 months. The utilization of domestic plant raw materials creates prerequisites for significant production cost reduction and import substitution, making this direction essential for the security and defense sector food supply.*

***Conclusions:** A theoretical background was established for the subsequent experimental phase involving formulation modeling of a special-purpose protein-energy bar, determination of its rheological, structural-mechanical, microbiological, and organoleptic characteristics, and assessment of lipid and protein complex stability during accelerated aging and extended storage.*

***Keywords:** military personnel, military nutrition, protein-energy bar, proteins, combined protein systems, sunflower protein concentrate, pea protein concentrate, intermediate moisture foods, Ready-to-Eat, shelf life, functional food products, plant-based ingredients.*

Дата першого надходження статті до видання: 06.08.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 09.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

UDC 634.747:637.142.2]: 663
DOI https://doi.org/10.37734/2518-7171-2026-2-9

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

USE OF BLACK ELDERBERRY AND WHEY IN BEVERAGE TECHNOLOGY

G. P. KHOMYCH, Doctor of Technical Sciences, Professor
A. B. BORODAI, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor
I. S. TYURIKOVA, Doctor of Technical Sciences, Professor
V. L. ISHCHENKO, Candidate of Philological Sciences
(Poltava University of Economics and Trade, Ukraine)
L. ELANIDZE, Doctor of Food Technologies, Associate Professor
Iakob Gogebashvili Telavi State University, Georgia)

Abstract. *Research on the use of secondary dairy raw materials and processed products of wild berries is a promising direction of innovative approaches in the technology of functional beverages. This contributes to expanding their assortment, increasing their biological value, introducing resource-saving technologies, and improving environmental sustainability in production.*

The article is devoted to studying the quality indicators of cheese whey and juice obtained from black elderberry berries, as well as their use in the technology of health-promoting beverages in order to expand the product range and increase the biological value of the final product. Scientific achievements related to the use of whey and black elderberry processing products in food production technologies were analyzed.

Experimental studies of organoleptic and physicochemical quality indicators of the raw materials (whey and black elderberry juice) confirmed the presence of a significant amount of nutrients. In particular, whey contains proteins, while elderberry juice contains biologically active substances, among which phenolic and coloring compounds are of special importance. It was confirmed that the predominant share of polyphenolic substances in fruit raw materials is anthocyanins, which possess antioxidant properties and positively affect the organoleptic characteristics of beverages. Microbiological studies of whey, black elderberry juice, and beverages produced on their basis were also conducted.

The results of experimental studies confirm the feasibility of using wild plant raw materials in beverage formulations based on whey. It was determined that the best organoleptic and physicochemical indicators are achieved when 15% black elderberry juice is added to the beverage formulation. This not only enriches the composition of the final product and increases its nutritional and biological value, but also provides an attractive color and improves taste properties.

Keywords: *whey, black elderberry, chemical composition, juice, beverages, quality indicators, microbiological indicators.*

Problem Statement in General. The modern development of the food industry is characterized by increasing attention to resource conservation, rational use of raw materials, and the introduction of waste-free production technologies. This issue is particularly relevant for the dairy industry, where significant amounts of secondary raw materials, especially whey, are formed during milk processing.

Despite the high content of biologically active substances, complete proteins, lactose, minerals, and vitamins, a significant portion of whey is still used inefficiently. This leads to the loss of valuable nutrients and creates environmental problems. One of the promising directions for the rational use of milk whey is its involvement in the technology of functional beverages. Due to its high nutritional and biological value and the ability to combine with various plant raw materials, whey can serve as a basis for creating new types of health-promoting beverages.

Wild plant raw materials, particularly black elderberry (Sambucus nigra L.), also have significant potential for the development of waste-free technologies. The use of wild berries in food production technologies contributes not only to expanding the range of products but also to more rational use of natural resources and promotion of local plant raw materials.

The combination of whey with processed black elderberry products in beverage technology represents a promising direction for the development of new products with increased biological value. This approach corresponds to modern trends in food production aimed at the comprehensive use of raw material resources, waste minimization, and obtaining products with improved functional properties.

Analysis of major studies and publications. Over the past decades, Ukraine has seen a trend towards a reduction in livestock numbers and a decrease in milk production, although the situation improved somewhat in 2025 [14]. The problem of insufficient raw materials to meet the population's needs for dairy products can be solved by attracting secondary dairy resources, in particular whey, the volume of which, according to

statistics, in Ukraine is about 2 million tons. However, the share of its further processing at dairy enterprises, despite its high nutritional and biological value and moderate price, is only 25...33% [26].

The issue of complete and rational processing of whey exists in all countries with a developed dairy industry [28]. This is due to the significant volumes of whey obtained using traditional technology during the production of protein-fat products. According to the generalized data of recent years, the main directions of its processing are the production of dry whey, milk sugar [30, 31], sour whey as a precipitating agent for the production of casein [30], fresh and fermented drinks [2, 16, 33].

Whey contains more than two hundred vital nutritional biologically active substances. Of these, about 25% of the protein substances are represented by whey proteins (α-lactalbumin, β-lactoglobulin, serum albumin, immunoglobulin and proteose-peptones), which are rich in essential amino acids [12, 26]. The main whey proteins are β-lactoglobulin and α-lactalbumin. They are rich in deficient essential amino acids (lysine, tryptophan, methionine, threonine) and cysteine, which allows us to attribute them to the most biologically valuable part of milk proteins [26]. The biological value of whey proteins compared to ideal protein is given in Table 1.

The absolute content of the main ash elements in whey (in mg%): potassium 90–100; magnesium 9–20; calcium 40–110; sodium 3.5; phosphorus 4–10; chlorine 8–11. The trace element composition of whey (in μg/kg) is represented by: iron – 67.4; zinc – 3.1; copper – 7.6; cobalt – 6.1, etc. [12]. Vitamins pass from milk into whey, and water-soluble vitamins are more abundant than fat-soluble vitamins, which is associated with the degree of fat utilization [26]. The specific color of whey (yellowish-green color) is explained by the presence of riboflavin in it, which is especially noticeable after protein purification. Organic acids in whey are represented by lactic, citric, acetic, formic, propionic, butyric and other acids. The main share of all acids is lactic. Partly in whey it is found in the form of lactates [32].

Table 1

Biological value of whey proteins

Amino acids	Ideal protein, g/100 g	Amino acid content in 100 g of whey protein	Amino acid score (AAS), %
Valine	5,0	6,5	130,0
Isoleucine	4,0	5,5	137,5
Leucine	7,0	8,8	125,7
Lysine	5,5	8,0	145,4
Methionine + Cystine	3,5	4,6	131,4
Threonine	4,0	6,1	152,5
Tryptophan	1,0	1,3	130,0
Phenylalanine + Tyrosine	6,0	6,0	100,0

Source [27].

The biological value of whey also lies in the presence of finely dispersed fat and milk sugar in the whey, which is very well absorbed by the body (99.7%) [1, 3, 16]. Along with energy functions, lactose performs the functions of a structural carbohydrate. In addition, being slowly absorbed, it helps maintain the vital activity of lactic acid bacteria. Lactic acid produced from lactose inhibits the development of putrefactive microflora in the human intestinal tract [8, 16, 27]. The complex of mineral salts in whey, from a biological point of view, both in terms of spectrum and composition of compounds, is the most optimal. Enzymes, vitamins, phospholipids and other biologically active substances in whey also play an important role in the metabolism and breakdown of protein substances. The energy value of whey is significantly lower than that of milk, which is due to the lower fat and protein content, but the biological value is approximately the same, which makes it advisable to use it in dietary nutrition [5, 17, 19].

Thus, the nutritional value and dietary properties of whey allow it to be used for food purposes, and the use of such recipe ingredients as the juice of wild raw materials in the technology of functional beverages based on whey will make it possible not only to diversify the assortment of beverages and enrich their biological value, but also to carry out ecologization of production [5, 13, 26].

Black elderberry fruits contain a number of useful substances: ascorbic and malic acids, rutin, carotene, sambucin, sugars (glucose, fructose), tannins, pectins, anthocyanin dyes, polyphenols. The use of elderberry fruits is quite wide: in winemaking and the alcohol industry for the preparation of port wine, liqueur, champagne; preparation of natural purple and red dyes used in the food and textile industries [15].

Scientific studies confirm that phytochemical compounds with high antioxidant capacity include polyphenolic substances, in particular, flavonoids, which include flavonols, flavones, flavones, isoflavones, anthocyanidins, proanthocyanidins. Black elderberry contains a whole complex of these substances [21, 22].

Black elderberry fruits and berries contain antioxidants that can neutralize the effects of free radicals. Dietary supplements, medicinal preparations and food products containing berries have a tonic effect and increase performance. Thanks to ascorbic acid and anthocyanins, black elderberry increases immunity and activates the body's protective properties against viral infections [4, 20]. Modern studies show that elderberry preparations help in the treatment of hyperlipidemia, reduce the risk of cardiovascular diseases, and solve many other health problems [15, 22].

Studies show that ripe elderberries contain 83–85% moisture, 6–8% monosaccharides (mainly glucose and fructose in approximately equal amounts), 1.5–2.0% sucrose, 1.3–1.4% organic acids, 1.0–1.2%

pectic substances, as well as a small amount of amino acids and carboxylic acids. The composition of minerals includes Mn, Ca, K, Ba [22].

Black elderberry is cultivated throughout Ukraine, primarily in the steppe and forest-steppe zones, so it is advisable to expand the scope of its use in food formulations.

The antioxidant activity of black elderberries is determined by the presence of phenolic substances, mainly coloring ones. Anthocyanins, represented by cyanidin glycosides, dominate the composition of phenolic substances in berries [20–22].

The relevance of the conducted research lies in the use of wild raw materials as a component of the recipe composition of beverages prepared on the basis of whey, which allows solving simultaneously the problem of using secondary raw materials in food technology and enriching finished products with a biologically active complex of plant ingredients.

Formulation of the research objectives. The aim of the study is to use processed products of black elderberry in the technology of beverages based on whey.

Materials and Methods. During the research, black elderberry berries and their processed products (juice), as well as whey, were used in the formulation of functional beverages.

To conduct the experimental studies, standard analytical methods were used to determine the quality indicators of black elderberry berries and juice, whey, and finished beverages according to organoleptic and physicochemical parameters.

The content of phenolic compounds was determined using the high-performance liquid chromatography (HPLC) method on an Agilent Technologies chromatograph (model 1100). For the analysis, a chromatographic column measuring 2.1 × 150 mm packed with octadecylsilyl sorbent (particle size 3.5 μm), "ZORBAX" SB-C18, was used.

Microbiological indicators were determined according to the following standard methods: the number of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms was determined in accordance with DSTU 7357:2013, DSTU IDF 100B:2003, and DSTU IDF 122C:2003; coliform bacteria were determined on Kessler medium according to DSTU 7357:2013; the number of yeasts and molds was determined according to DSTU ISO 7954:2006; the detection of Salmonella bacteria was carried out in accordance with DSTU IDF 93A:2003 [7–10].

To process the results of the experimental studies, statistical analysis methods were applied using standard software packages of Microsoft Office.

Presentation of the main research material with a full justification of the obtained scientific results. Whey is a promising component for the development of functional beverages with health-promoting properties due to its high nutritional and biological value. It is rich in whey proteins, which have a complete amino acid composition, are easily digestible, and support important metabolic processes in the human body, including muscle tissue synthesis and the functioning of the immune system. In addition, whey contains water-soluble vitamins, mineral elements, and trace elements, particularly calcium, magnesium, phosphorus, and B-group vitamins, which contribute to the normalization of nervous system activity, maintenance of mineral metabolism, and homeostasis [1, 16].

At the first stage of the research, the quality indicators of the raw materials were determined: whey and elderberry berries. The characteristics of the organoleptic indicators are presented in Table 2, while the physicochemical indicators are shown in Tables 3 and 4.

For the study, cheese whey was used, which had the following indicators: mass fraction of dry substances – 5.6±0.15%, including lactose – 3.5±0.3%; mass fraction of fat – 0.2±0.03%; density – 1020 kg/m^3; acidity – 53 °T; active acidity (pH) – 4.5 pH units (Table 3).

Scientists have proven that the high biological value of whey is determined by proteins, vitamins,

Table 2

Organoleptic indicators of source raw materials

Raw material name	Appearance	Colour	Taste	Odor
Whey	homogeneous, transparent, liquid with a slight sediment	white with a greyish tint	slight sour taste	characteristic of this product
Black elderberry	berries of oval shape, quite small, d – 4 mm	purple-black	sweet, specific	light, specific

Table 3

Chemical composition of whey (n=3, p≤0,05)

Indicator name	Unit of measurement	Indicator
Mass fraction of dry substances, including:	%	5,60
– mass fraction of protein	%	0,82
– mass fraction of fat	%	0,20
titrated acidity	°T	53,00
active acidity	unit pH	4,50
density	kg/m^3	1020,00

hormones, organic acids, and trace elements. Lactose dominates among the carbohydrate composition of whey. The acids contained in whey are represented by lactic, propionic, formic, acetic, citric, and other acids. Almost all organic acids found in whey are products of the vital activity of microorganisms that develop in whey, with the exception of citric acid [27–30]. However, according to organoleptic indicators, whey has an inexpressive color and a sour taste, and given its high biological value, it is advisable to combine it with a component that will give the drink a more pronounced color, increase its biological value, and taste properties.

Black elderberry juice was chosen as such a component. To obtain the juice, the berries were subjected to preliminary processing: washed, sorted, crushed and the juice was extracted by pressing. The quality indicators given in Table 4 were determined in the finished juice.

According to the organoleptic assessment, black elderberry juice had a dark purple color, a sweet, specific taste and a light aroma corresponding to elderberries.

Elderberry juice contains about 7.8% sugar, citric acid dominates among organic acids, but there are also malic and succinic acids.

The main indicator that characterizes the antioxidant activity of elderberry is the presence in their composition of L-ascorbic acid, phenolic substances, among which coloring substances predominate (Table 5).

The resulting juice contained L-ascorbic acid (30.50 mg/100 g) and a significant content of phenolic substances (580 mg/100 g), which affect the biological activity index. The presence of antioxidants such as L-ascorbic acid and flavonoids, and their interaction with each other, determine the value of the biological activity index.

The fractional composition of phenolic compounds in black elderberry berries and juice was studied (Table 6).

The phenolic composition of black elderberry revealed the presence of representatives from the groups of flavones and their derivatives and anthocyanins. Anthocyanins account for 92.0% (berries) ... 97.0% (juice) of the total flavonoid content.

Among anthocyanins, the dominant representative is cyanidin-3-O-sambubioside, which accounts for 44% of the total anthocyanin content. The following were found in the anthocyanin group: cyanidin-3-O-sambubioside-5-O-glycoside (20.0% of the total content), cyanidin-3,5-di-O-glycoside (3.0%), cyanidin-3-O-glycoside (33.0%). Chromatograms of anthocyanins in black elderberry berries and juices are shown in Fig. 1.

Studies have shown that about 50.0% of anthocyanins pass from the berry to the juice, and the same proportion goes into production waste.

According to the results of the analysis of the physicochemical parameters of the starting raw materials, it can be stated that the selected raw materials are suitable for compositional combination and can be used to produce functional beverages.

To develop the recipe composition of whey-based beverages, different ratios of whey and black elderberry juice were experimentally studied. According to organoleptic, physicochemical and microbiological parameters, the best ratio of components was 85:15 (whey: black elderberry juice).

For the study, a whey-based beverage was prepared in the following way: the whey was filtered, heated to a temperature of 93±2 °C, kept for 30 minutes and cooled to a temperature of 35 °C for 5–6 hours for clarification, filtered again and mixed with juice and sugar, cooled to a temperature of 4±2 °C.

Table 4

Physical and chemical parameters of black elderberry juice

Mass fraction, %			pH, units pH
soluble dry substances	titrated acids	pectic substances	
13,20	0,65	0,60	4,50

Table 5

The content of biologically active substances in black elderberry juice

Content, mg/100 g			Biological activity, conditional units act.
L-ascorbic acid	coloring substances*	phenolic substances	
30,50	370,00	580,00	4000,00

*– calculated as cinidyn

Table 6

Content of phenolic compounds in blackcurrant berries and juice, mg/100 g

Name of samples	Oxycinnamic acids and their derivatives	Flavones and their derivatives	Anthocyanins	Flavan-3-ols	Total
Berries	–	65,97	742,26	–	808,23
Juice	–	8,90	360,25	–	369,15

Table 7

Organoleptic indicators of the beverage

Name of Indicator	Indicator value
Appearance and consistency	Homogeneous liquid
Taste and odor	Clean, without foreign flavors and odors, slightly sour taste due to the acidity of the whey and juice
Colour	Purple, due to the addition of black elderberry juice, uniform throughout the mass

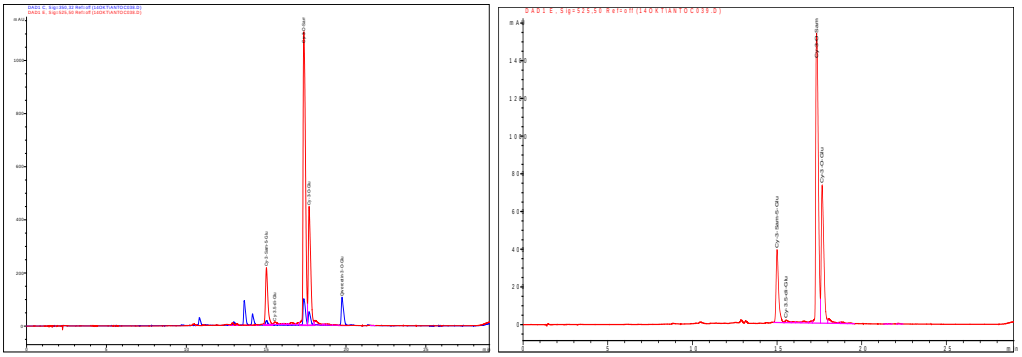
Table 8

Physical and chemical indicators of the drink

Name of Indicator	Beverage with black elderberry juice
Titrated acidity, °T	81,00
Density, g/cm³	1,027
Mass fraction of fat,%	0,25
Dry substances content,%	7,40
Protein content,%	0,76
Lactose content,%	4,85
Temperature of the cooled product, °C	4±2

The organoleptic and physicochemical indicators characterizing the whey and elderberry juice beverage are given in Tables 7, 8, and a comparative photofixation of whey samples and a whey-based beverage with the addition of elderberry juice is shown in Fig. 2.

The elderberry juice beverage is characterized by moderate titrated acidity (81 °T), which indicates a balanced acid-base reaction, and a density of 1.027 g/cm³, which corresponds to typical indicators of whey-based beverages. The low fat content (0.25%) makes the product dietary, and the protein content (0.76%) and lactose (4.85%) provide the body with easily digestible proteins and carbohydrates, contributing to the normalization of digestion and maintenance of intestinal microflora. The total mass fraction of dry substances (7.4%) determines the consistency and taste characteristics of the drink.



а) berries б) juice

Fig. 1. Chromatograms of anthocyanins in berries (a) and juices (b) of black elderberry



а) whey б) elderberry beverage

Fig. 2. Comparative photofixation of whey samples (a) and whey-based beverage with the addition of black elderberry juice (b)

Table 9

Microbiological indicators of starting raw materials (whey and juice)

Name of Indicator	Indicator value			
	standard according to DSTU 7515:2014	whey	standard according to DSTU 8074:2015	elderberry juice
Total mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms (MAFAnM), CFU/g, not more than	2×10^5	$1{,}8x10^3$	$1\cdot10^3$	$3{,}7x10^2$
Escherichia coli (coliforms) per 1 g	not allowed	-	not allowed	-
Pathogenic microorganisms, including Salmonella spp., in 25 g	not allowed	-	not allowed	-
Molds, CFU in 1 g, not more than	not normalized	-	10	-
Yeasts, CFU in 1 g, not more than	not normalized	-	10	-

Table 10

Microbiological indicators of the resulting beverage

Name of Indicator	Indicator value	
	standard according to DSTU 8549:2015 (beverages)	beverage
Total mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms (MAFAnM), CFU/g, not more than	1×10^5	$3{,}4x10^3$
Escherichia coli (coliforms) per 1 g	not allowed	-
Pathogenic microorganisms, including Salmonella spp., in 25 g	not allowed	-
Molds, CFU in 1 g, not more than	50	-
Yeasts, CFU in 1 g, not more than	50	-

According to microbiological indicators, the starting raw materials and the beverage based on them correspond to the indicators specified in Tables 9 and 10 and do not exceed the regulatory values stipulated by the standard.

Whey belongs to perishable food products that require special temperature conditions to maintain quality and safety, without which it undergoes irreversible changes that lead to spoilage. Elderberry juice belongs to the group of weakly acidic products and this also requires strict requirements during its storage.

According to the results of the conducted studies, it was found out that in beverages recommended for sale in catering establishments, the total microbial contamination was 3.4×10^3 CFU/g, which is lower than the established regulatory indicators. In the studied samples, no bacteria of the Escherichia coli group were detected, as well as pathogenic microorganisms, in particular representatives of the genera Salmonella and Staphylococcus.

In addition, microbiological indicators were analyzed after storage of the products for 72 hours. The obtained results of the studies of samples stored for three days at a temperature of +2…+4 °C indicate that the level of total microbial contamination also remained within the permissible values.

Conclusions. The results of the conducted experimental studies confirm the feasibility of using black elderberry juice in the formulation in the technology of whey-based beverages. The compositional combination in the formulation of whey beverage and black elderberry juice has a positive effect on the organoleptic, physicochemical parameters of the beverage, increases its biological value and allows for maximum use of the resource potential of secondary dairy raw materials.

BIBLIOGRAPHY

1. Akhundova N., Babashli A. Development of a production technology for functional beverages based on whey enriched with natural juices from plant-based raw materials. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2025. Vol. 5 (11 (137)), R. 86–93. DOI : https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.338568

2. Bandara T.A., Munasinghe-Arachchige S.P., Gamlath C.J. Fermented whey beverages: A review of process fundamentals, recent developments and nutritional potential. *Int. J. Dairy Technol*. 2023, Vol. 76. R. 737–757. DOI : https://doi.org/10.1111/1471-0307.12993

3. Білик О. Я., Дроник Г. В. Молочна сироватка – цінна сировина для виробництва функціональних продуктів. *Науковий вісник ЛНУВМ та БТ імені С.З. Гжицького.* Львів, 2009. Т. 11, № 2 (41), Ч 5. С. 422–432.

4. Бурак Л. Перспективи використання бузини чорної в харчовій промисловості / *Продовольча індустрія АПК*. 2012. № 4 (18). С. 31–33.

5. Дейниченко Г., Гузенко В., Дмитревський Д., Золотухіна І., Перекрест В. Впровадження безвідходних технологій переробки вторинної молочної сировини. *Ресторанний і готельний консалтинг. Інновації.* 2022. Том 5. № 1. С. 82–96. DOI: https://doi.org/10.31866/2616-7468.5.1.2022.260878

6. ДСТУ 7515:2014. Сироватка молочна. Технічні умови: [Чинний від 2015-02-01.] Київ. 2015. 22 с. (Інформація та документація).

7. ДСТУ 7357:2013. Молоко та молочні продукти. Методи мікробіологічного контролювання: [Чинний від 22.08.2013]. Київ: Мінекономрозвитку України, 2014. 34 с. (Національні стандарти України).

8. ДСТУ IDF 100B:2003. Молоко і молочні продукти. Визначення кількості мікроорганізмів. Метод підрахунку колоній за температури 30 °С (IDF 100B:1991, IDT): [Чинний від 01.01.2005]. Київ: Мінекономрозвитку України, 2003. 18 с. (Національні стандарти України).

9. ДСТУ IDF 122C:2003. Молоко і молочні продукти. Підготовка проб і розведень для мікробіологічного дослідження: [Чинний від 01.01.2005]. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 12 с. (Національні стандарти України).

10. ДСТУ IDF 93A:2003. Молоко і молочні продукти. Визначення Salmonella: [Чинний від 01.10.2003]. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 20 с.

11. ДСТУ ISO 7954:2006. Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Загальні настанови з підрахунку дріжджів і мікроскопічних грибів. Техніка підрахування колоній, культивованих за температури 25 °С (ISO 7954:1987, IDT): [Чинний від 01.10.2007]. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 11 с.

12. Кочубей-Литвиненко О. В. Наукове обгрунтування електрофізичних способів оброблення молочної сироватки та їх використання в технологіях молочних продуктів: дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.04. Київ, 2021. 423 с.

13. Mirzakulova A., Sarsembayeva T., Suleimenova Z., Kowalski Ł., Gajdzik B., Wolniak R., Bembenek M. Whey: Composition, Processing, Application, and Prospects in Functional and Nutritional Beverages – A Review. *Foods*. 2025. Vol. 14. P. 3245. DOI: https://doi.org/10.3390/foods14183245

14. Молочна галузь України: підсумки складного 2025 р. URL: https://agronews.ua/news/molochna-galuz-ukrainy-pidsumky-skladnoho-2025-r/

15. Морозова Л. П. Використання бузини чорної (Sambucus nigra) в харчовій галузі та лікувально-профілактичних цілях. *Продовольчі ресурси.* 2022. Т. 10, № 18. С. 80–89. https://doi.org/10.31073/foodresources2022-18-08

16. Петренко Н. В. Використання молочної сироватки для розробки функціональних напоїв. *Харчова наука і технологія*. 2019. Т. 14, № 2. С. 45–52.

17. Сидоренко В. А. Біотехнологічні підходи до використання молочної сироватки у напоях. Біотехнологія. 2020. Т. 8, № 1. С. 23–30.

18. Старовойтова А. А. Мікробіологія молока і молочних продуктів [Електронний ресурс]. Біла Церква: Технолого-економічний коледж Білоцерківського національного аграрного університету, 2017. 153 с.

19. Технологія молока та молочних продуктів: навч. посіб. / В. В. Власенко, М. П. Головко, Т. В. Семко, Т. М. Головко. Харків: Харківський державний університет харчування та торгівлі, 2018. 202 с.

20. Хомич Г. П., Ткач Н. І. Використання дикорослої сировини для забезпечення харчових продуктів БАР. Полтава: ПУСКУ, 2009. 159 с.

21. Хомич Г. П., Капрельянц Л. В. Фенольні сполуки дикорослих плодів і ягід: склад, властивості, зміни при переробці: монографія. Полтава: ПУЕТ, 2013. 217 с.

22. Хомич Г. П. Вплив температурної обробки на фенольні речовини при виробництві соків із дикорослої сировини. *Наукові праці ОНАХТ*. Серія «Технічні науки». Одеса: ОНАХТ, 2012. Вип. 42, т. 2. С. 11–17.

23. Шаблій Л. М. Технологія переробки молока: навчальний посібник. Київ: Кондор, 2024. 308 с.

24. Шимків О. С., Кравець О. І. Переробка та використання молочної сироватки як фактор сталого розвитку молокопереробної галузі. Матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (Тернопіль, 11–12 грудня 2024 року). Тернопіль: ТНТУ ім. Івана Пулюя, 2024. С. 350.

25. Sychevskyi M., Romanchuk I., Minova A. Milk whey processing: prospects in Ukraine. *Food Science and Technology*. 2019. Vol. 13, № 4. P. 58–68. DOI: https://doi.org/10.15673/fst.v13i4.1557

26. Чернюшок О. А. Удосконалення технології напоїв із сироватки молочної, обробленої електроіскровими розрядами: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04. Київ, 2015. 140 с.

27. Хімічний склад і фізичні характеристики молочних продуктів: довідник / О. М. Скарбовійчук, О. В. Кочубей-Литвиненко, О. А. Чернюшок, В. Г. Федоров. Київ: НУХТ, 2012. 311 с.

28. Jain S. Development of Low Cost Nutritional Beverage from Whey / S. Jain, R. Gupta, S. Jain / *Journal of Environmental Science*. Vol. 5, Issue 1, Jul. Aug. 2013. P. 73–88.

29. Gazi I. Influence of protein content and storage conditions on the solubility of caseins and whey proteins in milk protein concentrates / Inge Gazi, Thom Huppertz. *International Diary Journal*. October 2014. P. 845–854.

30. Influence of lactose on the diffusion of calcium ions at physiological temperature / M. P. Verissimo, C. M. Ribeiro, C. F. Ribeiro [et al.] / *Food Chemistry.* Vol. 163, Issue 15, November 2014. P. 284–288 142.

31. Lactose microparticle formation from finely atomised droplets /S. Chew, S. Mansouri, D. Wardhana [et al.] / *Chemical Engineering Science*. Vol. 122, Issue 27, January 2014. P. 395–402.

32. Monitoring amino acids, organic acids, and ripening changes in Cheddar cheese using Fourier-transform infrared spectroscopy / A. Subramanian, V. B. Alvarez, W. Harper [et al.] / *International Dairy Journal.* Vol. 21, Issue 6, June 2011. P. 434–440.

33. Piorkowski D. Beverage emulsions: Recent developments in formulation, production, and applications / Daniel Piorkowski, David Julian McClements / *International Dairy Journal*. Vol. 42, Part 1, December 2014. P. 5–41.

REFERENCES

1. Akhundova, N., & Babashli, A. (2025). Development of a production technology for functional beverages based on whey enriched with natural juices from plant-based raw materials. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5*(11(137)), 86–93. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.338568
2. Bandara, T. A., Munasinghe-Arachchige, S. P., & Gamlath, C. J. (2023). Fermented whey beverages: A review of process fundamentals, recent developments and nutritional potential. *International Journal of Dairy Technology, 76*, 737–757. https://doi.org/10.1111/1471-0307.12993
3. Bilyk, O. Ya., & Dronyk, H. V. (2009). Molochna syrovatka – tsinna syrovyna dlia vyrobnytstva funktsionalnykh produktiv [Whey as a valuable raw material for the production of functional products]. *Naukovyi visnyk LNUVMBT imeni S. Z. Gzhytskoho, 11*(2(41), Part 5), 422–432. [in Ukrainian]
4. Burak, L. (2012). Perspektyvy vykorystannia buzyny chornoi v kharchovii promyslovosti [Prospects for the use of black elderberry in the food industry]. *Prodovolcha industriia APK*, (4(18)), 31–33. [in Ukrainian]
5. Deinychenko, H., Huzenko, V., Dmytrevskyi, D., Zolotukhina, I., & Perekrest, V. (2022). Vprovadzhennia bezvidkhodnykh tekhnolohii pererobky vtorynnoi molochnoi syrovyny [Implementation of waste-free processing technologies for secondary dairy raw materials]. *Restorannyi i hotelnyi konsaltynh. Innovatsii, 5*(1), 82–96. https://doi.org/10.31866/2616-7468.5.1.2022.260878 [in Ukrainian]
6. DSTU 7515:2014. (2015). *Syrovatka molochna. Tekhnichni umovy* [Dairy whey. Technical specifications]. Kyiv. [in Ukrainian]
7. DSTU 7357:2013. (2014). *Moloko ta molochni produkty. Metody mikrobiolohichnoho kontroliuvannia* [Milk and dairy products. Methods of microbiological control]. Kyiv: Ministry of Economic Development and Trade of Ukraine. [in Ukrainian]
8. DSTU IDF 100B:2003. (2003). *Moloko i molochni produkty. Vyznachennia kilkosti mikroorhanizmiv. Metod pidrakhunku kolonii za temperatury 30 °C (IDF 100B:1991, IDT)* [Milk and milk products. Enumeration of microorganisms. Colony-count technique at 30 °C]. Kyiv: State Committee for Technical Regulation and Consumer Policy of Ukraine. [in Ukrainian]
9. DSTU IDF 122C:2003. (2003). *Moloko i molochni produkty. Pidhotovka prob i rozveden dlia mikrobiolohichnoho doslidzhennia* [Milk and milk products. Preparation of test samples and dilutions for microbiological examination]. Kyiv: State Committee for Technical Regulation and Consumer Policy of Ukraine. [in Ukrainian]
10. DSTU IDF 93A:2003. (2003). *Moloko i molochni produkty. Vyznachennia Salmonella* [Milk and milk products. Detection of Salmonella]. Kyiv: State Committee for Technical Regulation and Consumer Policy of Ukraine. [in Ukrainian]
11. DSTU ISO 7954:2006. (2006). *Mikrobiolohiia kharchovykh produktiv i kormiv dlia tvaryn. Zahalni nastanovy z pidrakhunku drizhdzhiv i mikroskopichnykh hrybiv. Tekhnika pidrakhuvannia kolonii, kultyvovanykh za temperatury 25 °C (ISO 7954:1987, IDT)* [Microbiology of food and animal feeding stuffs. General guidance for enumeration of yeasts and moulds. Colony-count technique at 25 °C]. Kyiv: State Committee for Technical Regulation and Consumer Policy of Ukraine. [in Ukrainian]
12. Kochubei-Lytvynenko, O. V. (2021). *Naukove obgruntuvannia elektrofizychnykh sposobiv obroblennia molochnoi syrovatky ta yikh vykorystannia v tekhnolohiiakh molochnykh produktiv* [Scientific substantiation of electrophysical methods for processing whey and their use in dairy product technologies] [Doctoral dissertation, Kyiv]. [in Ukrainian]
13. Mirzakulova, A., Sarsembayeva, T., Suleimenova, Z., Kowalski, Ł., Gajdzik, B., Wolniak, R., & Bembenek, M. (2025). Whey: Composition, processing, application, and prospects in functional and nutritional beverages – A review. *Foods, 14*, Article 3245. https://doi.org/10.3390/foods14183245
14. *Molochna haluz Ukrainy: pidsumky skladnoho 2025 r.* [The dairy industry of Ukraine: Results of a challenging 2025]. (n.d.). Agronews.ua. https://agronews.ua/news/molochna-galuz-ukrainy-pidsumky-skladnoho-2025-r/ [in Ukrainian]
15. Morozova, L. P. (2022). Vykorystannia buzyny chornoi (*Sambucus nigra*) v kharchovii haluzi ta likuvalno-profilaktychnykh tsiliakh [The use of black elderberry (*Sambucus nigra*) in the food industry and for therapeutic and preventive purposes]. *Prodovolchi resursy, 10*(18), 80–89. https://doi.org/10.31073/foodresources2022-18-08 [in Ukrainian]
16. Petrenko, N. V. (2019). Vykorystannia molochnoi syrovatky dlia rozrobky funktsionalnykh napoiv [Use of whey in the development of functional beverages]. *Kharchova nauka i tekhnolohiia, 14*(2), 45–52. [in Ukrainian]
17. Sydorenko, V. A. (2020). Biotekhnolohichni pidkhody do vykorystannia molochnoi syrovatky u napoiakh [Biotechnological approaches to the use of whey in beverages]. *Biotekhnolohiia, 8*(1), 23–30. [in Ukrainian]
18. Starovoitova, A. A. (2017). *Mikrobiolohiia moloka i molochnykh produktiv* [Microbiology of milk and dairy products]. Technological and Economic College of Bila Tserkva National Agrarian University. [in Ukrainian]
19. Vlasenko, V. V., Holovko, M. P., Semko, T. V., & Holovko, T. M. (2018). *Tekhnolohiia moloka ta molochnykh produktiv* [Technology of milk and dairy products]. Kharkiv State University of Food Technology and Trade. [in Ukrainian]
20. Khomych, H. P., & Tkach, N. I. (2009). *Vykorystannia dykorosloi syrovyny dlia zabezpechennia kharchovykh produktiv BAR* [Use of wild-growing raw materials to enrich food products with biologically active substances]. PUSKU. [in Ukrainian]
21. Khomych, H. P., & Kapreliants, L. V. (2013). *Fenolni spoluky dykoroslykh plodiv i yahid: Sklad, vlastyvosti, zminy pry pererobtsi* [Phenolic compounds of wild fruits and berries: Composition, properties, and changes during processing]. PUET. [in Ukrainian]

22. Khomych, H. P. (2012). Vplyv temperaturnoi obrobky na fenolni rechovyny pry vyrobnytstvi sokiv iz dykorosloi syrovyny [Effect of heat treatment on phenolic compounds during juice production from wild-growing raw materials]. *Naukovi pratsi ONAKhT. Seriia "Tekhnichni nauky"*, (42, Vol. 2), 11–17. [in Ukrainian]

23. Shablii, L. M. (2024). *Tekhnolohiia pererobky moloka* [Milk processing technology]. Kondor. [in Ukrainian]

24. Shymkiv, O. S., & Kravets, O. I. (2024). Pererobka ta vykorystannia molochnoi syrovatky yak faktor staloho rozvytku molokopererobnoi haluzi [Processing and use of whey as a factor in the sustainable development of the dairy industry]. In *Aktualni zadachi suchasnykh tekhnolohii: Materialy XIII Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii molodykh uchenykh ta studentiv* (Ternopil, December 11–12, 2024) (p. 350). TNTU im. Ivana Puliuia. [in Ukrainian]

25. Sychevskyi, M., Romanchuk, I., & Minova, A. (2019). Milk whey processing: Prospects in Ukraine. *Food Science and Technology, 13*(4), 58–68. https://doi.org/10.15673/fst.v13i4.1557

26. Cherniushok, O. A. (2015). *Udoskonalennia tekhnolohii napoiv iz syrovatky molochnoi, obroblenoi elektroiskrovymy rozriadamy* [Improving the technology of beverages made from dairy whey treated with electric-spark discharges] [Candidate of Technical Sciences dissertation, Kyiv]. [in Ukrainian]

27. Skarboviichuk, O. M., Kochubei-Lytvynenko, O. V., Cherniushok, O. A., & Fedorov, V. H. (2012). *Khimichnyi sklad i fizychni kharakterystyky molochnykh produktiv* [Chemical composition and physical characteristics of dairy products]. NUFT. [in Ukrainian]

28. Jain, S., Gupta, R., & Jain, S. (2013). Development of low cost nutritional beverage from whey. *Journal of Environmental Science, 5*(1), 73–88.

29. Gazi, I., & Huppertz, T. (2014). Influence of protein content and storage conditions on the solubility of caseins and whey proteins in milk protein concentrates. *International Dairy Journal*, 845–854.

30. Verissimo, M. P., Ribeiro, C. M., Ribeiro, C. F., et al. (2014). Influence of lactose on the diffusion of calcium ions at physiological temperature. *Food Chemistry, 163*, 284–288.

31. Chew, S., Mansouri, S., Wardhana, D., et al. (2014). Lactose microparticle formation from finely atomised droplets. *Chemical Engineering Science, 122*, 395–402.

32. Subramanian, A., Alvarez, V. B., Harper, W., et al. (2011). Monitoring amino acids, organic acids, and ripening changes in Cheddar cheese using Fourier-transform infrared spectroscopy. *International Dairy Journal, 21*(6), 434–440.

33. Piorkowski, D., & McClements, D. J. (2014). Beverage emulsions: Recent developments in formulation, production, and applications. *International Dairy Journal, 42*(Part 1), 5–41.

Г. Хомич, *доктор технічних наук, професор;* ***А. Бородай,*** *кандидат ветеринарних наук, доцент;* ***І. Тюрікова,*** *доктор технічних наук, професор;* ***В. Іщенко,*** *кандидат філологічних наук (Полтавський університет економіки і торгівлі, Україна);* ***Л. Еланідзе,*** *доктор харчових технологій, доцент Телавський державний університет імені Якова Гогебашвілі, Грузія).* ***Використання бузини чорної і молочної сироватки в технології напоїв***

Анотація. *Дослідження використання вторинної молочної сировини та продуктів переробки дикорослих ягід є перспективним напрямком інноваційних підходів в технології напоїв функціонального призначення, розширюючи їх асортимент, підвищуючи їх біологічну цінність, запроваджуючи ресурсозберігаючі технології та екологізацію виробництва.*

Стаття присвячена дослідженню показників якості сирної сироватки молочної та соку з ягід бузини чорної і використанню їх в технології оздоровчих напоїв з метою розширення асортименту та підвищення біологічної цінності готового продукту. Проаналізовано здобутки науковців щодо використання молочної сироватки і продуктів переробки бузини чорної в технологіях харчових виробництв.

Проведені експериментальні дослідження органолептичних та фізико-хімічних показників якості вихідної сировини (молочної сироватки і соку з бузини чорної) підтверджують, що в їх складі міститься значна кількість поживних речовин, зокрема в складі молочної сироватки – білків, у соку з бузини чорної – біологічно активних речовин, серед яких особливе значення займають фенольні та барвні речовини. Підтверджено, що переважаючою часткою в складі поліфенольних речовин фруктової сировини є антоціани, які володіють антиоксидантними властивостями і позитивно впливають на органолептичні показники напоїв. Проведено мікробіологічні дослідження молочної сироватки і соку з бузини чорної та напоїв на їх основі.

Отримані результати експериментальних досліджень підтверджують доцільність використання дикорослої сировини в рецептурному складі напоїв на основі молочної сироватки. Визначено, що найкращі органолептичні та фізико-хімічні показники досягаються при внесенні в рецептуру напою 15 % соку з бузини чорної, що не тільки збагачує склад готового продукту, його харчову та біологічну цінність, а й надає привабливого кольору та поліпшує смакові властивості.

Ключові слова: *молочна сироватка, бузина чорна, хімічний склад, сік, напої, показники якості, мікробіологічні показники.*

Конфлікт інтересів: Тюрікова Інна Станіславівна та Хомич Галина Панасівна є членами редакційної колегії журналу. Для забезпечення незалежності редакційного процесу рукопис розглядався редактором, який не мав конфлікту інтересів з авторами. Автори не брали участі у відборі рецензентів, процесі рецензування та прийнятті рішення щодо публікації статті. Рукопис пройшов стандартну процедуру подвійного сліпого рецензування.

Дата першого надходження статті до видання: 15.08.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

НОВІ РЕСУРСО- ТА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ І ТОРГІВЛІ

УДК 677.017.4:664:004.93
DOI https://doi.org/10.37734/2518-7171-2026-2-10

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

АВТОМАТИЗОВАНЕ ВИЗНАЧЕННЯ МОРФОМЕТРИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЛУБОВОЛОКНИСТОЇ СИРОВИНИ ЗА МІКРОЗОБРАЖЕННЯМИ ЗРІЗІВ

Є. О. КАЛІНСЬКИЙ, кандидат технічних наук, доцент
ORCID ID: 0000-0002-2605-8759
Г. А. БОЙКО, доктор технічних наук, доцент
ORCID ID: 0000-0001-8773-5525
Д. О. ЛЕВЧЕНКО, аспірант
ORCID ID: 0009-0001-9796-2278
(Херсонський національний технічний університет)

Анотація. *Лубоволокниста сировина застосовується в текстильній, харчовій, будівельній та автомобільній галузях, що підвищує вимоги до об'єктивного контролю її якості. Чинні методи оцінки ґрунтуються на окремих фізичних процедурах для кожного показника і не дають єдиної просторової картини розподілу волоконних пучків у перерізі. Метою статті є удосконалення методу оцінки якості лубоволокнистої сировини шляхом розробки методу сегментації екземплярів мікрозображень поперечного перерізу, що забезпечує об'єктивне обчислення морфометричних показників волокна для визначення його функціональної придатності.*

Сформовано власний набір даних із 83 мікроскопічних зрізів з експертно розміченими 1984 екземплярами волоконних пучків. Розроблено та навчено модель сегментації екземплярів на основі архітектури YOLO11s-seg з одноклясовою конфігурацією детектора та вхідною роздільною здатністю 768 пікселів. Застосовано доменно-орієнтовані аугментації зображень і морфометричний постпроцесинг для обчислення площі та геометричного центру кожного виявленого пучка. На основі геометричних характеристик, отриманих сегментацією, запропоновано три морфометричні показники: умовний діаметр волокна, структурну частку волокна та ступінь розволокнення.

Встановлено, що розроблена модель забезпечує на валідаційній вибірці показник mask mAP@0,5 на рівні 0,900 за збалансованих точності (0,842) і повноти (0,833). Час аналізу одного мікрозображення становить приблизно 33 мс, що не залежить від кількості пучків на зрізі. Визначено, що запропонований метод обчислює діаметр волокна, структурну частку волокна та ступінь розволокнення з одного мікрозображення, тоді як чинні стандартизовані методи вимагають окремих фізичних процедур для кожного показника.

Показано, що автоматизована сегментація екземплярів усуває потребу в ручному підрахунку волоконних пучків і забезпечує точність та відтворюваність вимірювання, недосяжну для ручного аналізу через окуляр-мікрометр. Отримані результати дозволяють зробити висновок про доцільність застосування розробленого методу для об'єктивного визначення функціональної придатності лубоволокнистої сировини до використання у харчовій та текстильній промисловості, зокрема для виробництва фільтрувальних матеріалів.

Ключові слова: *лубоволокниста сировина, комп'ютерний зір, сегментація екземплярів, морфометричні показники, YOLO, мікроскопія поперечного перерізу, контроль якості.*

Постановка проблеми. Лубоволокниста сировина (волокна льону, конопель та інших луб'яних культур) є багатогалузевим ресурсом. Традиційно вона застосовується в текстильній промисловості для виробництва технічних і побутових тканин [13]. Але застосування цього виду сировини стає дедалі активніше. Наприклад у харчовій промисловості, де фільтрувальні матеріали на основі натуральних волокон використовують для очищення технологічної води [12], а також в будівельній та автомобільній галузі як армувальний наповнювач у композитних матеріалах [10, 11]. Така багатогалузевість підвищує вимоги до об'єктивного контролю якості цієї сировини.

У межах цього дослідження об'єктом аналізу є лубоволокниста сировина на стадії технічного волокна після первинної обробки. Стадія трести (вилежаної соломи до виділення волокна) регламентується окремо стандартами ДСТУ 4149:2003 [1] та ASTM D7076-10 [6] і перебуває поза межами цього дослідження.

На стадії технічного волокна якість для текстильного застосування регламентують ASTM D7025-09 (тонина) [5] і ASTM D6961-09 (колір) [4]. В Україні відповідні методи містяться в ДСТУ 4015-2001 [13], причому для кольору стандарт передбачає органолептичний метод на відміну від інструментального підходу ASTM.

Для застосування в інших галузях (наприклад в якості наповнювача для фільтрів в харчовій промисловості) визначальними показниками якості є показники споріднені структурним показникам що використовуються в текстильній галузі. Наприклад діаметр, тонина волокна формують розмір міжволоконних пор фільтрувального шару, що підтверджено дослідженнями нетканих фільтрувальних матеріалів [17], а частка зайнятого волокном простору в перерізі пов'язана з пористістю матеріалу. Зв'язок площі поперечного перерізу волокнистого матеріалу з пористістю підтверджено на рівні окремого волокна дослідженням мікроструктури конопляного волокна методом рентгенівської мікротомографії [16].

Чинні методи оцінки наведених показників є окремими процедурами і не дають єдиної просторової картини розподілу волоконних пучків. Об'єктивна, відтворювана оцінка цих показників безпосередньо за мікрозображенням поперечного перерізу засобами штучного інтелекту усуває цю прогалину.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанню оцінки якості й контролю луб'яної сировини присвячено ряд досліджень. У роботі [2] розроблено систему класифікації стебел льону олійного для промислового застосування. У роботі [3] запропоновано перспективні методи й системи контролю якості інноваційної луб'яної сировини.

Стандарти ASTM D7879-13 [7] регламентує аналіз зображень як метод вимірювання, проте обмежений одиничними, відокремленими волокнами і не розв'язує задачу сегментації щільно розташованих пучків.

Жоден з наведених методів не дає просторової картини розподілу волоконних пучків у перерізі, тому що кожен оцінює один показник окремою фізичною чи інструментальною процедурою.

Необхідність впровадження систем комп'ютерного зору для аналізу структури лляної сировини та автоматизованого визначення тонини й закостриченості була визначена в попередніх роботах авторів [14, 15].

У суміжних галузях морфометричний аналіз поперечного перерізу волокнистих матеріалів засобами цифрової обробки зображень має усталену методологічну базу. Lorbach та ін. [8] запропонували обчислення тонини волокна через добуток площі поперечного перерізу на густину матеріалу. Goudenhooft та ін. [9] показали, що ріст рослини та розвиток клітинної стінки визначають властивості волокна, зокрема його придатність як армувального наповнювача композитних матеріалів. Chavoshi та ін. [10, 11] застосували сегментацію на основі глибокого навчання для визначення частки волокна (fiber volume content) у композитних матеріалах, підтвердивши методологічну спроможність площинного підходу для кількісної оцінки волоконної структури. Beaugrand та ін. [16] рентгенівською мікротомографією конопляного волокна підтвердили зв'язок площі поперечного перерізу з пористістю на рівні окремого волокна.

У власних попередніх тезах [12] обґрунтовано застосування сегментації методом watershed, який розглядає яскравість зображення як рельєф і проводить межі між сусідніми пучками там, де перепад яскравості між ними найбільший. Це дає змогу розділяти сусідні злиплі пучки для виявлення комплексів волокон. В роботі [12] введено робочий термін «ступінь розволокнення» для геометричного показника, спорідненого з офіційним терміном ДСТУ 4149:2003 «відокремлюваність» [1], але обчислюваного за даними поперечного перерізу, а не поздовжніх відрізків.

Аналіз останніх досліджень і публікацій свідчить про відсутність методу, який би на основі мікрозображення поперечного перерізу давав комплексну кількісну характеристику волоконних пучків (діаметр волокна, структурну частку волокна, ступінь розволокнення) для об'єктивного визначення функціональної придатності лубоволокнистої сировини.

Формування цілей статті (постановка завдання). Метою статті є удосконалення методу оцінки якості лубоволокнистої сировини шляхом розробки методу сегментації екземплярів мікрозображень поперечного перерізу, що забезпечує

Таблиця 1

Зіставлення стандартів оцінки якості технічного волокна

ASTM стандарт	Український відповідник	Стадія сировини	Спосіб оцінки
ASTM D7025-09 [5]	формально ДСТУ ISO 2370:2009; на практиці – ГОСТ 17514-93	тіпане (очищене) волокно	повітропроникність; органолептика й мікроскопія за ГОСТ
ASTM D6961/D6961M-09 [4]	метод міститься в ДСТУ 4015-2001 [13]	тіпане волокно	CIELAB (ASTM) проти органолептики (ДСТУ)
ASTM D7879-13(2018) [7]	прямого відповідника немає	окреме волокно	аналіз зображень одиничного волокна

Джерело: розроблено авторами на основі [14, 15].

об'єктивне обчислення морфометричних показників волокна, а також визначення функціональної придатності сировини для застосування у харчовій та текстильній галузях.

Завдання наукової праці: розробити та навчити модель сегментації екземплярів волоконних пучків на мікрозображеннях поперечного перерізу; запропонувати кількісні морфометричні показники на основі результатів сегментації; здійснити експериментальну валідацію розробленого методу та отриманих показників.

Виклад основного матеріалу. Об'єктом дослідження є процес визначення морфометричних показників лубоволокнистої сировини за мікрозображеннями поперечних зрізів технічного волокна. Предметом дослідження є метод сегментації екземплярів волоконних пучків та побудовані на його основі кількісні морфометричні показники. Сформовано власний набір даних для навчання моделі сегментації: 83 мікроскопічні зрізи з експертно розміченими 1984 екземплярами волоконних пучків (полігональні контури, площа, геометричний центр кожного пучка). Дані поділено на навчальну (79 зрізів) та валідаційну (4 зрізи) вибірки з фіксованим зерном генератора для відтворюваності. Валідаційні зрізи модель під час навчання не використовувала. Метод універсальний для будь-якої лубоволокнистої сировини: архітектура й конвеєр обробки не залежать від конкретної культури, а застосовність до іншої сировини визначається виключно складом навчального датасету, у цьому дослідженні сформованого на лляному волокні. Таким чином, сформований датасет забезпечує достатню основу для навчання моделі сегментації на щільно розташованих пучках.

В основу методу покладено архітектуру YOLO11s-seg із 10,07 млн параметрів. Архітектуру адаптовано під специфіку щільно розташованих дрібних об'єктів мікроскопії. Застосовано одноклясову конфігурацію детектора з єдиним класом «пучок». Вхідна роздільна здатність зображення становить 768 пікселів, що вище за стандартні для архітектури 640 пікселів. Використано доменно-орієнтовані аугментації: повороти, масштабування, мозаїку та вертикальне віддзеркалення. Вертикальне віддзеркалення застосовано тому, що поперечний зріз не має орієнтації «верх-низ». Реалізовано морфометричний постпроцесинг, що перетворює маски на полігональні контури з обчисленням площі та центру кожного пучка. Передбачено опційне калібрування пікселів у мікрометри. Додатково реалізовано модуль доменної передобробки зображень: вирівнювання глобального колірного балансу та адаптивне локальне підвищення контрасту CLAHE у просторі LAB. Наведені нижче метрики отримано на базовій конфігурації без застосування цього модуля. Оцінка внеску передобробки є предметом подальшої роботи. Навчання виконано оптимізатором AdamW до 200 епох із ранньою зупинкою. Поріг очікування ранньої зупинки становив 40 епох без поліпшення. Рання зупинка спрацювала на епосі 152. Найкращі ваги зафіксовано на епосі 112. Отже, обрана архітектура та режим навчання адаптовані під специфіку щільно розташованих дрібних об'єктів мікроскопії.

Таблиця 2

Кількісні показники сегментації на валідаційній вибірці

Показник	Маска (сегментація)	Рамка (детекція)
mAP@0,5	0,900	0,875
mAP@0,5–0,95	0,443	0,542
Точність (Precision)	0,842	0,754
Повнота (Recall)	0,833	0,841

Джерело: розраховано авторами за результатами власного експерименту.

Час аналізу одного зображення становить приблизно 33 мс на GPU NVIDIA GTX 1650 Ti у режимі FP32. Це швидкість обчислення показників на вже готовому мікрозображенні, без урахування часу підготовки зрізу та фотографування.

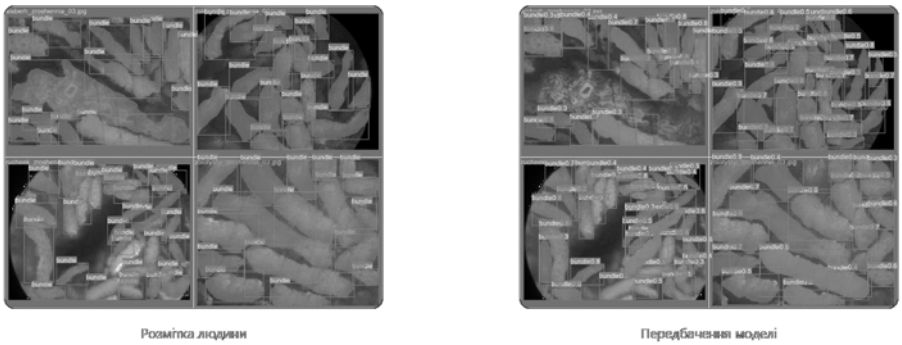


Рис. 1. Розмітка людини-анотатора (зліва) та передбачення моделі (справа) на прикладах тестових мікрозображень поперечних зрізів

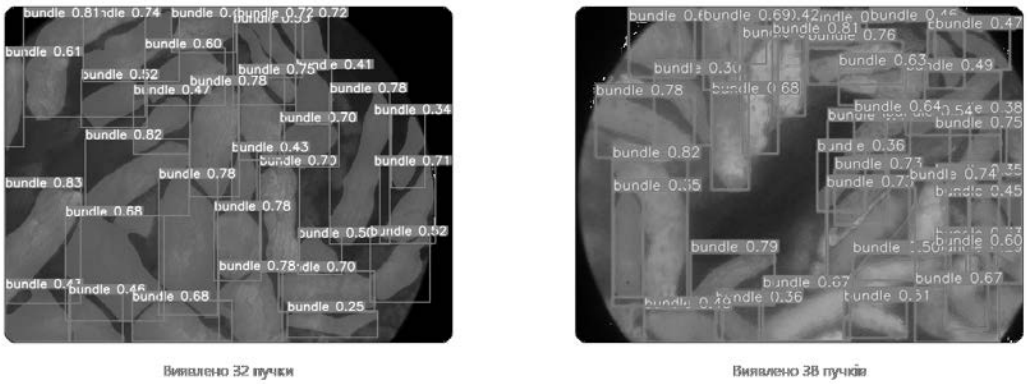


Рис. 2. Приклади виявлення волоконних пучків моделлю на тестових зображеннях поперечних зрізів

Отже, отримані метрики підтверджують придатність моделі для практичного застосування за високої точності та швидкодії.

Якісне порівняння розмітки людини-анотатора та передбачення моделі на прикладах тестових мікрозображень наведено на рис. 1.

Приклад виявлення волоконних пучків моделлю на тестових зображеннях із зазначенням кількості виявлених екземплярів наведено на рис. 2.

На основі геометричних характеристик, отриманих сегментацією (кількість пучків N, площа кожного пучка Si, площа перерізу стебла Sзрізу), запропоновано три показники.

1. Діаметр волокна. Формула дає умовний діаметр еквівалентного кола:

$$d = 2\sqrt{(\bar{S} / \pi)} \qquad (1)$$

де $\bar{S}$ позначає середню площу пучка. π є математичною сталою. Тонина волокна (лінійна щільність, текс) може бути визначена наступним кроком через діаметр (1) і густину матеріалу стінки ρ за підходом, адаптованим за Lorbach та ін. [8]. Передбачена верифікація проти ASTM D7025-09 [5] на підмножині зразків.

2. Структурна частка волокна (запропонований показник):

$$\text{Кф} = \Sigma Si / S\text{зрізу} \qquad (2)$$

де ΣSi позначає сумарну площу всіх виявлених пучків. Показник (2) побудований за аналогією з показником частки об'єму волокна (fiber volume content, FVC), застосовуваним у сегментаційному аналізі композитних матеріалів [10, 11]. Переведення у відсотковий вихід волокна потребує вагової калібрувальної вибірки.

3. Ступінь розволокнення. Кількість пучків N та їх середня площа $\bar{S}$ використовуються як геометричні кореляти ступеня поділу волокнистого комплексу на тонші складові пучки. Зростання кількості пучків N і зменшення середньої площі $\bar{S}$ супроводжує прогрес розщеплення волокна.

Отже, метод усуває потребу в ручному підрахунку пучків на мікрозображенні й додатково дає просторову картину їх розподілу в перерізі, чого не забезпечують чинні показники ДСТУ 4015-2001 [13]. На відміну від ASTM D7025-09 [5] і ASTM D6961-09 [4], що вимагають окремих фізичних процедур для кожного показника, запропонований метод обчислює діаметр волокна (1), структурну частку волокна (2) та ступінь розволокнення з одного мікрозображення. Вимірювання на пікселевому рівні забезпечує точність і відтворюваність, недосяжну для ручного вимірювання через окуляр-мікрометр. Обробка зображення за приблизно 33 мс не залежить від кількості пучків на зрізі, що забезпечує масштабованість методу для великих вибірок.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Розроблено метод сегментації екземплярів волоконних пучків лубоволокнистої сировини на основі архітектури YOLO11s-seg, що на валідаційній вибірці забезпечує mask mAP@0,5 = 0,900 за збалансованих точності й повноти (0,842/0,833) і часу аналізу приблизно 33 мс на зображення. На основі геометричних характеристик, отриманих сегментацією, запропоновано три морфометричні показники: умовний діаметр волокна (1), структурну частку волокна (2) та ступінь розволокнення (N, $\bar{S}$), для об'єктивного визначення функціональної придатності лубоволокнистої сировини.

Наукова цінність роботи полягає в заміні ручного підрахунку та вимірювання волоконних пучків об'єктивним автоматизованим методом, що додатково дає просторову картину їх розподілу в перерізі. Практична цінність полягає в обчисленні кількох морфометричних показників з одного зображення замість окремих фізичних процедур, передбачених ASTM D7025-09 та ASTM D6961-09.

Робота має обмеження, важливі для коректного застосування результатів. Підготовка мікрозрізу та фотографування лишаються спільним трудомістким етапом, який цей метод не скорочує. Показник діаметра потребує калібрування пікселів у мікрометри для переведення в абсолютні значення. Тонина як похідний показник потребує додатково

густини матеріалу стінки під конкретний вид сировини. Структурна частка волокна без вагової калібрувальної вибірки прямо не характеризує відсотковий вихід волокна, а надає лише відносний структурний орієнтир. Зв'язок ступеня розволокнення з капілярною структурою, релевантною для фільтрації, наразі є логічним припущенням, не підтвердженим прямим вимірюванням.

Перспективи подальших досліджень полягають у верифікації обчислюваних морфометричних показників проти реальних показників функціональної придатності. Зокрема, це стосується уточнення змісту показника площі перерізу (Sзрізу) для стадії технічного волокна. Наступним напрямом є формування калібрувальної серії з ваговими еталонами для переведення структурної частки волокна у відсотковий вихід. Також передбачено подальше вдосконалення нейромережевого методу та розширення анотованого датасету для підвищення точності сегментації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 4149:2003 Треста лляна. Технічні умови. [Чинний від 2004-07-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2004. 15 с.

2. Головенко Т.М., Тіхосова Г.А., Бартків Л.Г. Розроблення системи класифікації стебел льону олійного з метою їх промислового застосування. *Стандартизація, сертифікація, якість*. 2017. №3(106). С. 91–99.

3. Головенко Т.М., Янюк Т.І., Бойко Г.А., Дягілев А.С., Шовкомуд О.В. Перспективні методи й системи контролю якості інноваційної луб'яної сировини. *Наука та інновації*. 2019. Т. 15, № 3. С. 94–109.

4. ASTM D6961/D6961M-09. Standard Test Method for Color Measurement of Flax Fiber. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2009. 4 p.

5. ASTM D7025-09. Standard Test Method for Assessing Clean Flax Fiber Fineness. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2009. 6 p.

6. ASTM D7076-10. Standard Test Method for Measurement of Shives in Retted Flax. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2010. 4 p.

7. ASTM D7879-13(2018). Standard Test Method for Determining Flax Fiber Widths Using Image Analysis. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2018. DOI: 10.1520/D7879-13R18.

8. Lorbach C., Hirn U., Kritzinger J., Bauer W. Automated 3D measurement of fiber cross section morphology in handsheets. *Nordic Pulp and Paper Research Journal*. 2012. Vol. 27, No. 2. P. 264–269. DOI: 10.3183/NPPRJ-2012-27-02-p264-269.

9. Goudenhooft C., Bourmaud A., Baley C. Flax (Linum usitatissimum L.) Fibers for Composite Reinforcement: Exploring the Link Between Plant Growth, Cell Walls Development, and Fiber Properties. *Frontiers in Plant Science*. 2019. Vol. 10. Art. 411. DOI: 10.3389/fpls.2019.00411.

10. Chavoshi A., Kaufmann J., Cebulla H. Fiber Volume Content Characterization of Flax Fiber Reinforced Plastics Using Deep Learning. *SAMPE Europe Conference* 2024, Belfast, Northern Ireland.

11. Chavoshi A., Cebulla H., Kaufmann J. Natural Fiber Reinforced Plastics Characterization Through Neural Networks, Tackle the Small Training Dataset. SAMPE Europe Conference 2025, Amsterdam.

12. Kalinsky E., Levchenko D. Computer vision-based quality assessment of natural fiber raw materials for food and textile industry applications. Синергія науки і бізнесу 2026 : матеріали III Міжнар. наук.-практ. конф., ХНТУ, 22–24 квіт. 2026 р. : у 3 т. / за ред. О. В. Чепелюк. Львів ; Торунь : Liha-Pres, 2026. Т. 3. С. 117–119. URL: https://eir.kntu.net.ua/jspui/handle/123456789/2620.

13. Льон тіпаний. Технічні умови : ДСТУ 4015–2001. [Чинний від 2001-01-01]. Київ : Держстандарт України, 2001. 12 с.

14. Чурсіна Л.А., Калінський Є.О. Порівняльний аналіз системи оцінки якості лляної сировини в США і Україні. Проблеми розвитку та впровадження систем управління : зб. наук. пр. за матеріалами І Всеукр. наук.-практ. та студент. конф., м. Донецьк, 24–26 черв. 2011 р. Донецьк : ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», 2011. С. 63–68.

15. Калінський Є., Воронко О. Стандартизація лляної сировини: порівняльний аналіз досвіду США та України. *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*. 2024. Т. 335, № 3(1). С. 88–93. DOI: 10.31891/2307-5732-2024-335-3-12.

16. Beaugrand J., Guessasma S., Maigret J.-E. Damage mechanisms in defected natural fibers. *Scientific Reports*. 2017. Vol. 7. Art. 14041. DOI: 10.1038/s41598-017-14514-6.

17. Payen J., Vroman P., Lewandowski M., Perwuelz A., Callé-Chazelet S., Thomas D. Influence of fiber diameter, fiber combinations and solid volume fraction on air filtration properties in nonwovens. *Journal of Industrial Textiles*. 2012. DOI: 10.1177/0040517512449066.

REFERENCES

1. DSTU 4149:2003 (2004). *Tresta liana. Tekhnichni umovy* [Flax retted straw. Specifications]. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy. 15 p. [in Ukrainian]

2. Holovenko, T.M. & Tikhosova, H.A. & Bartkiv, L.H. (2017). Rozroblennia systemy klasyfikatsii stebel lonu oliinoho z metoiu yikh promyslovoho zastosuvannia [Development of a classification system for oilseed flax stalks for their industrial application]. *Standartyzatsiia, sertyfikatsiia, yakist – Standardization, Certification, Quality*, 3(106), 91-99. [in Ukrainian]

3. Holovenko, T.M. & Yaniuk, T.I. & Boiko, H.A. & Diahiliev, A.S. & Shovkomud, O.V. (2019). Perspektyvni metody y systemy kontroliu yakosti innovatsiinoi lub'ianoi syrovyny [Promising methods and systems for quality control of innovative bast raw materials]. *Nauka ta innovatsii – Science and Innovation*, 15(3), 94-109. [in Ukrainian]

4. ASTM D6961/D6961M-09. (2009). *Standard test method for color measurement of flax fiber*. ASTM International.

5. ASTM D7025-09. (2009). *Standard test method for assessing clean flax fiber fineness*. ASTM International.

6. ASTM D7076-10. (2010). *Standard test method for measurement of shives in retted flax*. ASTM International.

7. ASTM D7879-13(2018). (2018). *Standard test method for determining flax fiber widths using image analysis*. ASTM International. DOI: https://doi.org/10.1520/D7879-13R18

8. Lorbach, C. & Hirn, U. & Kritzinger, J. & Bauer, W. (2012). Automated 3D measurement of fiber cross section morphology in handsheets. *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, 27(2), 264-269. DOI: https://doi.org/10.3183/NPPRJ-2012-27-02-p264-269

9. Goudenhooft, C. & Bourmaud, A. & Baley, C. (2019). Flax (Linum usitatissimum L.) fibers for composite reinforcement: Exploring the link between plant growth, cell walls development, and fiber properties. *Frontiers in Plant Science*, 10, 411. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00411

10. Chavoshi, A. & Kaufmann, J. & Cebulla, H. (2024). Fiber volume content characterization of flax fiber reinforced plastics using deep learning. *Proceedings of the SAMPE Europe Conference 2024*. Belfast, Northern Ireland.

11. Chavoshi, A. & Cebulla, H. & Kaufmann, J. (2025). Natural fiber reinforced plastics characterization through neural networks, tackle the small training dataset. *Proceedings of the SAMPE Europe Conference 2025*. Amsterdam, Netherlands.

12. Kalinsky, E. & Levchenko, D. (2026). Computer vision-based quality assessment of natural fiber raw materials for food and textile industry applications. *Synergy of Science and Business 2026: Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Conference*, 3, 117-119. Available at: https://eir.kntu.net.ua/jspui/handle/123456789/2620

13. DSTU 4015-2001 (2001). *Lon tipanyi. Tekhnichni umovy* [Scutched flax fiber. Specifications]. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy. 12 p. [in Ukrainian]

14. Chursina, L.A. & Kalinskyi, Ye.O. (2011). Porivnialnyi analiz systemy otsinky yakosti lnianoi syrovyny v SShA i Ukraini [Comparative analysis of the flax raw material quality assessment system in the USA and Ukraine]. *Problemy rozvytku ta vprovadzhennia system upravlinnia*. Donetsk: Donetsk National Technical University. 63-68. [in Ukrainian]

15. Kalinskyi, Ye. & Voronko, O. (2024). Standartyzatsiia lnianoi syrovyny: porivnialnyi analiz dosvidu SShA ta Ukrainy [Standardization of flax raw materials: a comparative analysis of the experience of the USA and Ukraine]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Tekhnichni nauky – Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences*, 335(3(1)), 88-93. DOI: https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-335-3-12 [in Ukrainian]

16. Beaugrand, J. & Guessasma, S. & Maigret, J.-E. (2017). Damage mechanisms in defected natural fibers. *Scientific Reports*, 7, 14041. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-017-14514-6

17. Payen, J. & Vroman, P. & Lewandowski, M. & Perwuelz, A. & Callé-Chazelet, S. & Thomas, D. (2012). Influence of fiber diameter, fiber combinations and solid volume fraction on air filtration properties in nonwovens. *Journal of Industrial Textiles*. DOI: https://doi.org/10.1177/0040517512449066

Ye. Kalinsky, *PhD in Technical Sciences, Associate Professor;* ***H. Boiko,*** *Doctor of Technical Sciences, Associate Professor;* ***D. Levchenko,*** *PhD Student.* ***Automated Determination of Morphometric Indicators of Bast Fiber Raw Materials from Cross-Section Microimages***

Abstract. *Bast fiber raw materials are used in the textile, food, construction, and automotive industries, increasing the requirements for objective quality control of this material. Current assessment methods rely on separate physical procedures for each indicator and do not provide a unified spatial picture of fiber bundle distribution. The aim of the study is to improve the method for assessing bast fiber quality by developing an instance segmentation method for cross-section microimages, enabling objective calculation of morphometric indicators for determining fiber functional suitability.*

A dataset was formed from 83 microscopic cross-sections with 1984 expertly annotated fiber bundle instances. An instance segmentation model was developed and trained on the YOLO11s-seg architecture with a single-class detector and 768-pixel input resolution. Domain-specific augmentations and morphometric post-processing calculated the area and centroid of each detected bundle. Three morphometric indicators were proposed: equivalent fiber diameter, structural fiber fraction, and degree of defibration.

The model achieves mask mAP@0.5 of 0.900 on the validation set, with balanced precision (0.842) and recall (0.833). Analysis time per microimage is approximately 33 ms, independent of bundle count. The proposed method calculates all three indicators from a single microimage, whereas standardized methods such as ASTM D7025-09 and ASTM D6961-09 require separate physical procedures for each indicator.

Automated segmentation eliminates manual bundle counting and provides measurement accuracy and reproducibility unattainable through manual analysis with an eyepiece micrometer. The results confirm the method's suitability for objectively determining the functional suitability of bast fiber raw materials for food and textile industry applications, including the production of filtering materials.

Keywords: *bast fiber raw materials, computer vision, instance segmentation, morphometric indicators, YOLO, cross-section microscopy, quality control.*

Дата першого надходження статті до видання: 07.08.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 08.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

УДК 664.1:66.067.1
DOI https://doi.org/10.37734/2518-7171-2026-2-11

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

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РЕЖИМІВ БЕЗПЕРЕРВНОГО ТА ПЕРЕРИВЧАСТОГО РОЗБАВЛЕННЯ ПІД ЧАС ДІАФІЛЬТРАЦІЙНОГО ОЧИЩЕННЯ БУРЯКОВОГО ЕКСТРАКТУ САХАРОЗИ

Ю. Г. ЗМІЄВСЬКИЙ, доктор технічних наук, старший науковий співробітник
ORCID ID: 0009-0007-5383-5967

А. І. МАРИНІН, кандидат географічних наук, старший дослідник, доцент
ORCID ID: 0000-0001-6692-7472

Р. С. СВЯТНЕНКО, кандидат географічних наук, старший дослідник, старший науковий співробітник
ORCID ID: 0000-0003-0895-6982

Д. В. ГАРМАШ, доктор філософії, старший науковий співробітник
ORCID ID: 0000-0002-9591-9364

О. В. БОРТНІЧУК, кандидат технічних наук, доцент
ORCID ID: 0000-0003-4566-8306
(Національного університету харчових технологій)

Анотація. *Актуальність дослідження зумовлена необхідністю підвищення ресурсоефективності очищення бурякових екстрактів і зменшення втрат сахарози на мембранних стадіях виробництва. Ультрафільтрація дає змогу видаляти високомолекулярні нецукри за помірних температур, однак частина цільового компонента залишається в концентраті та втрачається разом із ним. Застосування діафільтрації створює передумови для додаткового вилучення сахарози, проте ефективність процесу істотно залежить від режиму подавання води, частки відібраного пермеату та кількості ступенів розбавлення. Тому порівняння безперервного і переривчастого режимів діафільтрації та встановлення раціональних параметрів їх проведення є актуальним науково-практичним завданням для розроблення енерго- та ресурсоефективних технологій цукрового виробництва.*

В роботі використано експериментальні дані ультрафільтрації інвертованого бурякового екстракту на мембранах з відсікаючою здатністю по молекулярній масі (Cut-off) 10 та 50 кДа. у лабораторній установці непроточного типу. Ефективна площа мембран становила $1{,}38 \cdot 10^{-3}$ і $3{,}42 \cdot 10^{-3}$ м². Нові мембрани ущільнювали фільтруванням дистильованої води протягом 2 год за тиску 0,8 МПа. Діафільтрацію оцінювали за матеріальними балансами цільового компонента для постійного об'єму та ступінчастого концентрування. Фактор проникності мембрани за сахарозою визначено експериментально-розрахунковим методом; для мембрани 10 кДа він становив 0,55.

Встановлено, що на першому ступені частка відібраного пермеату не повинна перевищувати 0,50 початкового об'єму через накопичення сухих речовин у концентраті. Після кожного наступного розведення допустимий відбір може бути підвищений до 0,80, а на завершальному ступені – до 0,90. За сумарного співвідношення $V_p/V_0 = 3{,}0$ розрахункові втрати сахарози з концентратом становили 1,9% для чотириступінчастого переривчастого режиму та 19,2% для безперервного режиму. Безперервне розбавлення потенційно забезпечує вищу питому продуктивність через нижчу концентрацію розчинених речовин, але утворює більш розбавлений пермеат і потребує більших енерговитрат на подальше концентрування.

Переривчасте чотириступінчасте розбавлення є раціональним режимом вилучення сахарози з концентрату мембраною (Cut-off) 10 кДа. Наукова новизна полягає у встановленні кількісної залежності залишкових втрат сахарози від режиму подавання діафільтраційної води та ступеня відбору пермеату. Запропонований режим може бути використаний під час проєктування ресурсоефективної технології очищення бурякових екстрактів.

Ключові слова: *ультрафільтрація, діафільтрація, буряковий екстракт, сахароза, мембрана (Cut-off) 10 кДа, переривчасте розбавлення, безперервне розбавлення.*

Постановка проблеми в загальному вигляді. Баромембранні процеси в цукровій промисловості досі застосовуються обмежено – здебільшого через великі обсяги виробництва та брак систематичних досліджень. У попередній роботі авторів [1] було експериментально досліджено ультрафільтраційне очищення інвертованого бурякового екстракту в установках непроточного типу застосовуючи мембрани із cut-off 10 та 50 кДа: показано залежність питомої продуктивності та селективності мембран від тиску й температури, і зроблено висновок про перевагу мембрани 10 кДа за селективністю. Водночас у цій публікації було зазначено, що жодна з двох мембран не забезпечує повного очищення розчину від баластних сполук, а вирішенням проблеми залишкової сахарози в концентраті може бути застосування діафільтрації – процесу, який у роботі [1] лише згадувався як напрям подальших досліджень і не супроводжувався даними.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Активне впровадження мембранних процесів в харчову промисловість пов'язано з можливістю розділяти розчини на молекулярному рівні, зберігаючи при цьому нативний стан цінних компонентів. Найбільш поширені баромембранні процеси: мікро-, ультрафіль трація, зворотній осмос, рушійною силою яких є різниця тиску. У цукровій промисловості ці технології практично не застосовуються, що пов'язано з великими обсягами виробництва та недостатньою кількістю наукових досліджень у цій області. Однак, відомі роботи, в яких описано, як ультрафільтрацією очищали від нецукрів дифузійні соки, отримані, як з тростини [1, 2], так і цукрового буряка [3–5]. Це дозволило знизити кольоровість і каламутність розчинів до 60 і 78% відповідно [1, 3, 4], при цьому спостерігалася низька селективність мембран по сахарозі – від 6,74 до 17,68% [2], що робило втрати цільового компонента з концентратом помірними. Для отримання високого ступеня очищення такого соку, необхідно його обробляти не тільки ультрафільтрацією, але і доочищувати адсорбентами або іонообмінними смолами [1].

Подальші дослідження підтвердили, що ефективність мембранного очищення залежить не лише від розміру пор мембрани, але й від її матеріалу, попереднього оброблення сировини та гідродинамічних умов процесу. Z. Zhu і H. Mhemdi досліджували тупикову ультрафільтрацію бурякового соку, одержаного з попередньо обробленої імпульсним електричним полем сировини [6].

Перспективність промислового застосування керамічних мембран підтверджено під час пілотних досліджень ультрафільтрації тростинного соку продуктивністю 5,5 м³/год [7]. Використання мембран із розміром пор 0,05 мкм забезпечило середній потік пермеату 119,13–142,43 дм³/(м²·год), зниження каламутності на 99,96% та кольоровості на 10,42%. Чистота очищеного соку підвищилася більш ніж на 1,2 одиниці.

J. Luo зі співавторами запропонували інтегровану схему мембранного очищення тростинного соку з використанням полімерних мембран за підвищеної температури [8]. Установлено, що температурний режим суттєво впливає на в'язкість соку, проникність мембрани, інтенсивність концентраційної поляризації та формування шару забруднень.

Перспективним напрямом є також очищення побічних продуктів цукрового виробництва. M. Sjölin зі співавторами дослідили керамічні ультра- та нанофільтраційні мембрани для очищення сахарози в буряковій мелясі [9]. Ультрафільтрація забезпечувала видалення переважно високомолекулярних і завислих домішок, тоді як нанофільтрація характеризувалася вищою селективністю щодо нецукрів і давала можливість ефективніше підвищувати чистоту сахарозного розчину.

Узагальнення сучасних досліджень, виконане H. Zhang зі співавторами, показало, що мембранні процеси дають змогу скоротити використання вапна, діоксиду сірки та інших реагентів, зменшити утворення осадів і одержувати цукрові розчини підвищеної якості [10].

Формування цілей статті. Метою дослідження є порівняння безперервного та переривчастого режимів розбавлення концентрату під час діафільтраційного очищення бурякового екстракту сахарози.

Матеріали і методи. Вихідний буряковий екстракт мав параметри, наведені в таблиці. 1.

Дослідження проводили на баромембранній лабораторній установці непроточного типу з ефективною площею мембран $1{,}38 \cdot 10^{-3}$ і $3{,}42 \cdot 10^{-3}$ м², на мембранах (Cut-off) 10 кДа та 50 кДа. Нові мембрани попередньо відпресовували протягом 2 год фільтруванням дистильованої води при тиску 0,8 МПа. Питому продуктивність і селективність визначали за стандартними для баромембранних процесів співвідношеннями об'єму пермеату до площі мембрани й часу відбору проби та відносної різниці концентрацій компонента в пермеаті й концентраті.

Таблиця 1

Параметри бурякового екстракту перед ультрафільтрацією [11]

Сухі речовин, %	Чистота, %	Концентрація сахарози, %	pH	Кольоровість, од. опт. густ.	Концентрація білків, %
14,5	88,5	13,3	4,7	2922	0,454

Для порівняння режимів розбавлення застосовували балансові рівняння діафільтраційного розділення двокомпонентних розчинів, що пов'язують концентрацію пермеату C_p і концентрату C_r з вихідною концентрацією C_0, об'ємом вихідного розчину V_0, об'ємом одержаного пермеату V_p і фактором проникності мембрани по цільовому компоненту P_c (0…1). Ці співвідношення дозволяють прогнозувати концентрацію сахарози в пермеаті й концентраті окремо для двох режимів ведення процесу:

Коефіцієнт відбору пермеату (відношення V_p/V_0) визначає, яку частку вихідного розчину можна пропустити крізь мембрану до моменту, коли вміст розчинених речовин у концентраті досягне 20% і вище – рівня, за яким питома продуктивність мембрани різко знижується. Величину P_c для мембрани 10 кДа розраховували на підставі експериментальних даних з попередніх досліджень [11].

Виклад основного матеріалу дослідження. Встановлено [11], що при тиску 0,3 МПа питома продуктивність мембрани 50 кДа досягала максимуму 12,2 дм³/(м²·год), тоді як продуктивність 10 кДа практично не залежала від тиску і трималася на рівні 6,7 дм³/(м²·год) у всьому дослідженому діапазоні. Селективність обох мембран за сухими речовинами, сахарозою і білками зростала при 0,5 МПа, що пояснюється ущільненням динамічного шару на поверхні мембрани. При підвищенні температури розчину від 30 до 85 °С селективність по білках зростала з 63,22 до 66,96%, а зниження кольоровості дещо послаблювалося – з 98,62 до 97,02%, при цьому селективність по сухих речовинах і сахарозі (37,93 і 43,61% відповідно) від температури не залежала. Оскільки нагрівання вище 60 °С додатково сприяє руйнуванню молекул сахарози, температурою 60 °С було визнано раціональну верхню межу процесу. Ці висновки визначили вихідні умови (мембрана 10 кДа, температура 60 °С), за яких надалі виконувалося порівняння режимів розбавлення.

Отримані дані [11] є підґрунтям для проведення експериментальних та теоретичних досліджень процесу діафільтрації. У таблиці 2 наведені результати попередніх експериментів, коли вихідний сік був розбавлений дистильованою водою в 2 і 10 разів. В обох випадках в пермеаті спостерігається низький вміст сахарози, що вимагає значних енерговитрат на її концентрування.

Також були проведені обчислення за допомогою розрахункових залежностей для визначення більш ефективного способу розділення бурякового екстракту з метою мінімальних втрат сахарози. Кількість розчинених речовин в концентраті, одержуваному при ультрафільтрації, як правило, не перевищує 20–24%, що пов'язано з різким зниженням питомої продуктивності мембран. Тому, якщо не застосовувати діафільтрацію [11], то втрати сахарози будуть значними [11].

Спочатку було визначено коефіцієнт відбору пермеату, який характеризує співвідношення об'єму пермеату Vp і початкового об'єму Vo розчину. Він показує, яку частину рідини можна пропустити крізь мембрану, до моменту, коли кількість розчинених речовин в концентраті досягне значень 20% і більше. Отримані дані зображені на рис. 1. Розрахунки були проведені за концентрацією сахарози за відповідними розрахунковими залежностями, значення P_c розраховане за експериментально-розрахунковим методом на підставі експериментальних даних. Для мембрани 10 кДа P_c = 0,55. З огляду на те, що крім сахарози в концентраті присутні й інші речовини, зроблено висновок, що відбір пермеату на першому етапі концентрування не повинен перевищувати 50%.

Таблиця 2

Результати експериментальних досліджень процесу діафільтрації (Р = 0,1 МПа, мембрана 10 кДа, температура 20 ° С)

Степінь розбавлення	Тип розчину	Сухі речовини, %	Концентрація сахарози, %	Кольоровість
у 2 рази	концентрат	7,2	6,1	46,6
	пермеат	6,3	~ 1,5	46,4
у 10 разів	концентрат	3,2	< 1,5	24,2
	пермеат	2,8	< 1,5	22,6

Таблиця 3

Ефективність вилучення сахарози (на 1 м³ вихідного розчину) [22]

Переривчате розбавлення					Постійне розбавлення			
етап	V_p/V_o	$\overline{C}$, %	V_p, м³	Втрати сахарози з концентратом, %	V_p/V_o	$\overline{C}$, %	V_p, дм³	Втрати сахарози з концентратом, %
1	0,5	8,43	0,5	68,3	0,5	6,37	0,5	76,1
2	1,3	7,42	1,3	27,5	1,3	5,25	1,3	48,7
3	2,1	5,66	2,1	10,6	2,1	4,34	2,1	31,5
4	3	4,35	3,0	1,9	3	3,58	3,0	19,2

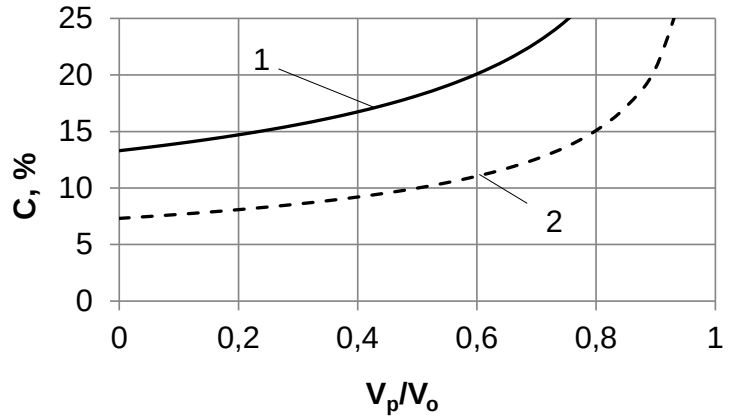


Рис. 1. Зміна концентрації сахарози в концентраті (1) і пермеаті (2) в залежності від кількості пермеата, що відбирається. Мембрана 10 кДа

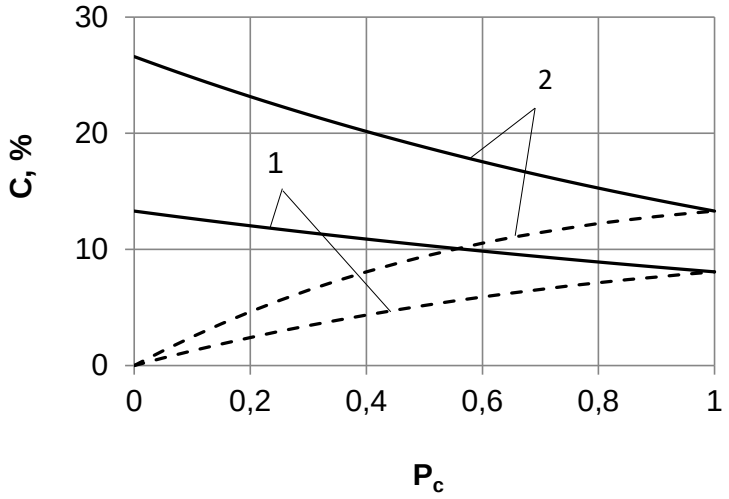


Рис. 2. Залежність концентрації сахарози в концентраті (суцільні лінії) і пермеаті (пунктирні лінії) в процесі постійного (1) та переривчатого (2) розбавлення від фактору проникності розчиненої речовини. При розрахунку брали V_p / V_o = 0,5

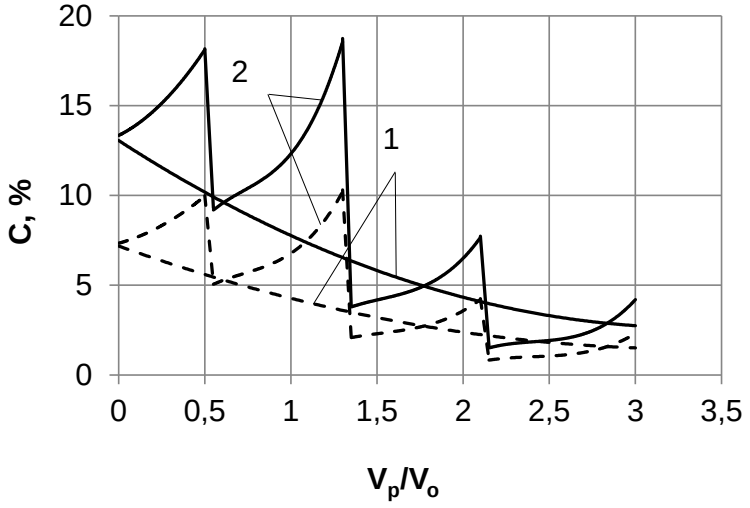


Рис. 3. Розрахункові значення зміни концентрації сахарози в концентраті (суцільні лінії) і пермеаті (пунктирні лінії) в процесі постійного (1) та переривчатого (2) розбавлення. Мембрана 10 кДа

На рис. 2 показано, як впливає P_c на концентрацію сахарози. При розрахунках приймалося співвідношення $V_p/V_o = 0,5$. Видно, що зменшення величини Pc негативно впливає на процес проникнення крізь мембрану сахарози, підвищуючи при цьому її втрати з концентратом. Однак, необхідно враховувати, що це покращує якість очищення від нецукрів. З експериментальних даних, можна зробити висновок, що для мембран зі значенням $P_c < 0,55$ (по сахарозі) ступінь очищення бурякового екстракту буде задовільним.

Було також спрогнозовано (рис. 3) процес постійного та переривчатого розбавлення (чотирьох ступінчастого). Розрахункові точки були апроксимовані відповідними рівняннями, з яких були отримані середні значення (за формулою (1)) концентрації сахарози на кожному етапі.

$$\bar{C} = \frac{1}{x - x_o} \cdot \int_{x_o}^{x} C(x) \cdot dx \qquad (1)$$

де – середня концентрація сахарози, %; x_o, x – початкове та кінцеве значення відрізку, на якому визначається середня величина ($x=V_p/V_o$); C(x) – функція зміни концентрації сахарози від величини x, отримана шляхом апроксимації розрахункових точок.

Розрахунки показали, що на другому і наступних етапах концентрування (при переривчастому розбавленні) відбір пермеату можна збільшити до 80%, а на останньому взагалі до 90%. Аналіз рис. 3 показує, що питома продуктивність мембран 10 кДа, швидше за все буде більше при постійному розбавленні, тому що кількість розчинених речовин протягом всього процесу буде менше. У таблиці 3 наведені дані щодо ефективності вилучення сахарози для обох випадків.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Встановлено:

1. Для ультрафільтраційного очищення інвертованого бурякового екстракту підтверджено доцільність використання мембрани 10 кДа; фактор її проникності за сахарозою становить Pc = 0,55.

2. На першому ступені концентрування відбір пермеату доцільно обмежувати значенням $V_p/V_o = 0,50$. Після розведення допустимий відбір можна підвищувати до 0,80, а на завершальному ступені – до 0,90.

3. За сумарного $V_p/V_o = 3,0$ розрахункові втрати сахарози з концентратом становлять 1,9% для чотириступінчастого переривчастого та 19,2% для безперервного режиму. Отже, за критерієм вилучення сахарози переривчасте розбавлення є ефективнішим.

4. Безперервний режим може забезпечувати вищу питому продуктивність мембрани завдяки нижчому вмісту розчинених речовин, але потребує більших витрат на подальше концентрування розбавленого пермеату.

Таким чином, для розділення бурякового екстракту раціонально використовувати мембрану 10 кДа, тому що у порівнянні з мембраною 50 КДА вона має вищу селективність за сухими речовинами на 29–34% та за білком на 5,5–6,4%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Hamachi M., Gupta B. B., Ben Aim R. Ultrafiltration: a means for decolorization of cane sugar solution. *Separation and Purification Technology*. 2003. Vol. 30. P. 229–239.

2. Bhattacharya P. K., Agarwal S., De S., Rama Gopal U. V. S. Ultrafiltration of sugar cane juice for recovery of sugar: analysis of flux and retention. *Separation and Purification Technology*. 2001. Vol. 21. P. 247–259.

3. Seres Z., Gyura J., Eszterle M., Djuric M. Separation of non-sucrose compounds from syrup as a part of the sugar-beet production process by ultrafiltration with ceramic membranes. *European Food Research and Technology*. 2006. Vol. 223, No. 6. P. 829–835.

4. Hakimzadeh V., Razavi S. M. A., Piroozifard Mir Kh., Shahidi M. The potential of microfiltration and ultrafiltration process in purification of raw sugar beet juice. *Desalination*. 2006. Vol. 200. P. 520–522.

5. Loginov M., Loginova K., Lebovka N., Vorobiev E. Comparison of dead-end ultrafiltration behaviour and filtrate quality of sugar beet juices obtained by conventional and "cold" PEF-assisted diffusion. *Journal of Membrane Science*. 2011. Vol. 377. P. 273–283.

6. Zhu Z., Mhemdi H. Dead end ultra-filtration of sugar beet juice expressed from cold electrically pre-treated slices: effect of membrane polymer on fouling mechanism and permeate quality. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2016. Vol. 36. P. 75–82. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.05.016.

7. Li W., Ling G.-Q., Shi C.-R., Li H. Pilot demonstration of ceramic membrane ultrafiltration of sugarcane juice for raw sugar production. *Sugar Tech*. 2017. Vol. 19. P. 83–88. DOI: https://doi.org/10.1007/s12355-016-0434-1.

8. Luo J., Hang X., Zhai W., Qi B., Song W., Chen X., Wan Y. Refining sugarcane juice by an integrated membrane process: filtration behavior of polymeric membrane at high temperature. *Journal of Membrane Science*. 2016. Vol. 509. P. 105–115. DOI: https://doi.org/10.1016/j.memsci.2016.02.053.

9. Sjölin M., Thuvander J., Wallberg O., Lipnizki F. Purification of sucrose in sugar beet molasses by utilizing ceramic nanofiltration and ultrafiltration membranes. *Membranes*. 2020. Vol. 10, No. 1. Article 5. DOI: https://doi.org/10.3390/membranes10010005.

10. Zhang H., Luo J., Liu L., Chen X., Wan Y. Green production of sugar by membrane technology: how far is it from industrialization? *Green Chemical Engineering*. 2021. Vol. 2, No. 1. P. 27–43. DOI: https://doi.org/10.1016/j.gce.2020.11.006.

11. Сизоненко О. І., Змієвський Ю. Г., Крапивницька І. О., Мирончук В. Г. Дослідження процесу ультрафільтраційного очищення інвертованого бурякового екстракту. *Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences*. 2015. Vol. III(6), Issue 54. С. 67–69.

REFERENCES

1. Hamachi, M., Gupta, B. B., & Ben Aim, R. (2003). Ultrafiltration: A means for decolorization of cane sugar solution. *Separation and Purification Technology*, 30, 229–239. https://doi.org/10.1016/S1383-5866(02)00145-4

2. Bhattacharya, P. K., Agarwal, S., De, S., & Rama Gopal, U. V. S. (2001). Ultrafiltration of sugar cane juice for recovery of sugar: Analysis of flux and retention. *Separation and Purification Technology*, 21, 247–259. https://doi.org/10.1016/S1383-5866(00)00209-4

3. Šereš, Z., Gyura, J., Eszterle, M., & Djurić, M. (2006). Separation of non-sucrose compounds from syrup as a part of the sugar-beet production process by ultrafiltration with ceramic membranes. *European Food Research and Technology,* 223(6), 829–835. https://doi.org/10.1007/s00217-006-0276-2

4. Hakimzadeh, V., Razavi, S. M. A., Piroozifard, M. K., & Shahidi, M. (2006). The potential of microfiltration and ultrafiltration process in purification of raw sugar beet juice. *Desalination*, 200, 520–522.

5. Loginov, M., Loginova, K., Lebovka, N., & Vorobiev, E. (2011). Comparison of dead-end ultrafiltration behaviour and filtrate quality of sugar beet juices obtained by conventional and cold PEF-assisted diffusion. *Journal of Membrane Science,* 377, 273–283.

6. Zhu, Z., & Mhemdi, H. (2016). Dead end ultra-filtration of sugar beet juice expressed from cold electrically pretreated slices: Effect of membrane polymer on fouling mechanism and permeate quality. *Innovative Food Science & Emerging Technologies,* 36, 75–82. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.05.016

7. Li, W., Ling, G.-Q., Shi, C.-R., & Li, H. (2017). Pilot demonstration of ceramic membrane ultrafiltration of sugarcane juice for raw sugar production. *Sugar Tech*, 19, 83–88. https://doi.org/10.1007/s12355-016-0434-1

8. Luo, J., Hang, X., Zhai, W., Qi, B., Song, W., Chen, X., & Wan, Y. (2016). Refining sugarcane juice by an integrated membrane process: Filtration behavior of polymeric membrane at high temperature. *Journal of Membrane Science*, 509, 105–115. https://doi.org/10.1016/j.memsci.2016.02.053

9. Sjölin, M., Thuvander, J., Wallberg, O., & Lipnizki, F. (2020). Purification of sucrose in sugar beet molasses by utilizing ceramic nanofiltration and ultrafiltration membranes. *Membranes*, 10, 5. https://doi.org/10.3390/membranes10010005

10. Zhang, H., Luo, J., Liu, L., Chen, X., & Wan, Y. (2021). Green production of sugar by membrane technology: How far is it from industrialization? *Green Chemical Engineering*, 2(1), 27–43. https://doi.org/10.1016/j.gce.2020.11.006

11. Syzonenko, O. I., Zmiievskyi, Yu. H., Krapyvnytska, I. O., & Myronchuk, V. H. (2015). Doslidzhennia protsesu ultrafiltratsiinoho ochyshchennia invertovanoho buriakovoho ekstraktu [Investigation of ultrafiltration purification of inverted beet extract]. *Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences,* III(6), 54, 67–69 [in Ukrainian].

Yu. Zmiievskyi*, DSc, Senior Researcher;* ***A. Marynin****, PhD, Senior Researcher, Associate Professor;* ***R. Sviatnenko****, PhD, Senior Researcher;* ***D. Harmash****, PhD, Senior Researcher;* ***O. Bortnichuk****, PhD, Associate Professor (National University of Food Technologies).* ***Comparative analysis of continuous and discontinuous dilution modes in the diafiltration purification of sucrose-containing beet extract***

Abstract. *The relevance of this study stems from the need to improve the resource efficiency of beet extract purification and reduce sucrose losses during membrane processing. Ultrafiltration enables the removal of high-molecular-weight non-sugars at moderate temperatures; however, a portion of the target component remains in the retentate and is consequently lost with it. The application of diafiltration creates opportunities for additional sucrose recovery, although process efficiency depends substantially on the mode of water addition, the fraction of permeate withdrawn, and the number of dilution stages. Therefore, comparing continuous and discontinuous diafiltration modes and determining rational operating parameters constitute a relevant scientific and practical objective in the development of energy– and resource-efficient sugar-production technologies.*

The study used experimental data obtained from the ultrafiltration of inverted beet extract through membranes with molecular weight cut-offs (MWCOs) of 10 and 50 kDa in a laboratory-scale dead-end filtration unit. The effective membrane areas were 1.38 × 10⁻³ and 3.42 × 10⁻³ m², respectively. Before use, the new membranes were compacted by filtering distilled water for 2 h at a pressure of 0.8 MPa. Diafiltration performance was evaluated using mass balances of the target component under constant-volume and stepwise concentration conditions. The membrane transmission coefficient for sucrose was determined using a combined experimental and calculation-based method; for the 10 kDa membrane, its value was 0.55.

It was established that, during the first stage, the fraction of permeate withdrawn should not exceed 0.50 of the initial feed volume because of the accumulation of total solids in the retentate. After each subsequent dilution, the permissible permeate withdrawal may be increased to 0.80, and up to 0.90 during the final stage. At an overall permeate-to-initial-feed volume ratio of (V_p/V_0 = 3.0), the calculated sucrose losses with the retentate were 1.9% for the four-stage discontinuous diafiltration mode and 19.2% for the continuous mode. Continuous dilution can potentially provide higher specific productivity owing to the lower concentration of dissolved solids; however, it produces a more dilute permeate and requires greater energy input for subsequent concentration.

Four-stage discontinuous dilution was found to be a rational operating mode for recovering sucrose from the retentate using a membrane with an MWCO of 10 kDa. The scientific novelty of the study lies in establishing a

quantitative relationship between residual sucrose losses, the mode of diafiltration-water addition, and the extent of permeate withdrawal. The proposed operating mode can be applied in the design of a resource-efficient technology for beet extract purification.

Keywords: *ultrafiltration, diafiltration, beet extract, sucrose, 10 kDa MWCO membrane, discontinuous dilution, continuous dilution.*

Інформація про використання штучного інтелекту. Під час підготовки статті інструменти штучного інтелекту використовувалися виключно для мовного редагування, перевірки граматики, перекладу або інших допоміжних завдань, без використання згенерованих ними об'єктів як результатів академічної діяльності.

Дата першого надходження статті до видання: 14.08.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

ІННОВАЦІЙНІ ПРОЦЕСИ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

УДК 664.694
DOI https://doi.org/10.37734/2518-7171-2026-2-12

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

СЕНСОРНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕЗГЛЮТЕНОВИХ МАКАРОННИХ ВИРОБІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ПОПЕРЕДНЬО КЛЕЙСТЕРИЗОВАНОГО АМАРАНТОВОГО БОРОШНА

К. В. КОСТЕЦЬКА, кандидат сільськогосподарських наук, доцент
ORCID ID: 0000-0003-2387-5400
О. П. ГЕРАСИМЧУК, кандидат сільськогосподарських наук, доцент
ORCID ID: 0000-0003-4242-0946
Р. С. ГРИЩУК, аспірант
ORCID ID: 0009-0008-0108-1654
Д. А. КОЛІСНИК, здобувач вищої освіти
ORCID ID: 0009-0008-9021-1210
(Уманський національний університет)

Анотація. *Макаронні вироби є традиційним продуктом харчування для широкої верстви населення України та Світу. Для спеціального дієтичного споживання серед харчових продуктів особливе місце посідає продукція, що розробляється для категорії людей із захворюванням, що спричинений непереносимістю глютену. Проведено аналіз виробництва харчових продуктів для населення, що хворіє на целіакію. Метою дослідження є оптимізація рецептурного складу та оцінка сенсорних показників безглютенових макаронних виробів, виготовлених методом екструзії на основі борошна амаранту з різним ступенем попередньої клейстеризації крохмалю. Проведено серію лабораторних випробувань для встановлення оптимального гідромодуля тіста. За фіксованої вологості тістових мас на рівні 40%, адаптованої до високої водопоглинальної здатності амарантового борошна, досліджено вплив рівнів введення попередньо клейстеризованої борошняної заварки (15%, 25% та 35% від загальної маси борошна) на їхні реологічні властивості та якісні характеристики готових виробів. Установлено, що за відсутності попереднього термооброблення сировини тісто характеризується високою ламкістю та клейкістю, що унеможливлює формування стабільної структури через брак клейковинного каркаса в амарантовому борошні. Клейстеризований амілопектиновий крохмаль виконує роль структурного матриксу, що створює тривимірну сітку, здатну утримувати крохмальні гранули під час формування та варіння макаронних виробів. Водночас надмірне введення завареної фази (35%) призводить до деструкції білково-крохмальної матриці під дією зсувних деформацій в екструдері, що збільшує втрати сухих речовин у воду для варіння. Визначено оптимальну частку клейстеризованого борошна на рівні 25%, що забезпечує високі органолептичні, реологічні та фізико-хімічні показники готового продукту.*

Ключові слова: *безглютенові макаронні вироби, борошно амарантове, клейстеризація крохмалю, органолептичні показники якості.*

Постановка проблеми. Згідно з положеннями *Codex Alimentarius*, безглютенові продукти призначені для дієтотерапії хворих на целіакію (що вражає близько 1% світового населення) і не повинні містити проламінів пшениці, жита, ячменю, а граничний вміст глютену не має перевищувати 20 мг/кг (20 ppm) [1].

Традиційні макаронні вироби виготовляють із борошна твердої чи м'якої пшениці (вищого сорту), де структурно-механічну основу форми та міцність забезпечує тривимірний еластично-пружний клейковинний каркас, сформований білками гліадином та глютеніном.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Автори [2] обґрунтували потенціал нетрадиційних, високоякісних інгредієнтів, таких як борошно з псевдозлаків, бобових та олійних культур як техно-функціональних інгредієнтів для нових безглютенових преміксів. Розроблення безглютенових макаронних виробів є складним технологічним завданням через відсутність цього каркаса, що призводить до незадовільної консистенції виробів та високих втрат сухих речовин у воду під час кулінарного оброблення. Перспективною сировиною для вирішення цієї проблеми є псевдозернова культура – амарант [5]. Борошно цієї культури характеризується високим вмістом повноцінного за амінокислотним складом білка (13–18%, з високим рівнем лізину (у 2–2,5 раза більше, ніж у пшениці), триптофану, гістидину

та сірковмісного метіоніну), значною кількістю харчових волокон, вітамінів Е, групи В, а також есенціальних мікроелементів (магнію, заліза). Проте технологічне застосування такого борошна обмежене відсутністю клейковинноутворювальних білків [3]. Для формування зв'язаної структури тіста в безглютенових технологіях необхідне штучне створення гідроколоїдної матриці шляхом часткової теплової модифікації крохмалю – попередньої клейстеризації.

Метою дослідження є оптимізація рецептурного складу та оцінка сенсорних показників безглютенових макаронних виробів, виготовлених методом екструзії на основі борошна амаранту з різним ступенем попередньої клейстеризації крохмалю.

Завдання дослідження: обґрунтувати та експериментально підтвердити вибір сировини для отримання основних рецептурних інгредієнтів, які використовуються при створенні безглютенових макаронних виробів і встановити вплив складу і властивостей рецептурних компонентів на органолептичні характеристики продукції.

Методика дослідження. Дослідження проведено на базі кафедри харчових технологій Уманського національного університету. З логічною послідовністю і точністю, згідно методик, що описані в стандартах, виконувалися підбір сировини та досліди готових виробів та їх аналіз. Об'єктом дослідження була якість безглютенових макаронних виробів.

Для проведення експерименту використовували насіння амаранту, вирощене в умовах Національного ботанічного саду ім. М. М. Гришка НАН України. Перед замісом тіста насіння піддавали подрібненню до отримання дисперсної маси (борошна) з розміром частинок не більше 0,7 мм. Контроль ступеня подрібнення здійснювали шляхом ситового аналізу за величиною проходу крізь лабораторне сито з розміром чарунок 0,7 мм.

Рецептура макаронних виробів. Рецептурний склад безглютенових дослідних зразків наведено в табл. 1.

Гідротермічне оброблення для формування клейстеризованої фази здійснювали шляхом приготування борошняної заварки з гідромодулем 1:4 (масова частка борошна в замісі заварки – 20%). Отриману водно-борошняну суспензію нагрівали до температури 78–82 °С у водяній бані протягом 30 хв до повної клейстеризації крохмалю.

У рецептурах дослідних зразків клейстеризованою фазою замінювали відповідно 15%, 25 та 35% борошна амарантового від його загальної маси. Охолоджену до температури 35–40 °С борошняну заварку змішували з рештою сухого борошна та сіллю в міксері протягом 8–10 хв до отримання однорідної маси (макаронної крупки).

Формування проводили за допомогою побутового макаронного преса (діаметр матриці 1,65 мм, температура тіста до 45 °С). Сушіння сформованих макаронних виробів здійснювали за комбінованим диференційованим режимом. Початковий етап високотемпературного сушіння проводили за температури 70–80 °С протягом 1 години для швидкої фіксації крохмальної матриці. На наступному етапі здійснювали плавне охолодження та стабілізацію виробів у сушильній камері за температури 45–50 °С та відносної вологості повітря 70–75% впродовж 2–3 годин з метою зняття внутрішньої напруги та запобігання розтріскуванню. Фінальне витримування (акліматизацію) проводили за температури 20–22 °С протягом 20 годин до досягнення залишкової вологості виробів менше 12,5%.

Контролем слугував зразок, виготовлений зі 100% борошна амарантового без попередньої клейстеризації (вологість тіста 40%).

Для порівняння також брали зразок, виготовлений зі 100% пшеничного борошна вищого сорту (вологість тіста 32%).

Сенсорний аналіз та споживчі характеристики. Органолептичні показники (табл. 2) зразків варених макаронних виробів з амарантового борошна оцінювали методом сенсорного аналізу. Дегустаційна комісія складалася з 5 споживачів без попередньої спеціальної підготовки. Для аналізу кожному учаснику надавали приблизно 3 г кожного зразка безпосередньо після відварювання (протягом оптимального часу варіння).

Таблиця 1

Рецептурний склад дослідних зразків безглютенових макаронних виробів

Інгредієнти	Контроль	Зразок 1 (15% завареної фази)	Зразок 2 (25% завареної фази)	Зразок 3 (35% завареної фази)
Борошно амарантове (попередньо клейстеризоване), %	–	8,85	14,75	20,65
Фактичний гідромодуль борошняної заварки	–	1:4,00	1:4,00	1:1,94
Борошно амарантове (без попередньої клейстеризації), %	59	50,15	44,25	38,35
Вода на приготування заварки, %	0,0	35,4	59,0	40,0
Вода на замішування тіста, %	40,0	4,6	0,0	0,0
Сіль, %	1	1	1	1

Оцінювання здійснювали шляхом заповнення двох типів дегустаційних листів. Перший лист містив профільну 5-бальну шкалу для оцінки базових сенсорних властивостей за 5 дескрипторами: зовнішній вигляд і колір, запах (аромат), смак, текстура (у т. ч. клейкість та твердість) і загальна прийнятність. Другий лист використовували для гедонічного аналізу за 5-бальною шкалою (де 1 – «дуже не подобається», 5 – «дуже подобається») з метою визначення споживчих переваг та потенційного наміру придбати розроблений продукт.

Результати досліджень та обговорення. Органолептична оцінка зразків безглютенових макаронних виробів на основі борошна амарантового є ключовим індикатором їх споживчої спроможності, оскільки введення нетрадиційної сировини та зміна технологічних параметрів замісу безпосередньо трансформують текстурні, смакові та візуальні характеристики готового продукту. Дегустаційну оцінку відварених зразків проводили за 5-бальною шкалою за такими дескрипторами: зовнішній вигляд, колір, аромат, смак та консистенція (текстура).

Колір та зовнішній вигляд. Борошно амарантове надає виробам специфічного сірувато-кремового або світло-коричневого відтінку з помітними вкрапленнями темних частинок оболонок зерна, що суттєво відрізняє їх від традиційного пшеничного еталону яскраво-жовтого кольору. Контрольний зразок після варіння отримав найнижчу оцінку за зовнішнім виглядом (3,1±0,2 бала) через виражену деформацію, наявність мікротріщин на поверхні та втрату чіткості геометричної форми. Введення попередньо клейстеризованої фази (заварки) сприяло стабілізації кольору та покращенню стану поверхні. Зразки 1 та 2 характеризувалися однорідним кремовим забарвленням із приємним матовим відтінком та гладкою, нелипкою поверхнею. У Зразку 3 (35% заварки) зафіксовано погіршення зовнішнього вигляду (3,6±0,3 бала) внаслідок часткового оплавлення контурів виробів через надмірне набухання поверхневих шарів.

Аромат і смак. Специфічний, глибокий горіхово-землистий аромат амаранту є домінуючим у контрольному зразку. Окремі дегустатори відзначали легкий трав'янистий присмак, який може сприйматися споживачами неоднозначно. Гідротермічне оброблення борошна під час приготування заварки (Зразки 1, 2, 3) зумовило часткову деактивацію ліполітичних ферментів та перерозподіл летких компонентів, що призвело до пом'якшення органолептичного профілю. Смак став більш збалансованим, набувши виражених приємних ноток підсмаженого горіха чи зернових пластівців, без сторонніх відтінків трави чи гіркоти. Найвищі оцінки за смаковими якостями отримав Зразок 2 (4,7±0,2 бала).

Консистенція та текстура. Цей дескриптор виявився найбільш чутливим до структурних змін. Контрольний зразок після варіння мав пухку, неоднорідну консистенцію, легко розвалювався під час механічного впливу та характеризувався підвищеною липкістю поверхні через інтенсивний вихід амілози у воду для варіння. Зразок 1 (15% заварки) продемонстрував кращу зв'язаність, проте залишався недостатньо пружним.

Зразок 2 (25% заварки) отримав максимальну оцінку за консистенцію (4,8±0,1 бала). Його текстура була щільною, помірно пружною, наближеною до стану *al dente*, з повною відсутністю липкості чи розварювання. Це підтверджує, що 25% клейстеризованого крохмалю є оптимумом для формування тривимірної безглютенової матриці, яка міцно утримує вологу. Подальше збільшення частки заварки до 35% (Зразок 3) викликало ефект «гумоподібної» або надмірно затяжної консистенції; вироби втрачали пружність на користь в'язкості, ставали липкими, що негативно вплинуло на загальне сприйняття продукту.

Таким чином, за результатами комплексного сенсорного профілювання, зразок із заміною 25% борошна на попередньо клейстеризовану заварку (Зразок 2) визнано оптимальним. Він продемонстрував гармонійне поєднання пружної текстури,

Таблиця 2

Органолептичні показники якості експериментальних макаронних виробів (n=5, P≥0,95)*

Показник	Контроль	Зразок 1 (15% завареної фази)	Зразок 2 (25% завареної фази)	Зразок 3 (35% завареної фази)	Пшеничний зразок (еталон)
Зовнішній вигляд	3,1±0,2a	4,2±0,1b	4,8±0,1c	3,6±0,3d	4,9±0,1c
Колір	3,8±0,1a	4,4±0,2b	4,6±0,1b	4,1±0,2a,b	5,0±0,0c
Запах (аромат)	3,5±0,3a	4,2±0,1b	4,7±0,2c	4,5±0,2b,c	4,8±0,1c
Смак	3,4±0,2a	4,1±0,3b	4,7±0,2c	4,0±0,1b	4,9±0,1c
Консистенція (текстура)	2,2±0,3a	3,8±0,2b	4,8±0,1c	3,2±0,2d	5,0±0,0c
Загальна прийнятність**	3,28±0,22	4,14±0,18	4,72±0,14	3,88±0,20	4,92±0,06

Примітки:

* – літерами (a, b, c, d) у межах одного рядка позначено статистично значущі відмінності між зразками за критерієм Тьюкі (P<0,05). Якщо літери збігаються, різниця між зразками за цим показником є статистично незначущою (P>0,05).

** – середнє арифметичне усіх п'яти дескрипторів для кожного зразка.

гладкої поверхні та пом'якшеного горіхового присмаку, що робить його конкурентоспроможним на ринку безглютенових дієтичних продуктів.

Що стосується споживчого тесту, учасники експерименту віддали перевагу макаронним виробам з борошна пшеничного. Однак, перед дегустацією макаронних виробів 80% учасників зазначили, що безглютенові макаронні вироби вони «ймовірно були б готові споживати» у повсякденному житті. Такий самий відсоток був зафіксований для контрольного зразку з 100% борошна амарантового. Після дегустації відсоток переваги знизився. Дійсно, лише 60% учасників зазначили, що «ймовірно, готові споживати» контрольний зразок. Це зниження було пов'язане переважно з текстурою макаронних виробів з амаранту та їхнім зовнішнім виглядом.

Висновки. За результатами комплексного оцінювання органолептичних властивостей та текстурного профілю (4,6±0,2 бала), найкращі показники якості продемонстрував Зразок 2 (25% завареної фази). Він характеризується щільною, пружною, формоутримувальною структурою, позбавленою липкості, та гармонійним органолептичним профілем із приємним горіховим присмаком, що дозволяє рекомендувати його як базову технологічну модель у виробництві безглютенових макаронних виробів підвищеної біологічної цінності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Osokina N., Kostetska K., Kysil A., Priss O. Devising an approach to assessing the quality of gluten-free bread of new recipes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies: Technology and Equipment of Food Production.* 2025. Vol. 6. No. 11. (138). P. 38–46. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.345357

2. Coronel E.B., Ixtaina V.Y., Capitani M.I. Nutritional and Functional Characterization of Chia Expeller and Gluten-Free Flours as Ingredients for Premixes. *Plant Foods for Human Nutrition*, 2025, Sep 6; 80(3), P. 155. https://doi.org/10.1007/s11130-025-01402-y

3. Caratini C., Rosentrater K.A. Developing and testing gluten-free spaghetti using quinoa. *Journal of Food Research*, 2019, Vol. 8, No. 5, pp. 20–32. https://doi.org/10.5539/jfr.v8n5p20

4. Fiorda F.A., Junior M.S.S., Da Silvia F.A., Fontinelle S.L.R., Eiras G.M.V. Amaranth flour, cassava starch and cassava bagasse in the production of gluten-free pasta: technological and sensory aspects. *International Journal of Food Science and Technology,* 2013, 48, 1977–1984. https://doi.org/10.1111/ijfs.12179

5. Chen D., Inglett G.E., Liu S.X. Antioxidant Activities of Selective Gluten Free Ancient Grains. *Food and Nutrition Sciences,* 2015, 6, pp. 612–621. https://doi.org/10.4236/fns.2015.67065

6. Agama A.E., Islas H.J.J., Osorio D.P., Rendon,V.R., Utrilla C.R.G., Angulo O., Bello P. L. A. Pasta With Unripe Banana Flour: Physical, Texture, and Preference Study. *Journal of Food Science,* 2009, 74, pp. 263–267. https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01215.x

7. Bustos M.C., Perez G.T., Leon A.E. Structure and quality of pasta enriched with functional ingredients. *The Royal Society of Chemistry,* 2015, 5, 80–92. https://doi.org/10.1039/C4RA11857J

8. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES), 2013. *Les proteins*. Retrieved from https://www.anses.fr/fr/content/les-prot%C3%A9ines

9. Arendt E.B., Dal Bello F. *The Science of Gluten-Free Foods and Beverages.* Minnesota: American Association of Cereal Chemist. 2009. Chapter 4, Gluten-Free Cereal Products and Beverages, pp. 89–90. https://doi.org/10.1094/9781891127670

10. Atwell B., Engleson J. Gluten free Product Development. *Quality Assurance & Food Safety,* 2008, *53*(4), pp. 180–184. https://doi.org/10.1094/CFW-53-4-0180

11. Рахметов Д.Б., Костецька К.В., Ковтун-Водяницька С.М., Рахметова С.О., Клименко С.О. Сенсорне оцінювання макаронних виробів збагачених борошном із рижію та гірчиці. *Таврійський науковий вісник*, 2024. № 139. Частина 2. С. 236–241. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.139.2.30

12. Guine R.P.F., Correia P.M.R. Engineering Aspects of Cereal and Cereal-Based Product. CRC Press: Florida, 2014. Chapter 10, Pasta, pp. 211–238.

REFERENCES

1. Osokina, N., Kostetska, K., Kysil, A., Priss, O. (2025). Devising an approach to assessing the quality of gluten-free bread of new recipes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies: Technology and Equipment of Food Production.* 2025. Vol. 6. No. 11. (138). P. 38–46. doi: 10.15587/1729-4061.2025.345357

2. Coronel, E.B., Ixtaina, V.Y., Capitani, M.I. (2025). Nutritional and Functional Characterization of Chia Expeller and Gluten-Free Flours as Ingredients for Premixes. *Plant Foods for Human Nutrition*, Sep 6; 80(3), 155. doi: 10.1007/s11130-025-01402-y

3. Caratini, C., Rosentrater, K. A. (2019). Developing and testing gluten-free spaghetti using quinoa. *Journal of Food Research*; Vol. 8, No. 5; Pp. 20–32. doi: 10.5539/jfr.v8n5p20

4. Fiorda, F. A., Junior, M. S. S., Da Silvia, F. A., Fontinelle, S. L.R., & Eiras, G. M. V. (2013). Amaranth flour, cassava starch and cassava bagasse in the production of gluten-free pasta: technological and sensory aspects. *International Journal of Food Science and Technology,* 48, 1977–1984. https://doi.org/10.1111/ijfs.12179

5. Chen, D., Inglett, G. E., & Liu, S. X. (2015). Antioxidant Activities of Selective Gluten Free Ancient Grains. *Food and Nutrition Sciences, 6*, 612–621. doi: 10.4236/fns.2015.67065

6. Agama, A. E., Islas, H. J. J., Osorio, D. P., Rendon, V. R., Utrilla, C. R. G., Angulo, O., & Bello, P. L. A. (2009). Pasta With Unripe Banana Flour: Physical, Texture, and Preference Study. *Journal of Food Science, 74*, 263–267. doi: 10.1111/j.1750-3841.2009.01215.x

7. Bustos, M. C., Perez, G. T., & Leon, A. E. (2015). Structure and quality of pasta enriched with functional ingredients. *The Royal Society of Chemistry, 5*, 80–92. doi: 10.1039/C4RA11857J

8. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES), (2013). *Les proteins*. Retrieved from https://www.anses.fr/fr/content/les-prot%C3%A9ines

9. Arendt, E. B., & Dal Bello, F. (2009). *The Science of Gluten-Free Foods and Beverages.* Minnesota: American Association of Cereal Chemist. Chapter 4, Gluten-Free Cereal Products and Beverages, pp. 89–90. doi: 10.1094/9781891127670

10. Atwell, B., & Engleson, J. (2008). Gluten free Product Development. *Quality Assurance & Food Safety, 53*(4), 180–184. doi: 10.1094/CFW-53-4-0180

11. Rakhmetov D.B., Kostetska K.V., Kovtun-Vodianytska S.M., Rakhmetova S.O., Klymenko S.O. (2024). Sensory evaluation of pasta enriched with camelina and mustard flour [Sensorne otsiniuvannia makaronnykh vyrobiv zbahachenykh boroshnom iz ryzhiiu ta hirchytsi]. *Tavria Scientific Bulletin*. No. 139 (2). Pp. 236–241. doi: 10.32782/2226-0099.2024.139.2.30

12. Guine, R. P. F., & Correia, P. M. R. (2014). Engineering Aspects of Cereal and Cereal-Based Product. CRC Press: Florida. Chapter 10, Pasta, pp. 211–238.

K. Kostetska, *PhD, Associate Professor;* ***O. Herasymchuk,*** *PhD, Associate Professor;* ***R. Hryshchuk****, Postgraduate Student;* ***D. Kolisnyk****, Student, (Uman National University).* ***Sensory characteristics of gluten-free pasta using pre-gelatinized amaranth flour***

Abstract. *Pasta is a staple food for the general population in Ukraine and worldwide. Within the realm of specialized dietary products, a significant role is played by foods developed for individuals with conditions caused by gluten intolerance. An analysis was conducted regarding the production of food products for people with celiac disease.* ***The aim*** *of the study is to optimize the formulation and evaluate the sensory characteristics of gluten-free pasta produced via extrusion using amaranth flour with varying degrees of starch pre-gelatinization.* ***Research methodology.*** *A series of laboratory tests was conducted to determine the optimal dough hydration ratio. With the moisture content of the dough masses fixed at 40% – adjusted to account for the high water-absorption capacity of amaranth flour – the effect of incorporating pre-gelatinized flour paste (at levels of 15%, 25%, and 35% of the total flour mass) on the dough's rheological properties and the quality characteristics of the finished products was investigated.* ***Results.*** *It has been established that without preliminary heat treatment of the raw material, the dough exhibits high brittleness and stickiness, making it impossible to form a stable structure due to the absence of a gluten network in amaranth flour. Gelatinized amylopectin starch acts as a structural matrix, creating a three-dimensional network capable of retaining starch granules during the shaping and cooking of the pasta. However, the incorporation of an excessive amount of the gelatinized phase (35%) leads to the breakdown of the protein-starch matrix under the influence of shear forces within the extruder, thereby increasing the loss of solids into the cooking water.* ***Conclusions.*** *The optimal proportion of gelatinized flour was determined to be 25%, ensuring high organoleptic, rheological, and physicochemical characteristics of the finished product.*

Keywords: *gluten-free pasta, amaranth flour, starch gelatinization, organoleptic quality indicators.*

Дата першого надходження статті до видання: 11.07.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 13.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА ТОВАРОЗНАВСТВА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

UDC 614.31:006.354:339.54
DOI https://doi.org/10.37734/2518-7171-2026-2-13

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

FOOD SAFETY CONTROL AND QUALITY MANAGEMENT IN THE PROCESS OF UKRAINE'S EUROPEAN INTEGRATION

A. V. ANTONENKO, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
ORCID ID: 0000-0001-9397-1209
(National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine)
A. O. GORKUN,
ORCID ID: 0009-0002-0370-4823
(Kyiv University of Culture)
O. B. LYUBENOK,
ORCID ID: 0009-0009-1351-9999
(Open International University of Human Development "Ukraine")
D. O. VYSOKOS,
ORCID ID: 0009-0006-0763-5879
F. M. TALANCHUK,
(Professional College "Osvita")

Abstract. *The article considers the current problem of ensuring the rights of citizens to the safety and quality of food products in Ukraine, linking it with constitutional guarantees of human rights. According to Art. 3 of the Constitution of Ukraine, the affirmation of human rights and freedoms is the main duty of the state, and human rights are opportunities for existence and development, equal for all. The article determines that the protection of the rights to safe products is basic, as it combines socio-historical aspects with physiological needs for consumption. The quality of food products, according to DSTU ISO 9001:2009, depends on factors of production, distribution and consumption, including raw materials, technologies, storage and transportation. It is influenced by industry regulatory and legal support and compliance with standards at all stages. The state control system has shortcomings: duplication of functions of bodies, lack of a clear structure, slow implementation of a risk-oriented approach, which leads to almost 1.5 thousand cases of food poisoning annually. Information on control is often confidential, and only 8 documents with the keywords "product safety and quality" are registered in the VRU database. The main law is the Law of Ukraine "On Basic Principles and Requirements for the Safety and Quality of Food Products", which regulates relations between authorities, market operators and consumers, dividing them into three groups. The law provides 95 definitions of terms, of which 14 key ones relate to humans. The article analyzes conflicts: the innovative interpretation of drinking water as a food product contradicts the EU Council Directive 98/83/EC; the term "hygienic requirements" has different interpretations in the orders of the Ministry of Health; the lack of a complete list of safety indicators complicates arbitration studies. The danger of exceeding pesticide, antibiotic, and hormone residues is related to this. The Law on State Control No. 2042–VIII mentions HACCP, but liability for its failure is limited. Consumer rights are protected by domestic (DSTU ISO 9001:2009) and international legislation (Rome Declaration, EU Regulations No. 178/2002, No. 852/2004). Ukraine's support for these norms indicates its desire for European integration through the law-making, law-enforcement and control and supervisory activities of the state. Based on the study, harmonization with the EU promises higher health protection, reliable information, affordable products, but requires a revision of the terminology of Law No. 771/97-VR to comply with the IFS, BRC, GLOBALGAP, ISO 22000 standards.*

Keywords: *HACCP, Codex Alimentarius, quality control, safety, expertise, quality management, audit, standardization, certification, European integration.*

Formulation of the problem in general form. According to Article 3 of the Constitution of Ukraine, human rights and freedoms and their guarantees determine the content and direction of the state's activities. The affirmation and provision of human rights and freedoms is the main duty of the state. As noted in the Encyclopedic Handbook of the Future Lawyer, edited by S. F. Safulko, "human rights represent certain human capabilities necessary for its existence and development in specific historical conditions, which

are objectively determined by the level of development achieved by humanity and must be equal for all people" [1–4].

Protection of citizens' rights to safety and quality of products in Ukraine is the provision of one of the basic rights, since it is based on the combination of human rights as a socio-historical category with the right of a person to ensure the physiological needs of consuming quality food products as the very meaning of his personal existence. At the same time, as is known, the quality of food products depends, as per DSTU ISO 9001:2009, on "factors of the sphere of production and conditions of growing plant products, quality of raw materials, semi-finished products, technology of their processing, equipment; factors of the sphere of distribution – quality of storage, transportation, sale; factors of the sphere of consumption – quality of short-term storage, consumption and assimilation" [5, 6]. Therefore, as it is seen, the quality and safety of food products for the consumer are influenced by two main factors – the sectoral regulatory and legal support determining the quality and safety of food products and the unquestionable compliance with its provisions at any of the production technological stages [7, 8].

At the same time, at the end of 2011, S. Belinska, N. Orlova, Yu. Motuzka noted that "the main shortcomings of the domestic system of state control of food safety are due to a number of factors, including: duplication of functions of control bodies, lack of a clear organizational structure at the national level, slow implementation of a risk-based safety management system" [9]. And this despite the fact that almost 1.5 thousand cases of food poisoning are registered in Ukraine annually. That is why the issues of safety and quality of products have been and remain a relevant subject of scientific research, in particular, by A. V. Babyuk, V. V. Brulevych, O. V. Kovaleva, L. M. Pylypenko, O. S. Pronevich, V. Z. Yanchuk and other scientists [10–16]. However, research into individual norms of domestic legislation in this area is also relevant, which is the purpose of the article.

Analysis of recent research and publications. Analysis of foreign sources demonstrates a consensus on the need for full harmonization with EU principles, advantages for exports and competitiveness, but points to common challenges: resource constraints, institutional weaknesses and the need for digitalization, which remains relevant for Ukraine as of 2026. Escanciano C. and Santos-Vijande M. L. (2014) in their article [17] analyze the reasons and limitations of the implementation of ISO 22000 as a food safety management system in Spain, which has direct parallels with the European integration process of Ukraine. The authors emphasize that ISO 22000 integrates HACCP principles with preventive programs (PRP) and a management system, ensuring full control of the supply chain. They note the advantages for exports to EU markets, but criticize the lack of resources and knowledge in small enterprises, which is a relevant barrier for Ukraine in adapting to EU Regulations No. 852/2004 and No. 178/2002.

Arvanitoyannis I. S. and Kassaveti A. (2009) conduct a comparative analysis of HACCP and ISO 22000 in the context of food of animal origin. The authors argue that ISO 22000 is a broader system that meets the requirements of the Codex Alimentarius and the EU, and is recommended for EU candidate countries such as Ukraine. They emphasize the need to integrate communication, PRP and verification for effective auditing, but point to the lack of empirical data on post-Soviet countries, where implementation often remains formal [18].

Surak J. G. (2005) considers ISO 22000 as a global standard that solves the problem of integrating HACCP with quality management elements. The author emphasizes that the implementation of the system facilitates access to premium EU markets and increases competitiveness, which is key for Ukraine within the framework of the Association Agreement. The work demonstrates the advantages of preventive control, but criticizes the lack of attention to digital monitoring and traceability tools, which is relevant for the current stage of European integration [19].

Motarjemi Y. and Lelieveld H. (Eds.) (2014) in a practical guide to food safety management analyze the global challenges of implementing HACCP and ISO 22000, including candidate countries for EU accession. The authors emphasize the transition to a risk-based approach "from farm to fork", mandatory for Ukraine in accordance with the EU acquis. They propose training and verification algorithms, but note typical problems: weak institutional capacity, lack of resources and low safety culture, which is confirmed by the experience of Ukraine during the 2015–2022 reforms [20].

The World Bank (2009) in a report on the reform of food safety regulation in Ukraine offers recommendations for harmonization with European standards. The authors emphasize the need to move from the Soviet model to preventive control based on HACCP, which reduces risks and promotes exports. They record the potential for cost reduction by 15–25% due to early detection of risks, but criticize the insufficient risk-oriented state control and the lack of support for small businesses in the context of European integration [21].

Formation of article goals. The purpose of the article is a comprehensive analysis of the state and prospects of food safety control and quality management in Ukraine in the context of European integration processes, in particular the implementation of the Association Agreement with the European Union and preparation for negotiations on full membership in the EU.

The study is aimed at assessing the degree of harmonization of Ukrainian legislation with the EU acquis communautaire in the field of sanitary

and phytosanitary measures (SPS), identifying key achievements and challenges in the implementation of HACCP, ISO 22000 and compatible schemes (FSSC 22000, BRC, IFS), as well as determining strategic directions for improving state control, digitalization of traceability processes and increasing the competitiveness of domestic food enterprises in the European market.

The work also involves generalizing foreign experience (EU member states and candidates) to develop practical recommendations for accelerating reforms in the food industry of Ukraine, taking into account the impact of martial law and the need to strengthen food security.

Presentation of the main research material. According to the Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 02.09.2015 No. 667, the main entities ensuring food safety and consumer protection are the State Service of Ukraine for Food Safety and Consumer Protection (State Service of Ukraine for Food Safety and Consumer Protection) as the central executive body, the Cabinet of Ministers of Ukraine and the Ministry of Agrarian Policy and Food – which together implement "state policy in the field of veterinary medicine, safety and individual quality indicators of food products, quarantine and plant protection, identification and registration of animals, sanitary legislation, prevention and reduction of the use of tobacco products and their harmful effects on public health, metrological supervision, market supervision within the scope of their responsibility, seed and nursery production (in terms of certification of seeds and planting material), registration and accounting of machines in the agro-industrial complex, state supervision (control) in the agro-industrial complex, state supervision (control) in the areas of protection of rights to plant varieties, seed and nurseries, state control over compliance with legislation on consumer protection and advertising in this area, over the quality of grain and its processed products, state supervision (control) over compliance with biological and genetic safety measures for agricultural plants during the creation, research and practical use of genetically modified organisms in open systems at enterprises, institutions and organizations of the agro-industrial complex, regardless of their subordination and form of ownership, radiation control over the level of radioactive contamination of agricultural products and food products.

In the aforementioned Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine, unfortunately, there was no place for the Ministry of Health of Ukraine, which includes the State Sanitary and Epidemiological Service of Ukraine, and whose website, as well as the page "dangerous factors (register)" of the ministry, do not work stably, and for other departments, etc. By the way, we did not find any significant orders from the Ministry of Agrarian Policy in 2017 that directly related to food safety issues – mostly only about approving the versions of the charters of a number of food enterprises and the competitive selection of their directors.

The question of how citizens' right to safety and quality of products is actually ensured in Ukraine remains open, since certain information in this area, at least for a wide range of consumers, continues to remain confidential. It should be noted that as of today, only 8 documents have been registered in the database of the Verkhovna Rada of Ukraine "Legislation of Ukraine" with the keywords "safety and quality of products". At the same time, the Law of Ukraine "On Basic Principles and Requirements for the Safety and Quality of Food Products" dated 23.12.1997 No. 771/97-VR provides basic definitions that are directly relevant to every person in Ukraine.

In addition, the subjects of ensuring food safety and consumer protection in Ukraine also include: the Ministry of Economic Development and Trade of Ukraine, the Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine; as well as committees and services – the already mentioned State Sanitary and Epidemiological Service, the State Ecological Inspectorate, etc.

Today, the consumer's rights to a safe food product are protected in a fairly wide range by both domestic and international foreign legislation ratified by Ukraine. These include, in particular, the Standard DSTU ISO 9001:2009 "Quality Management Systems. Requirements"; the Rome Declaration on World Food Security and the World Food Summit Action Plan; Regulation (EC) of the European Parliament and of the Council "On establishing the general principles and requirements of food law, establishing the European Food Safety Authority and laying down procedures in matters of food safety" dated 28.01.2002 No. 178/2002; Regulation No. 852/2004/EC dated 29.04.2004 "On the hygiene of foodstuffs", etc. Thus, Ukraine's support for the protection of citizens' rights to the safety and quality of products of international documents, in particular, the Regulations of the EU countries, is evidence of its desire for early European integration and is fully ensured, in addition to law enforcement, by all other legal forms of exercising state functions – law-making, law-enforcement, institutional, control and supervision [22–25].

Due to the specificity and special significance of the subject of legislative regulation, the aforementioned Law of Ukraine "On Basic Principles and Requirements for the Safety and Quality of Food Products" dated 23.12.1997 No. 771/97-BP [5] at one time provided an extremely large number of meanings of the terms used therein – 95, which required unambiguous interpretation. At the same time, the Law, directly regulating the relations between executive authorities, food market operators and food

consumers, actually divides them into three groups of actors that interact with each other or influence each other. And, as can be seen from this, among them, the group of actors most interested in the safety and quality of food products is exclusively food consumers. And executive authorities and food market operators are de jure responsible, but still, frankly speaking, secondary in terms of interest in the undoubted quality and safety of food products, participants in these relations. Because of this, low-quality children's [26] and adult [27] food products appear on the food market, etc.

The following key terms of the aforementioned Law of Ukraine should be considered basic for humans regarding food safety: "safe food product – a food product that does not have a harmful effect on human health and is suitable for consumption"; "drinking water – a food product suitable for human consumption"; "hygienic requirements – measures and conditions necessary to manage hazardous factors and ensure the suitability of food products for human consumption, taking into account their use in accordance with their intended purpose", "maximum residue limit (maximum permissible residue level) – the maximum permissible content in food products of a certain substance that has toxicological significance and is dangerous for the human body in case of exceeding their maximum permissible content in food products consumed by humans"; "hazardous factor in a food product – any chemical, physical, biological factor of a food product or its condition that may cause a harmful effect on human health"; "when establishing the harmfulness of a food product to health, the following shall be taken into account: the possible short-term or long-term impact of the food product on the health of the person consuming it and on future generations"; "objects of sanitary measures – food products, animals intended for human consumption, as well as auxiliary materials for processing and materials in contact with food products"; "safety parameters – scientifically substantiated and approved by the central executive body, non-compliance with which in food products may lead to a harmful effect on human health"; "fitness mark – a mark used in accordance with the provisions of this Law to confirm the suitability of an unprocessed food product of animal origin for human consumption"; "plant products – mushrooms, berries, vegetables, fruits and other food products of plant origin intended for human consumption"; "risk – the possibility of a harmful effect on human health and the degree of this effect, resulting from a hazardous factor(s) in a food product"; "sanitary or phytosanitary measure – any measure taken with the aim of:… protecting human life or health from risks arising from diseases transmitted by animals, plants or products produced from them, or from the penetration, establishment or spread of harmful organisms"; "food product – a substance or product (unprocessed, partially processed or processed) intended for human consumption"; "food product of animal origin – milk, meat, fish, molluscs and crustaceans, including fresh, chilled or frozen, eggs, honey, their derivatives and other products made from parts of animals, their individual organs and/or tissues, intended for human consumption" – a total of 14 definitions [28, 29].

In other, 81 definitions, the category "person" is not used, although the category "consumer" is used synonymously 13 times, in relation to which now, as a formal "final consumer", "a consumer who uses a food product exclusively for his own consumption" appears.

G. Kuznetsov cites such advantages of harmonizing domestic food legislation with European legislation as "a higher level of health protection; increasing the level of reliability of information about food products; the appearance on the market of a larger number of affordable food products that will support the body in a healthy state; diversification of food products and their "personification", etc.

It is also necessary to take into account certain legislative, not yet properly resolved, conflicts regarding some of the above definitions, according to which, according to experts, the same legislatively defined "innovative" approach to drinking water, against the background of the desire to harmonize the legislative framework of Ukraine with the European one, comes into conflict with the definition set out in Article 2 of Council Directive 98/83/EC… of November 3, 1998, on the quality of water intended for human consumption", in which "drinking water in the definition of the EU Council Directive is not considered as a food product" [30]. And very important in this regard should be considered the remark of O. S. Pronevych that "in domestic legal science there is no tradition of studying the problems of implementing European standards for ensuring the quality of water suitable for human consumption" [31–33].

As for another term "hygienic requirements", its different interpretations, different from the one also legally defined for other subjects of regulation, but designated by the same term, are presented in the current orders of the Ministry of Health of Ukraine "On Approval of State Sanitary Norms and Rules "Hygienic Requirements for Printed Products for Children" dated January 18, 2007 No. 13 as "a set of requirements aimed at ensuring the convenience of reading the text in order to prevent the negative impact of the reading process on human health"; and "On Approval of State Sanitary Norms and Rules "Disinfection, Pre-sterilization Cleaning and Sterilization of Medical Devices in Healthcare Institutions" dated August 11, 2014 No. 552 as "a set of measures aimed at preventing the negative impact of physical, chemical, microclimatic and other factors on human health", which is absolutely unacceptable.

Although, at the same time, another order of the Ministry of Health of Ukraine "On Approval of Hygienic Requirements for Poultry Meat and Certain Indicators of Its Quality" dated August 6, 2013 No. 694 correctly uses the term corresponding to the legislation.

As I. Tavlui notes, "regarding the requirements of food chain safety, key concepts and tools are common to all regulatory documents (food standards IFS, BRC Food, BRC loP, Dutch HACCP, GLOBALGAP, ISO 9001, ISO 14001, ISO 22000, ISO 22002-1(2,3) and FSSC. – Author) such as: sanitary and hygienic conditions – measures and conditions that are necessary to control hazardous factors and ensure the suitability of food products for human consumption, taking into account its intended use" [34]. Then the question arises why the Law of Ukraine "On Basic Principles and Requirements for the Safety and Quality of Food Products" dated 23.12.1997 No. 771/97-VR, although in some cases, ignores approved international standards for the safety and quality of food products.

Regarding the term "maximum residue limit (maximum permissible residue level)", another key point is the quite reasonable remark of the League of Food Producers to the draft Law of Ukraine "On Amendments to Certain Legislative Acts of Ukraine on Food Safety", posted on the website of the State Veterinary and Phytosanitary Service of Ukraine, regarding the completeness of the content of paragraph 2, part 2, article 6 regarding the powers of the central executive body that forms and ensures the implementation of state policy in the field of health protection, according to which "safety indicators of food products and other objects of sanitary measures, including maximum permissible levels of hazardous factors and maximum residue limits), hygienic requirements for objects of sanitary measures" should be approved, since without such a list it is impossible to organize arbitration studies. With this, in theory and in practice, we associate the danger of exceeding the maximum residue limits in food raw materials and food products by residual levels, primarily of pesticides, antibiotics and hormonal drugs.

In turn, the concept of "hazardous factor in a food product" through its identification is used in clause 27, clause 1, article 1 of the Law of Ukraine "On State Control over Compliance with Legislation on Food Products, Feed, Animal By-Products, Animal Health and Welfare" dated 18.05.2017 No. 2042-VIII [14] in the definition of the term "risk assessment", as well as in clause 35, clause 1 of the same article 6 in the definition of the term "system of analysis of hazardous factors and control at critical points (Hazard Analysis and Critical Control Points – HACCP)", etc. And only the only clause 4 of clause 1 of article 65 of this Law regulates the liability of market operators for such an offense as "failure to fulfill the obligation specified by law to implement permanent procedures based on the principles of the Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) system at the facilities" [35].

From this, it can be seen that similar comments can be made to other key terms of the specified Law of Ukraine, which are basic for a person regarding food safety. This requires at least a revision of the terminology of the Law of Ukraine "On Basic Principles and Requirements for the Safety and Quality of Food Products" in order to bring it into line with current international standards. Although it was previously noted that "the law aims to harmonize Ukrainian legislation with EU legislation in the field of food safety and quality, ensuring a high level of protection of human health and consumer interests, as well as creating transparent conditions for conducting economic activities, increasing the competitiveness of domestic food products and reducing their prices" and that "the law provides for clarification of terminology, types of offenses and adequacy of punishment, creation of a single regulatory body in the field of food safety, abolition of permitting documents and procedures that are absent in the EU, introduction of European principles of GMO regulation, in particular, in terms of registration of GMO sources, and not products produced from them" [36].

In general, today "the European food safety system is recognized as one of the best in the world, and the European consumer is the most protected. At the same time, EU food legislation is an example of a thoughtful approach that takes into account the interests of everyone involved in the food market" [37], one should hope for an unconditional future improvement in the situation with food safety and quality in Ukraine.

Conclusions on the above problems and prospects for further research in the given direction. Analysis of the regulatory framework and practice of ensuring food safety and quality in Ukraine indicates the presence of significant gaps and inconsistencies that significantly limit the implementation of the constitutional right of citizens to safe and high-quality food. Despite the basic Law of Ukraine "On Basic Principles and Requirements for Food Safety and Quality" dated 23.12.1997 No. 771/97-BP, which contains 95 definitions of terms and establishes key principles, the state control system remains fragmented: there is duplication of functions of bodies, lack of a clear organizational structure at the national level, insufficient implementation of a risk-based approach and slow integration of HACCP principles at all stages of the food chain. Terminological conflicts and inconsistency of definitions with international standards are particularly critical. The legislation does not sufficiently take into account approved international standards (ISO 22000, IFS, BRC, GLOBALGAP), which slows down harmonization with the EU acquis. Information on control results is not sufficiently accessible to a wide range of consumers, and the number of documents registered in the VRU database

under the keywords “safety and quality of products” is insufficient. The European integration process opens up significant prospects: harmonization with EU regulations and other norms can ensure a higher level of health protection, increase the reliability of information, expand the range and reduce prices for safe products. Further improvement of the food safety and quality assurance system in Ukraine is possible only under the condition of systematic harmonization of legislation with European legislation, strengthening the institutional capacity of regulatory authorities, increasing the responsibility of market operators and real involvement of consumers as the main beneficiaries of these changes. The European food safety system, recognized as one of the best in the world, can become a reference point for Ukraine, provided that there is political will and consistent implementation.

BIBLIOGRAPHY

1. Nyarugwe S. P., Linnemann A. R., Ren Y. et al. An intercontinental analysis of food safety culture in view of food safety governance and national values. *Food Control.* 2020. Vol. 111. Art. 107075. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.107075

2. Soon J. M., Brazier A. K. M., Wallace C. A. Determining common contributory factors in food safety incidents – A review of global outbreaks. *Trends in Food Science & Technology*. 2020. Vol. 97. Art. 107477. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.12.030

3. WHO global strategy for food safety 2022–2030: towards stronger food safety systems and global cooperation. https://www.who.int/publications/i/item/9789240057685 .

4. Kirby R., Teixeira P. Consumer food trends and food safety: challenges in modern food systems. *Trends in Food Science & Technology*. 2025. Vol. 166. Art. 105398. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2025.105398.

5. Lee JG., Lee Y., Kim C.S. *et al.* Codex Alimentarius commission on ensuring food safety and promoting fair trade: harmonization of standards between Korea and codex. *Food Science and Biotechnology*. 2021. Vol. 30. № 9. P. 1151–1170. https://doi.org/10.1007/s10068-021-00943-7

6. Русавська В. А. Теоретико-практичні підходи до ефективного функціонування ринку готельно-ресторанних послуг: стан, проблеми, тенденції. Київ : Ліра, 2018.

7. Kovalchuk Y. Food safety challenges in the global supply chain. Y. Kovalchuk. *World Journal of Advanced Research and Reviews*. 2021. Vol. 11, № 3. P. 527–539. https://doi.org/10.30574/wjarr.2021.11.3.0450.

8. Jaffee S., Henson S., Unnevehr L., Grace D., Cassou E. The safe food imperative: Accelerating progress in low– and middle-income countries. Washington. World Bank. 2019. 212 p. https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1345-0.

9. Taylor J. An exploration of food safety culture in a multi-cultural environment: next steps? *Worldwide Hospitality and Tourism Themes*. 2011. Vol. 3, № 5. P. 455–466. https://doi.org/10.1108/17554211111185836.

10. Griffith C. J. (2010). Food safety culture: Creating a behaviour-based food safety management system. *British Food Journal*, *112*(4), 457–458. https://doi.org/10.1108/00070701011034457

11. Wallace C. A. Food safety for the 21st century: Managing HACCP and Food Safety Throughout the Global Supply Chain. C. A. Wallace, W. H. Sperber, S. E. Mortimore. 2nd ed. Hoboken. John Wiley & Sons. 2018. 494 p. https://plataformaiestphuando.com/wp-content/uploads/2023/02/Inocuidad-de-los-alimentos-para-el-siglo-XXI.pdf.

12. Powell D. A., Jacob C. J., Chapman B. J. Enhancing food safety culture to reduce rates of foodborne illness. *Food Control*. 2011. Vol. 22, № 6. P. 817–822. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.12.009.

13. Powell D. A., Erdozain S., Dodd C., Costa R., Morley K., Chapman B. J. Audits and inspections are never enough: A critique to enhance food safety. *Food Control*. 2013. Vol. 30, № 2. P. 686–691. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.07.044

14. De Boeck E., Jacxsens L., Bollaerts M., Uyttendaele M., Vlerick P. Interplay between food safety climate, food safety management system and microbiological hygiene in farm butcheries and affiliated butcher shops. *Food Control*. 2016. Vol. 65. P. 78–91. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.01.014.

15. Trienekens J. H., Zuurbier P. J. P. Quality and safety standards in the food industry, developments and challenges. *International Journal of Production Economics*. 2008. Vol. 113, № 1. P. 107–122. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2007.02.050

16. Tibebu A., Tamrat H., Bahiru A. Review: Impact of food safety on global trade. *Veterinary Medicine and Science*. 2024. Vol. 10, № 5. Art. e1585. https://doi.org/10.1002/vms3.1585.

17. Escanciano C., Santos-Vijande M. L. Reasons and constraints to implementing an ISO 22000 food safety management system: Evidence from Spain. *Food Control*. 2014. Vol. 40. P. 50–57. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.11.032

18. Arvanitoyannis I. S. HACCP and ISO 22000 – A comparison of the two systems. I. S. Arvanitoyannis, A. Kassaveti. HACCP and ISO 22000: Application to foods of animal origin. Oxford. Wiley-Blackwell. 2009. P. 1–45. https://doi.org/10.1002/9781444320923.ch1

19. Surak J. G. A global standard puzzle solved? How the ISO 22000 food safety management system integrates HACCP and more. J. G. Surak. Food Safety Magazine. 2005. Vol. 11, № 2. P. 42–47. https://www.food-safety.com/articles/4643-a-global-standard-puzzle-solved-how-the-iso-22000-food-safety-management-system-integrates-haccp-and-more

20. Food safety management: A practical guide for the food industry / ed. by Y. Motarjemi, H. Lelieveld. Amsterdam. Academic Press. 2014. 536 p. https://www.researchgate.net/publication/295563503_Food_Safety_Management_A_Practical_Guide_for_the_Food_Industry

21. Reforming food safety regulation in Ukraine: Proposals for policymakers. World Bank. Washington. World Bank Group. 2009. 88 p. https://documents1.worldbank.org/curated/en/950341468313766230/pdf/486690PP0Engli1od1safety1report1ENG.pdf

22. Антоненко А. В. Борошно з пророщеного зерна вівса як основа для борошняних кондитерських виробів. *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій*. 2014. № 46 (1). С. 149–153. https://journals.uran.ua/swonaft/article/view/40618

23. Антоненко А. Оцінка якості нових соусів підвищеної харчової цінності. *Товари і ринки*. 2009. № 1. С. 58–62. http://tr.knute.edu.ua/files/2014/17/20.pdf

24. Yu Z., Qi J. Constructing the model of intelligent food safety supervision in China: Administrative law perspectives and regulatory challenges. *Discover Food*. 2026. Vol. 6, № 1. Art. 103. https://doi.org/10.1007/s44187-026-00829-9

25. Global standard food safety issue 9. British Retail Consortium Global Standards. London. BRCGS. 2022. 164 p. https://www.brcgs.com/documents-resources/food-safety-issue-9-standard

26. Chen M. Food quality control: Ensuring safe and high-quality products. M. Chen. *African Journal of Food Science and Technology*. 2024. Vol. 15, № 12. http:/dx.doi.org/10.14303//ajfst.2024.120

27. FSSC. (2023). FSSC 22000 version 6: Food safety management system certification. Foundation for Food Safety Certification. https://www.fssc.com/wp-content/uploads/2023/03/FSSC-22000-Scheme-Version-6-.pdf

28. IFS food version 8. International Featured Standards. Berlin. Standard for auditing product and process compliance in relation to food safety and quality. 2023.
https://www.ifs-certification.com/images/ifs_documents/IFS_Food_v8_standard_EN.pdf

29. Introduction to hazard analysis and critical control point (HACCP). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. FAO. 2023. https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/a56f938c-7e92-4ffe-a901-f4494a2eeb64/content.

30. Estimates of the burden of foodborne diseases. World Health Organization. 2nd ed. Geneva. WHO. 2025. https://www.rivm.nl/en/who-collaborating-centre-risk-assessment-of-pathogens-in-food-and-water/fields-of-expertise/microbial-food-safety/who-estimates-burden-foodborne-diseases.

31. Dzyundzya O., Burak V., Averchev A., Novikova N., Ryapolova I., Antonenko A., Brovenko T., Kryvoruchko M., Tolok G. Obtaining the powder-like raw materials with the further research into properties of eggplant powders. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 5. № 11 (95). P. 14–20. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.143407.

32. Wood B., Williams O., Baker P., Sacks G. Behind the ‘creative destruction’ of human diets: An analysis of the structure and market dynamics of the ultra-processed food manufacturing industry and implications for public health. *Journal of Agrarian Change*. 2023. Vol. 23, № 4. P. 811–843. https://doi.org/10.1111/joac.12545

33. Dzyundzya O., Burak V., Ryapolova I. et al. Establishing the effect of eggplant powders on the rheological characteristics of a semi-finished product made from liver pate masses. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. Vol. 4, № 11 (100). P. 56–63. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.174234.

34. Антоненко А. В. Інноваційні технології десертів із підвищеною біологічною цінністю. *Ресторанний і готельний консалтинг. Інновації*. 2018. № 2. С. 32–42. https://doi.org/10.31866/2616-7468.2.2018.157161

35. A FoodSafeR perspective on emerging food safety hazards and associated risks. J. F. Leslie, C. N. Ezekiel, M. Wagner et al. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2025. Vol. 9. Art. 1646792. https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1646792

36. Антоненко А. В., Бровенко Т. В., Василенко О. В., Стукальська Н. М., Криворучко М. Ю., Толок Г. А. Технологія кондитерських виробів з використанням порошків тропічних рослин. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*. 2022. № 3. С. 100–109. https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2022.3.11.

37. Factors affecting the status of food safety management systems in the global fresh produce chain. K. Kirezieva, P. A. Luning, L. Jacxsens et al. Food Control. 2015. Vol. 52. P. 85–97. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.12.030

REFERENCES

1. 1. Nyarugwe, S. P., Linnemann, A. R., Ren, Y., et al. (2020). An intercontinental analysis of food safety culture in view of food safety governance and national values. *Food Control, 111*, Article 107075. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.107075

2. Soon, J. M., Brazier, A. K. M., & Wallace, C. A. (2020). Determining common contributory factors in food safety incidents – A review of global outbreaks. *Trends in Food Science & Technology, 97*, Article 107477. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.12.030

3. World Health Organization. (2022). *WHO global strategy for food safety 2022–2030: Towards stronger food safety systems and global cooperation*. https://www.who.int/publications/i/item/9789240057685

4. Kirby, R., & Teixeira, P. (2025). Consumer food trends and food safety: Challenges in modern food systems. *Trends in Food Science & Technology, 166*, Article 105398. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2025.105398

5. Lee, J.-G., Lee, Y., Kim, C. S., et al. (2021). Codex Alimentarius Commission on ensuring food safety and promoting fair trade: Harmonization of standards between Korea and Codex. *Food Science and Biotechnology, 30*(9), 1151–1170. https://doi.org/10.1007/s10068-021-00943-7

6. Rusavska, V. A. (2018). *Teoretyko-praktychni pidkhody do efektyvnoho funktsionuvannia rynku hotelno-restorannykh posluh: Stan, problemy, tendentsii* [Theoretical and practical approaches to the effective functioning of the hotel and restaurant services market: Status, problems, and trends]. Lira. [in Ukrainian]

7. Kovalchuk, Y. (2021). Food safety challenges in the global supply chain. *World Journal of Advanced Research and Reviews, 11*(3), 527–539. https://doi.org/10.30574/wjarr.2021.11.3.0450

8. Jaffee, S., Henson, S., Unnevehr, L., Grace, D., & Cassou, E. (2019). *The safe food imperative: Accelerating progress in low– and middle-income countries*. World Bank. https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1345-0

9. Taylor, J. (2011). An exploration of food safety culture in a multi-cultural environment: Next steps? *Worldwide Hospitality and Tourism Themes, 3*(5), 455–466. https://doi.org/10.1108/17554211111185836

10. Griffith, C. J. (2010). Food safety culture: Creating a behaviour-based food safety management system. *British Food Journal, 112*(4), 457–458. https://doi.org/10.1108/00070701011034457

11. Wallace, C. A., Sperber, W. H., & Mortimore, S. E. (2018). *Food safety for the 21st century: Managing HACCP and food safety throughout the global supply chain* (2nd ed.). Wiley.

12. Powell, D. A., Jacob, C. J., & Chapman, B. J. (2011). Enhancing food safety culture to reduce rates of foodborne illness. *Food Control, 22*(6), 817–822. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.12.009

13. Powell, D. A., Erdozain, S., Dodd, C., Costa, R., Morley, K., & Chapman, B. J. (2013). Audits and inspections are never enough: A critique to enhance food safety. *Food Control, 30*(2), 686–691. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.07.044

14. De Boeck, E., Jacxsens, L., Bollaerts, M., Uyttendaele, M., & Vlerick, P. (2016). Interplay between food safety climate, food safety management system and microbiological hygiene in farm butcheries and affiliated butcher shops. *Food Control, 65*, 78–91. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.01.014

15. Trienekens, J. H., & Zuurbier, P. J. P. (2008). Quality and safety standards in the food industry, developments and challenges. *International Journal of Production Economics, 113*(1), 107–122. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2007.02.050

16. Tibebu, A., Tamrat, H., & Bahiru, A. (2024). Review: Impact of food safety on global trade. *Veterinary Medicine and Science, 10*(5), Article e1585. https://doi.org/10.1002/vms3.1585

17. Escanciano, C., & Santos-Vijande, M. L. (2014). Reasons and constraints to implementing an ISO 22000 food safety management system: Evidence from Spain. *Food Control, 40*, 50–57. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.11.032

18. Arvanitoyannis, I. S., & Kassaveti, A. (2009). HACCP and ISO 22000 – A comparison of the two systems. In I. S. Arvanitoyannis (Ed.), *HACCP and ISO 22000: Application to foods of animal origin* (pp. 1–45). Wiley-Blackwell. https://doi.org/10.1002/9781444320923.ch1

19. Surak, J. G. (2005). A global standard puzzle solved? How the ISO 22000 food safety management system integrates HACCP and more. *Food Safety Magazine, 11*(2), 42–47. https://www.food-safety.com/articles/4643-a-global-standard-puzzle-solved-how-the-iso-22000-food-safety-management-system-integrates-haccp-and-more

20. Motarjemi, Y., & Lelieveld, H. (Eds.). (2014). *Food safety management: A practical guide for the food industry*. Academic Press.

21. World Bank. (2009). *Reforming food safety regulation in Ukraine: Proposals for policymakers*. World Bank Group. https://documents1.worldbank.org/curated/en/950341468313766230/pdf/486690PP0Engli1od1safety1report1ENG.pdf

22. Antonenko, A. V. (2014). Boroshno z proroshchenoho zerna vivsa yak osnova dlia boroshnianykh kondyterskykh vyrobiv [Flour from sprouted oat grain as a basis for flour confectionery products]. *Naukovi pratsi Odeskoi natsionalnoi akademii kharchovykh tekhnolohii*, (46)(1), 149–153. https://journals.uran.ua/swonaft/article/view/40618 [in Ukrainian]

23. Antonenko, A. (2009). Otsinka yakosti novykh sousiv pidvyshchenoi kharchovoi tsinnosti [Quality assessment of new sauces with increased nutritional value]. *Tovary i rynky*, (1), 58–62. http://tr.knute.edu.ua/files/2014/17/20.pdf [in Ukrainian]

24. Yu, Z., & Qi, J. (2026). Constructing the model of intelligent food safety supervision in China: Administrative law perspectives and regulatory challenges. *Discover Food, 6*, Article 103. https://doi.org/10.1007/s44187-026-00829-9

25. British Retail Consortium Global Standards. (2022). *Global standard food safety (Issue 9)*. BRCGS. https://www.brcgs.com/documents-resources/food-safety-issue-9-standard

26. Chen, M. (2024). Food quality control: Ensuring safe and high-quality products. *African Journal of Food Science and Technology, 15*(12). https://doi.org/10.14303/ajfst.2024.120

27. Foundation for Food Safety Certification. (2023). *FSSC 22000 scheme: Version 6*. https://www.fssc.com/wp-content/uploads/2023/03/FSSC-22000-Scheme-Version-6-.pdf

28. International Featured Standards. (2023). *IFS Food version 8: Standard for auditing product and process compliance in relation to food safety and quality*. https://www.ifs-certification.com/images/ifs_documents/IFS_Food_v8_standard_EN.pdf

29. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2023). *Introduction to hazard analysis and critical control point (HACCP)*. FAO. https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/a56f938c-7e92-4ffe-a901-f4494a2eeb64/content

30. World Health Organization. (2025). *Estimates of the burden of foodborne diseases* (2nd ed.). WHO. https://www.rivm.nl/en/who-collaborating-centre-risk-assessment-of-pathogens-in-food-and-water/fields-of-expertise/microbial-food-safety/who-estimates-burden-foodborne-diseases

31. Dzyundzya, O., Burak, V., Averchev, A., Novikova, N., Ryapolova, I., Antonenko, A., Brovenko, T., Kryvoruchko, M., & Tolok, G. (2018). Obtaining the powder-like raw materials with the further research into properties of eggplant powders. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5*(11)(95), 14–20. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.143407

32. Wood, B., Williams, O., Baker, P., & Sacks, G. (2023). Behind the 'creative destruction' of human diets: An analysis of the structure and market dynamics of the ultra-processed food manufacturing industry and implications for public health. *Journal of Agrarian Change, 23*(4), 811–843. https://doi.org/10.1111/joac.12545

33. Dzyundzya, O., Burak, V., Ryapolova, I., et al. (2019). Establishing the effect of eggplant powders on the rheological characteristics of a semi-finished product made from liver pate masses. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4*(11)(100), 56–63. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.174234

34. Antonenko, A. V. (2018). Innovatsiini tekhnolohii desertiv iz pidvyshchenoiu biolohichnoiu tsinnistiu [Innovative technologies of desserts with increased biological value]. *Restorannyi i hotelnyi konsaltynh. Innovatsii*, (2), 32–42. https://doi.org/10.31866/2616-7468.2.2018.157161 [in Ukrainian]

35. Leslie, J. F., Ezekiel, C. N., Wagner, M., et al. (2025). A FoodSafeR perspective on emerging food safety hazards and associated risks. *Frontiers in Sustainable Food Systems, 9*, Article 1646792. https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1646792

36. Antonenko, A. V., Brovenko, T. V., Vasylenko, O. V., Stukalska, N. M., Kryvoruchko, M. Yu., & Tolok, G. A. (2022). Tekhnolohiia kondyterskykh vyrobiv z vykorystanniam poroshkiv tropichnykh roslyn [Technology of confectionery products using tropical plant powders]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriia: Tekhnichni nauky*, (3), 100–109. https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2022.3.11 [in Ukrainian]

37. Kirezieva, K., Luning, P. A., Jacxsens, L., et al. (2015). Factors affecting the status of food safety management systems in the global fresh produce chain. *Food Control, 52*, 85–97. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.12.030

А. Антоненко, *кандидат технічних наук, доцент (Національний університет біоресурсів і природокористування України),* ***А. Горкун*** *(Київський університет культури),* ***О. Любенок*** *(Відкритий міжнародний університет розвитку людини «УКРАЇНА»);* ***Д. Високос; Ф. Таланчук*** *(Фаховий коледж «ОСВІТА»).* ***Контроль безпечності та управління якістю харчових продуктів у процесі євроінтеграції України***

Анотація. *У статті розглядається актуальна проблема забезпечення прав громадян на безпечність та якість харчових продуктів в Україні, пов'язуючи її з конституційними гарантіями прав людини. Відповідно до ст. 3 Конституції України, утвердження прав і свобод людини є головним обов'язком держави, а права людини – це можливості для існування та розвитку, рівними для всіх. У статті визначено, що захист прав на безпечні продукти є базовим, оскільки поєднує соціально-історичні аспекти з фізіологічними потребами споживання. Якість харчових продуктів, за ДСТУ ISO 9001:2009, залежить від факторів виробництва, розподілу та споживання, включаючи сировину, технології, зберігання та транспортування. На неї впливають галузеве нормативно-правове забезпечення та дотримання норм на всіх етапах. Система державного контролю має недоліки: дублювання функцій органів, відсутність чіткої структури, повільне впровадження ризик-орієнтованого підходу, що призводить до майже 1,5 тис. випадків харчових отруєнь щорічно. Інформація про контроль часто конфіденційна, а в базі ВРУ зареєстровано лише 8 документів за ключовими словами «безпечність та якість продуктів». Основним законом є Закон України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів», який регулює відносини між органами влади, операторами ринку та споживачами, поділяючи їх на три групи. Закон надає 95 визначень термінів, з яких 14 ключових стосуються людини. У статті проаналізовано колізії: новаторське трактування питної води як харчового продукту суперечить Директиві Ради ЄС 98/83/ЄС; термін «гігієнічні вимоги» має різночитання в наказах МОЗ; відсутність повного переліку показників безпечності ускладнює арбітражні дослідження. Небезпека перевищення залишків пестицидів, антибіотиків, гормонів пов'язана з цим. Закон про державний контроль №2042–VIII згадує HACCP, але відповідальність за його невиконання обмежена. Права споживачів захищені вітчизняним (ДСТУ ISO 9001:2009) та міжнародним законодавством (Римська декларація, Регламенти ЄС №178/2002, №852/2004). Підтримка Україною цих норм свідчить про прагнення до євроінтеграції через правотворчу, правозастосовну та контрольно-наглядову діяльність держави. Виходячи з дослідження, гармонізація з ЄС обіцяє вищий захист здоров'я, достовірну інформацію, доступні продукти, але потребує перегляду термінології Закону №771/97-ВР для відповідності стандартам IFS, BRC, GLOBALGAP, ISO 22000.*

Ключові слова: *HACCP, Codex Alimentarius, контроль якості, безпечність, експертиза, управління якістю, аудит, стандартизація, сертифікація, Євроінтеграція.*

Дата першого надходження статті до видання: 29.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 10.07.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 664.38:613.2
DOI https://doi.org/10.37734/2518-7171-2026-2-14

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

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ БІОЛОГІЧНОЇ ЦІННОСТІ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ПРОТЕЇНУ РОСЛИННОГО ТА МІКРОБІОЛОГІЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ

Ю. М. ГОНЧАР, доктор філософії з харчових технологій, доцент
ORCID ID: 0000-0002-8087-0641
(Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного)
Я. С. ВАВРИСЕВИЧ, кандидат біологічних наук, доцент,
ORCID ID: 0009-0003-0160-8384
(Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького)
В. А. КОЛОДІЙ, кандидат біологічних наук
ORCID ID: 0000-0002-9669-4144
(Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка)

Анотація. Мета дослідження. *Мета дослідження полягає у проведенні порівняльного аналізу біологічної цінності альтернативних джерел протеїну рослинного та мікробіологічного походження та визначенні перспектив їх використання у сучасних харчових системах.* ***Методика дослідження.*** *Порівняльний аналіз проведено за показниками амінокислотного складу, засвоюваності, біодоступності, наявності антинутрієнтів і сучасних інтегральних критеріїв оцінювання біологічної цінності протеїнів.* ***Результати.*** *У результаті дослідження систематизовано сучасні наукові підходи до оцінювання біологічної цінності альтернативних джерел протеїну та показано еволюцію критеріїв її визначення від оцінювання загального вмісту білка до комплексного аналізу його нутритивних характеристик. Встановлено, що використання окремих показників не забезпечує об'єктивного порівняння рослинних і мікробіологічних протеїнів, тоді як їх комплексне застосування дозволяє більш повно оцінити харчову якість білка. Виявлено, що основними факторами, які обмежують біологічну цінність рослинних білків, є дефіцит окремих незамінних амінокислот і наявність антинутрієнтів, тоді як для мікробіологічних білків визначальне значення має ефективність технологій руйнування клітинної стінки та екстракції білкової фракції. Доведено, що найбільш перспективним напрямом підвищення біологічної цінності харчових продуктів є використання комбінованих білкових систем, у яких рослинні та мікробіологічні протеїни взаємно компенсують власні обмеження.* ***Висновки.*** *Узагальнення отриманих результатів дозволило сформувати науково обґрунтовані рекомендації щодо вибору альтернативних джерел протеїну залежно від їх нутритивних характеристик і технологічного призначення. Практична значимість результатів дослідження полягає у можливості використання запропонованого підходу під час розроблення нових білкових інгредієнтів, оптимізації рецептур функціональних харчових продуктів, удосконалення технологій переробки альтернативної білкової сировини та наукового обґрунтування вибору рослинних і мікробіологічних протеїнів для створення продуктів із прогнозовано високою біологічною цінністю.*

Ключові слова: *альтернативні джерела протеїну, рослинні білки, мікробіологічні білки, біологічна цінність білка, амінокислотний склад.*

Актуальність теми дослідження зумовлена необхідністю науково обґрунтованої оцінки біологічної цінності альтернативних джерел протеїну як основи формування стійких, безпечних і ресурсоефективних продовольчих систем.

Постановка проблеми. Забезпечення населення повноцінним харчовим білком стає одним із ключових викликів сучасної продовольчої системи. Прогнозоване зростання світового попиту на протеїн, обмеженість природних ресурсів, підвищення екологічного навантаження від традиційного тваринництва та необхідність скорочення викидів парникових газів змушують переглядати усталені підходи до виробництва білкової сировини. За цих умов альтернативні джерела протеїну вже не розглядаються лише як замінники продуктів тваринного походження. Вони поступово формують окремий напрям розвитку харчової індустрії, що поєднує досягнення біотехнології, нутриціології та харчової хімії. Особливий інтерес викликають рослинні та мікробіологічні білки, виробництво яких характеризується значно меншим споживанням земельних і водних ресурсів, можливістю швидкого масштабування та високим потенціалом для створення функціональних харчових продуктів. Проте практична цінність цих джерел визначається насамперед їхньою біологічною якістю, а не лише обсягами виробництва чи екологічними перевагами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За останні роки дослідження альтернативних джерел протеїну істотно змінили свій фокус. Якщо раніше

переважала оцінка екологічних переваг рослинної сировини порівняно з тваринною, то нині основна увага приділяється харчовій повноцінності білка, його засвоюваності та здатності забезпечувати фізіологічні потреби організму людини. Це зумовило розвиток підходів до визначення біологічної цінності протеїнів, однак єдиного підходу до порівняльної оцінки різних альтернативних джерел поки що не сформовано.

L. Herreman, P. Nommensen, B. Pennings та M. C. Laus [1] показали, що використання показника DIAAS забезпечує більш повну характеристику харчової цінності протеїнів порівняно з PDCAAS, оскільки враховує ілеальну засвоюваність незамінних амінокислот. На основі порівняння рослинних і тваринних білків автори встановили значні відмінності між окремими видами рослинної сировини: ізольований соєвий білок наближається до показників тваринних протеїнів, тоді як білки зернових культур характеризуються дефіцитом окремих незамінних амінокислот.

Питання харчової цінності рослинних протеїнів отримало подальший розвиток у дослідженні I. Medina-Vera та ін. [2]. Автори встановили, що поживна цінність рослинних білків визначається не лише їхнім амінокислотним складом, а й ступенем технологічної обробки. Вони показали, що ферментація, ізоляція білкових фракцій та ензиматичний гідроліз сприяють підвищенню засвоюваності амінокислот і зменшенню вмісту антинутрієнтів.

Сучасні напрями розвитку технологій виробництва рослинних білків розглянули N. Kumar та ін. [3]. Отримані ними результати свідчать, що використання прецизійної ферментації, екструзії високої вологості, ферментативної модифікації та сучасних методів фракціонування сприяє підвищенню доступності незамінних амінокислот і покращенню функціональних характеристик білкових інгредієнтів.

Особливості білкової якості готових альтернативних продуктів дослідили S. Cutroneo та ін. [4]. Вони встановили, що високий вміст протеїну в аналогах м'яса не завжди супроводжується високими показниками його засвоюваності. Результати дослідження свідчать про істотні відмінності між комерційними продуктами за амінокислотним профілем і рівнем перетравності, тоді як технологічна обробка лише частково компенсує обмеження рослинної сировини.

Причини таких відмінностей проаналізували J. Auer та ін. [5]. Вони встановили, що білки сої, гороху та кормових бобів, незважаючи на подібний амінокислотний склад, характеризуються різною біодоступністю через особливості клітинної структури, вміст фітатів та взаємодію білків із мінеральними компонентами. Отримані результати також показали, що окремі способи технологічної обробки підвищують засвоюваність як протеїнів, так і мінеральних речовин.

Вплив супутніх компонентів рослинної сировини на засвоюваність білків дослідив C. S. Brennan [6]. Автор встановив, що фенольні сполуки здатні змінювати перетравність протеїнів шляхом утворення білково-фенольних комплексів, хоча одночасно вони забезпечують антиоксидантні властивості продукту.

Білки мікробіологічного походження розглянули R. Kumar та ін. [7]. Автори встановили, що мікроводорості характеризуються збалансованим амінокислотним профілем, високим вмістом біологічно активних пептидів і можуть використовуватися як джерело функціональних білкових інгредієнтів.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Проведений аналіз літератури свідчить, що сучасні дослідження детально характеризують окремі групи рослинних або мікробіологічних білків, однак переважно розглядають їх незалежно одна від одної та ін. [1–7]. У наукових публікаціях недостатньо представлені роботи, у яких обидві групи альтернативних протеїнів порівнюються за єдиною системою критеріїв із урахуванням амінокислотного складу, засвоюваності, біодоступності, впливу антинутрієнтів і технологічної обробки.

Формування цілей статті (постановка завдання). Мета дослідження полягає у проведенні порівняльного аналізу біологічної цінності альтернативних джерел протеїну рослинного та мікробіологічного походження та визначенні перспектив їх використання у сучасних харчових системах.

Об'єкт та предмет дослідження. Об'єктом дослідження є альтернативні джерела протеїну рослинного та мікробіологічного походження. Предметом дослідження є їх біологічна цінність, що оцінюється за амінокислотним складом, засвоюваністю, біодоступністю, наявністю антинутрієнтів, показниками DIAAS і PDCAAS та впливом технологічної обробки.

Методи дослідження та організація дослідження. Методологія дослідження ґрунтується на комплексному застосуванні аналізу, синтезу, систематизації та узагальнення наукової літератури, порівняльного аналізу, структурно-логічного методу та наукового узагальнення. Спеціальне лабораторне обладнання не використовувалося, оскільки дослідження має аналітично-оглядовий характер.

Статистична оцінка одержаних результатів. Статистичне опрацювання експериментальних даних не проводилося у зв'язку з аналітично-оглядовим характером дослідження; порівняння здійснено за узагальненими даними наукових джерел.

Виклад основного матеріалу дослідження. Оцінювання біологічної цінності альтернативних джерел протеїну є одним із найбільш дискусійних напрямів сучасної нутриціології. Причина полягає не у відсутності методів визначення якості білка, а в тому, що кожен із них характеризує лише окремий аспект його харчової цінності [6]. Зі збільшенням кількості рослинних і мікробіологічних джерел протеїну стало очевидно, що однаковий вміст білка не гарантує однакової ефективності його використання організмом. Саме тому сучасне розуміння біологічної цінності ґрунтується на комплексній оцінці амінокислотного складу, засвоюваності, біодоступності та впливу технологічної обробки, а не лише на визначенні загальної кількості протеїну.

Еволюція підходів до оцінювання білкової якості відображає зміну уявлень про роль протеїну в харчуванні людини. Перші методики були орієнтовані переважно на кількісний вміст білка у продукті, однак подальші дослідження показали, що цього показника недостатньо для прогнозування його фізіологічної ефективності [1]. Подібні значення масової частки протеїну можуть поєднуватися з істотними відмінностями у забезпеченості незамінними амінокислотами, їх засвоєнні та подальшому використанні в організмі. Це зумовило поступовий перехід до інтегрованих підходів, які враховують не лише хімічний склад білка, а й особливості його метаболічної доступності.

Одним із перших міжнародно визнаних інтегральних критеріїв став Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score (PDCAAS). Його застосування дозволило поєднати оцінку амінокислотного складу з показником загальної перетравності білка та використовувати єдиний підхід для порівняння різних джерел протеїну. Разом із тим накопичення експериментальних даних продемонструвало низку методологічних обмежень цього показника. Насамперед він базується на фекальній перетравності, яка не відображає реального рівня засвоєння окремих незамінних амінокислот у тонкому кишечнику. Крім того, верхнє обмеження значенням 1,0 унеможливлює диференціацію білків із дуже високою харчовою якістю [7].

Подальший розвиток методології оцінювання привів до впровадження Digestible Indispensable Amino Acid Score (DIAAS) [5]. На відміну від PDCAAS, цей показник визначає ілеальну засвоюваність кожної незамінної амінокислоти окремо, що дозволяє встановити лімітуючі амінокислоти та оцінити їхній вплив на загальну біологічну цінність білка. Для альтернативних джерел протеїну така деталізація є принципово важливою. Рослинні та мікробіологічні білки нерідко мають подібний загальний уміст протеїну, однак суттєво відрізняються за забезпеченістю окремими незамінними амінокислотами та рівнем їх засвоєння.

Розвиток сучасних технологій виробництва білкових інгредієнтів показав, що навіть використання DIAAS не дає вичерпної характеристики харчової якості альтернативного протеїну [6]. Біологічна цінність формується під впливом значно ширшого комплексу чинників. До них належать амінокислотний профіль, співвідношення незамінних амінокислот, наявність антинутрієнтів, ступінь денатурації білкових молекул, а також структурні зміни, що виникають під час ферментації, екструзії, ензиматичного гідролізу, пророщування або інших способів технологічної обробки. У багатьох випадках саме технологія виробництва визначає кінцеву біодоступність білка більшою мірою, ніж його початковий хімічний склад.

Особливості оцінювання рослинних і мікробіологічних білків також суттєво різняться. Для більшості рослинних протеїнів головним фактором залишається дефіцит окремих незамінних амінокислот, тому сучасні дослідження дедалі частіше спрямовані на формування комплементарних білкових композицій [1]. Поєднання білків зернових і бобових культур дозволяє наблизити амінокислотний профіль до фізіологічно оптимального без збільшення загального вмісту протеїну. Для білків мікробіологічного походження основним обмеженням є не амінокислотний склад, а доступність білкових компонентів після руйнування клітинної стінки. Саме тому сучасні біотехнології дедалі більше орієнтовані на вдосконалення способів екстракції та обробки біомаси, здатних підвищити рівень засвоюваності білка.

Проведений аналіз свідчить, що жоден із сучасних показників окремо не забезпечує повної оцінки біологічної цінності альтернативного протеїну [2]. Амінокислотний профіль характеризує потенційну повноцінність білка, однак не враховує ступінь його засвоєння. Показники перетравності відображають доступність амінокислот для організму, але не дають відповіді щодо їхньої збалансованості. Аналіз технологічної обробки демонструє зміни харчової якості продукту, проте не може використовуватися як самостійний критерій порівняння різних джерел білка.

З огляду на це подальший порівняльний аналіз рослинних і мікробіологічних джерел протеїну доцільно здійснювати на основі інтегрованої системи критеріїв, що поєднує оцінювання амінокислотного складу, показників PDCAAS і DIAAS, рівня засвоюваності, біодоступності та впливу технологічної обробки. Систематизацію сучасних підходів до оцінювання біологічної цінності альтернативних протеїнів наведено в табл. 1. Запропонована система критеріїв використовується як методологічна основа подальшого

порівняльного аналізу і забезпечує можливість зіставлення білків різного походження за єдиними принципами оцінювання.

Аналіз сучасних підходів показує, що універсального показника оцінювання біологічної цінності альтернативних джерел протеїну наразі не існує. Кожен із використовуваних критеріїв характеризує окремий аспект харчової якості білка, тому їх застосування ізольовано не забезпечує об'єктивного порівняння різних джерел протеїну. З огляду на це у подальшому дослідженні використано інтегрований підхід, який поєднує оцінювання амінокислотного профілю, показників DIAAS і PDCAAS, рівня засвоюваності, біодоступності та впливу технологічної обробки. Така система критеріїв дозволяє зіставляти рослинні й мікробіологічні білки за єдиною методологічною основою та забезпечує коректність їх подальшого порівняльного аналізу.

Комплексне оцінювання біологічної цінності альтернативних джерел протеїну передбачає одночасний аналіз кількох взаємопов'язаних показників. Жоден із них окремо не відображає повною мірою харчову якість білка, тому коректне порівняння можливе лише за сукупністю критеріїв. З цією метою проведено узагальнення сучасних літературних даних щодо рослинних і мікробіологічних протеїнів за показниками амінокислотного складу, засвоюваності, біодоступності, наявності антинутрієнтів та інтегральних індексів якості білка [6–9] (табл. 2).

Дані, наведені в табл. 2, свідчать, що найбільші відмінності між альтернативними джерелами протеїну стосуються не стільки загального вмісту білка, скільки його амінокислотної збалансованості. Саме цей показник значною мірою визначає подальші відмінності у значеннях DIAAS, засвоюваності та кінцевій біологічній цінності. Порівняння різних груп протеїнів показує, що білки мікробіологічного походження, зокрема мікроводоростей, дріжджів і мікопротеїну, у більшості випадків характеризуються повнішим набором незамінних амінокислот [9]. Для рослинної сировини ситуація менш однорідна. Амінокислотний профіль істотно залежить від ботанічного походження: зернові культури мають недостатній уміст лізину, тоді як у білках бобових культур лімітуючими найчастіше є метіонін і цистеїн. Це пояснює, чому сучасні харчові технології дедалі частіше орієнтуються не на використання окремих рослинних білків, а на створення їх комбінованих композицій, у яких дефіцит одних амінокислот компенсується за рахунок інших компонентів.

Порівняння показників засвоюваності свідчить, що вирішальне значення має не лише походження протеїну, а й особливості його структури та ступінь технологічної обробки. Для рослинних білків обмежувальними факторами залишаються щільна клітинна матриця, висока частка харчових волокон та присутність сполук, які ускладнюють доступ травних ферментів до білкових молекул. Після ферментації, пророщування, ензиматичного гідролізу або екструзії рівень засвоюваності помітно підвищується, що підтверджує визначальну роль технології переробки у формуванні

Таблиця 1

Систематизація сучасних підходів до оцінювання біологічної цінності альтернативних джерел протеїну

Підхід	Що оцінюється	Переваги	Обмеження	Доцільність використання
Вміст білка	Загальна кількість протеїну	Простота визначення	Не характеризує біологічну цінність	Первинна оцінка сировини
Амінокислотний профіль	Забезпеченість незамінними амінокислотами	Виявляє лімітуючі амінокислоти	Не враховує засвоюваність	Порівняння харчової повноцінності
PDCAAS	Якість білка з урахуванням перетравності	Міжнародний стандартизований показник	Не враховує ілеальну засвоюваність; обмеження значення 1,0	Порівняння традиційних джерел білка
DIAAS	Ілеальна засвоюваність окремих незамінних амінокислот	Найточніше характеризує біологічну цінність	Висока складність визначення	Оцінювання альтернативних джерел протеїну
Біодоступність	Реальне використання амінокислот організмом	Відображає фізіологічну ефективність	Залежить від багатьох чинників	Функціональні продукти
Вплив технологічної обробки	Зміни якості білка після переробки	Дає змогу оцінити ефективність технологій	Не є самостійним критерієм	Біотехнологічні дослідження
Комплексний підхід (авторська пропозиція)	Інтегральна оцінка біологічної цінності	Забезпечує об'єктивне порівняння різних джерел протеїну	Потребує комплексного аналізу	Основа порівняльного дослідження

Джерело: сформовано на основі [6, 7, 8, 9].

біологічної цінності кінцевого продукту [10]. Для мікробіологічних білків ключовим чинником є ефективність руйнування клітинної стінки, оскільки саме вона визначає доступність внутрішньоклітинного білка для ферментативного гідролізу. Отже, високий потенціал мікробного протеїну реалізується лише за умови належної технологічної підготовки біомаси.

Подібна закономірність простежується і під час аналізу біодоступності. Представлені в табл. 2 результати свідчать, що високий вміст незамінних амінокислот не завжди супроводжується їх ефективним використанням організмом. Біодоступність формується під впливом сукупності факторів, серед яких визначальними є структура білка, ступінь його денатурації, взаємодія з іншими компонентами харчової матриці та спосіб технологічної обробки [10]. Саме тому білки, які мають подібний амінокислотний профіль, можуть демонструвати різну фізіологічну ефективність. Для альтернативних джерел протеїну це має принципове значення, оскільки дозволяє оцінювати не лише потенційну, а й фактичну харчову цінність білка після його споживання.

Окремої уваги потребує роль антинутрієнтів, вплив яких суттєво відрізняється залежно від походження білка. Для більшості рослинних культур основними факторами, що обмежують засвоєння протеїну, залишаються фітати, інгібітори протеаз, таніни та окремі фенольні сполуки [11]. Їх присутність знижує доступність амінокислот і погіршує засвоєння деяких мінеральних речовин, однак цей ефект значною мірою нівелюється сучасними технологіями ферментації, пророщування та ферментативної модифікації. У мікробіологічних джерелах класичні антинутрієнти практично відсутні, проте їх функціональним аналогом виступає клітинна оболонка, яка ускладнює доступ травних ферментів до білкової фракції. Це свідчить, що чинники, які обмежують біологічну цінність рослинних і мікробіологічних протеїнів, мають різну природу, хоча кінцевий результат проявляється однаково – у зниженні ефективності використання білка організмом.

Проведене порівняння дозволяє зробити висновок, що жодна група альтернативних протеїнів не має універсальної переваги за всіма критеріями оцінювання. Рослинні білки поступаються мікробіологічним за збалансованістю амінокислотного складу, однак ці відмінності можуть бути істотно зменшені завдяки комбінуванню різних видів сировини та сучасним методам її переробки. Мікробіологічні протеїни, своєю чергою, характеризуються високою потенційною біологічною цінністю, проте ефективність їх використання безпосередньо залежить від технологій отримання й підготовки біомаси. Це дає підстави розглядати технологічну обробку не як допоміжний етап виробництва, а як один із ключових чинників формування біологічної цінності альтернативних джерел протеїну.

Попередній аналіз показав, що оцінювання альтернативних джерел протеїну лише за показниками амінокислотного складу або засвоюваності не дозволяє зробити однозначний висновок щодо їх практичної цінності [9, 12]. Для впровадження білкових інгредієнтів у виробництво харчових продуктів не менш важливими є технологічна придатність сировини, економічна доцільність її використання, рівень промислової готовності та можливість забезпечення стабільної біологічної цінності кінцевого продукту. Саме тому на завершальному етапі дослідження доцільно перейти від аналізу окремих показників до комплексної оцінки перспектив використання рослинних і мікробіологічних протеїнів.

З цією метою узагальнено результати порівняльного аналізу за критеріями, які визначають можливості практичного застосування альтернативних білків у харчовій промисловості [12]. До оцінювання включено не лише нутритивні характеристики, а й технологічні, економічні та виробничі аспекти, що безпосередньо впливають на розроблення продуктів із високою біологічною

Таблиця 2

Порівняльна характеристика альтернативних джерел протеїну за сучасними критеріями оцінювання біологічної цінності

Джерело протеїну	Амінокислотний склад	Засвоюваність	Біодоступність	Антинутрієнти	DIAAS/ PDCAAS	Загальна оцінка
Соєвий білок	високий	висока	висока	низькі після обробки	високий	дуже висока
Гороховий	добрий	висока	середня-висока	фітати	середній	висока
Боби	добрий	середня	середня	фітати, таніни	середній	середня
Зернові	дефіцит лізину	висока	середня	низькі	середній	середня
Мікроводорості	дуже високий	залежить від руйнування клітин	висока	практично відсутні	високий	дуже висока
Дріжджі	високий	висока	висока	відсутні	високий	дуже висока
Мікопротеїн	високий	висока	висока	відсутні	високий	дуже висока

Джерело: сформовано на основі [2, 5, 8, 9].

Таблиця 3

Порівняльна характеристика переваг, обмежень та перспектив використання альтернативних джерел протеїну у виробництві харчових продуктів

Напрям аналізу	Рослинні протеїни	Мікробіологічні протеїни	Практичне значення для розроблення харчових продуктів
Амінокислотний профіль	Потребує взаємодоповнення різних культур	У більшості випадків є збалансованим	Визначає вибір рецептури білкових композицій
Засвоюваність	Залежить від способу обробки та вмісту антинутрієнтів	Визначається ефективністю руйнування клітинної стінки	Обумовлює вибір технології виробництва
Біодоступність	Підвищується після ферментації або гідролізу	Підвищується після екстракції білка	Впливає на реальну харчову цінність продукту
Основні фактори, що обмежують використання	Лімітуючі амінокислоти, фітати, таніни, інгібітори протеаз	Клітинна оболонка, висока вартість окремих технологій	Визначають напрями технологічної оптимізації
Технологічні рішення	Комбінування білків, ферментація, екструзія, пророщування	Руйнування клітинної стінки, біотехнологічна модифікація, оптимізація екстракції	Сприяють підвищенню біологічної цінності

Джерело: власна розробка автора.

цінністю. Такий підхід дозволяє розглядати альтернативні джерела протеїну як складові єдиної системи виробництва білкових продуктів, а не як ізольовані інгредієнти. Узагальнені результати наведено в таблиці 3.

Представлені в табл. 3 результати свідчать, що рослинні та мікробіологічні джерела протеїну не мають універсальних переваг за всіма критеріями оцінювання. Їх конкурентні позиції змінюються залежно від показника, який аналізується [10]. Якщо біологічна цінність визначається насамперед амінокислотною збалансованістю та відсутністю антинутрієнтів, перевагу демонструють мікробіологічні білки. За показниками доступності сировини, рівня промислового освоєння та економічної ефективності більш вигідними залишаються рослинні протеїни. Отже, результати порівняння не дають підстав розглядати одну з цих груп як безумовно кращу.

Показовим є те, що більшість виявлених обмежень пов'язана не з природними властивостями білків, а з технологією їх отримання та переробки. Для рослинної сировини ключовими чинниками залишаються корекція амінокислотного профілю та зниження вмісту антинутрієнтів [9]. Для мікробіологічних протеїнів вирішальне значення має ефективне руйнування клітинної стінки, яке визначає доступність білкової фракції для травних ферментів. Це означає, що сучасні технології виробництва впливають на біологічну цінність білка не меншою мірою, ніж його природний склад.

Ще одна закономірність, яка простежується за результатами проведеного аналізу, полягає у зміні самого підходу до розроблення білкових продуктів. Якщо раніше основною метою було пошук окремого джерела протеїну з максимально високими показниками якості, то сучасні дослідження дедалі більше орієнтовані на формування багатокомпонентних білкових систем [12]. Поєднання рослинних і мікробіологічних білків дозволяє одночасно покращити амінокислотний склад, підвищити засвоюваність, мінімізувати вплив антинутрієнтів і зберегти прийнятний рівень собівартості продукції. Саме ця тенденція, на нашу думку, визначатиме розвиток технологій виробництва альтернативних білкових продуктів у найближчі роки.

Проведене порівняння дає підстави запропонувати інтегрований підхід до оцінювання перспективності альтернативних джерел протеїну [8]. На відміну від поширеної практики, коли окремі види білків аналізуються ізольовано, доцільно оцінювати їх як елементи єдиної білкової системи, у якій кінцева біологічна цінність формується внаслідок поєднання складу сировини, технології її обробки та взаємодії окремих компонентів. Такий підхід створює підґрунтя для цілеспрямованого проєктування харчових продуктів із прогнозованими нутритивними властивостями та може бути використаний як методологічна основа подальших досліджень.

Наукова новизна одержаних результатів. Запропоновано інтегрований підхід до порівняльного оцінювання альтернативних джерел протеїну, який поєднує амінокислотний профіль, DIAAS і PDCAAS, засвоюваність, біодоступність та вплив технологічної обробки, а також обґрунтовано перспективність комбінованих білкових систем рослинного та мікробіологічного походження.

Висновки із зазначених проблем і перспективи подальших досліджень у поданому напрямі. Проведене дослідження підтвердило, що оцінювання біологічної цінності альтернативних джерел протеїну потребує комплексного підходу, оскільки жоден окремий показник не дозволяє повною мірою охарактеризувати їх харчову якість. Аналіз сучасних наукових підходів засвідчив еволюцію критеріїв оцінювання від визначення загального вмісту білка до використання

інтегральних показників, які враховують амінокислотний склад, засвоюваність, біодоступність та вплив технологічної обробки. Найбільш інформативним інструментом порівняльного аналізу альтернативних протеїнів на сучасному етапі є комплексне застосування показників DIAAS, PDCAAS, характеристик амінокислотного профілю та факторів, що впливають на доступність білка для організму.

Порівняльний аналіз рослинних і мікробіологічних джерел протеїну показав, що їх біологічна цінність визначається різними чинниками. Для рослинних білків основними обмеженнями залишаються дефіцит окремих незамінних амінокислот і наявність антинутрієнтів, які знижують ефективність засвоєння протеїну. Для мікробіологічних білків характерний більш збалансований амінокислотний склад, однак рівень їх біологічної цінності значною мірою залежить від ефективності технологій руйнування клітинної стінки та екстракції білкових компонентів. Отже, природний склад білка є лише одним із чинників, що формують його харчову якість, тоді як вирішальну роль у багатьох випадках відіграють сучасні технології переробки.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з експериментальною перевіркою запропонованого інтегрованого підходу для комбінованих білкових систем, уточненням показників їх засвоюваності та біодоступності й оцінюванням впливу технологічної обробки на кінцеву біологічну цінність продуктів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Herreman L., Nommensen P., Pennings B., Laus M. C. Comprehensive overview of the quality of plant- and animal-sourced proteins based on the digestible indispensable amino acid score. *Food Science & Nutrition*. 2020. Vol. 8, No. 10. P. 5379–5391. DOI: https://doi.org/10.1002/fsn3.1809.

2. Medina-Vera I., Avila-Nava A., León-López L., Gutiérrez-Solis A. L., Talamantes-Gómez J. M., Márquez-Mota C. C. Plant-based proteins: Clinical and technological importance. *Food Science and Biotechnology*. 2024. Vol. 33, No. 11. P. 2461–2475. DOI: https://doi.org/10.1007/s10068-024-01600-5.

3. Kumar N., Kaushik N., Pratibha, Jaiswal R., Gonçalves Lima C. M., Trajkovska Petkoska A., Kieliszek M. Rethinking plant proteins: Innovations in nutrition, processing, and food development. *Plant Foods for Human Nutrition*. 2026. Vol. 81, No. 2. Article 54. DOI: https://doi.org/10.1007/s11130-026-01509-w.

4. Cutroneo S., Prandi B., Pellegrini N., Sforza S., Tedeschi T. Assessment of protein quality and digestibility in plant-based meat analogues. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 2024. Vol. 72, No. 14. P. 8114–8125. DOI: https://doi.org/10.1021/acs.jafc.3c08956.

5. Auer J., Alminger M., Marinea M., Johansson M., Zamaratskaia G., Högberg A., Langton M. Assessing the digestibility and estimated bioavailability/bioaccessibility of plant-based proteins and minerals from soy, pea, and faba bean ingredients. *LWT – Food Science and Technology.* 2024. Vol. 197. Article 115893. DOI: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.115893.

6. Brennan C. S. The role of valorised plant proteins and phenolic compounds on the digestibility of foods: A short review of recent trends and future opportunities in addressing sustainability issues. *Frontiers in Food Science and Technology*. 2024. Vol. 4. Article 1354391. DOI: https://doi.org/10.3389/frfst.2024.1354391.

7. Kumar R., Hegde A. S., Sharma K., Parmar P., Srivatsan V. Microalgae as a sustainable source of edible proteins and bioactive peptides: Current trends and future prospects. *Food Research International*. 2022. Vol. 157. Article 111338. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111338.

8. Van De Walle S., Broucke K., Baune M. C., Terjung N., Van Royen G., Boukid F. Microalgae protein digestibility: How to crack open the black box? *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2024. Vol. 64, No. 20. P. 7149–7171. DOI: https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2181754.

9. Williamson E., Ross I. L., Wall B. T., Hankamer B. Microalgae: Potential novel protein for sustainable human nutrition. *Trends in Plant Science*. 2024. Vol. 29, No. 3. P. 370–382. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tplants.2023.08.006.

10. Li R., Fan X., Jiang Y., Wang R., Guo R., Zhang Y., Fu S. From anaerobic digestion to single cell protein synthesis: A promising route beyond biogas utilization. *Water Research.* 2023. Vol. 243. Article 120417. DOI: https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.120417.

11. Zeng Y., Chen E., Zhang X., Li D., Wang Q., Sun Y. Nutritional value and physicochemical characteristics of alternative protein for meat and dairy – A review. *Foods.* 2022. Vol. 11, No. 21. Article 3326. DOI: https://doi.org/10.3390/foods11213326

12. Nunes E., Odenthal K., Nunes N., Fernandes T., Fernandes I. A., Pinheiro de Carvalho M. A. A. Protein extracts from microalgae and cyanobacteria biomass: Techno-functional properties and bioactivity: A review. *Algal Research*. 2024. Vol. 82. Article 103638. DOI: https://doi.org/10.1016/j.algal.2024.103638.

REFERENCES

1. Herreman, L., Nommensen, P., Pennings, B., & Laus, M. C. (2020). Comprehensive overview of the quality of plant- and animal-sourced proteins based on the digestible indispensable amino acid score. *Food Science & Nutrition*, 8(10), 5379–5391. https://doi.org/10.1002/fsn3.1809

2. Medina-Vera, I., Avila-Nava, A., León-López, L., Gutiérrez-Solis, A. L., Talamantes-Gómez, J. M., & Márquez-Mota, C. C. (2024). Plant-based proteins: Clinical and technological importance. *Food Science and Biotechnology*, 33(11), 2461–2475. https://doi.org/10.1007/s10068-024-01600-5

3. Kumar, N., Kaushik, N., Pratibha, Jaiswal, R., Gonçalves Lima, C. M., Trajkovska Petkoska, A., & Kieliszek, M. (2026). Rethinking plant proteins: Innovations in nutrition, processing, and food development. *Plant Foods for Human Nutrition*, 81(2), Article 54. https://doi.org/10.1007/s11130-026-01509-w

4. Cutroneo, S., Prandi, B., Pellegrini, N., Sforza, S., & Tedeschi, T. (2024). Assessment of protein quality and digestibility in plant-based meat analogues. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 72(14), 8114–8125. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.3c08956

5. Auer, J., Alminger, M., Marinea, M., Johansson, M., Zamaratskaia, G., Högberg, A., & Langton, M. (2024). Assessing the digestibility and estimated bioavailability/bioaccessibility of plant-based proteins and minerals from soy, pea, and faba bean ingredients. *LWT – Food Science and Technology*, 197, Article 115893. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.115893

6. Brennan, C. S. (2024). The role of valorised plant proteins and phenolic compounds on the digestibility of foods: A short review of recent trends and future opportunities in addressing sustainability issues. *Frontiers in Food Science and Technology*, 4, Article 1354391. https://doi.org/10.3389/frfst.2024.1354391

7. Kumar, R., Hegde, A. S., Sharma, K., Parmar, P., & Srivatsan, V. (2022). Microalgae as a sustainable source of edible proteins and bioactive peptides: Current trends and future prospects. *Food Research International*, 157, Article 111338. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111338

8. Van De Walle, S., Broucke, K., Baune, M. C., Terjung, N., Van Royen, G., & Boukid, F. (2024). Microalgae protein digestibility: How to crack open the black box? *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(20), 7149–7171. https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2181754

9. Williamson, E., Ross, I. L., Wall, B. T., & Hankamer, B. (2024). Microalgae: Potential novel protein for sustainable human nutrition. *Trends in Plant Science,* 29(3), 370–382. https://doi.org/10.1016/j.tplants.2023.08.006

10. Li, R., Fan, X., Jiang, Y., Wang, R., Guo, R., Zhang, Y., & Fu, S. (2023). From anaerobic digestion to single cell protein synthesis: A promising route beyond biogas utilization. *Water Research*, 243, Article 120417. https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.120417

11. Zeng, Y., Chen, E., Zhang, X., Li, D., Wang, Q., & Sun, Y. (2022). Nutritional value and physicochemical characteristics of alternative protein for meat and dairy – A review. *Foods*, 11(21), Article 3326. https://doi.org/10.3390/foods11213326

12. Nunes, E., Odenthal, K., Nunes, N., Fernandes, T., Fernandes, I. A., & Pinheiro de Carvalho, M. A. A. (2024). Protein extracts from microalgae and cyanobacteria biomass: Techno-functional properties and bioactivity: A review. *Algal Research*, 82, Article 103638. https://doi.org/10.1016/j.algal.2024.103638

***Yu. Honchar**, PhD, Associate Professor (Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University);* ***Ya. Vavrysevych**, PhD, Associate Professor (Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies of Lviv);* ***V. Kolodii**, PhD, Senior Lecturer (Kamianets-Podilskyi Ivan Ohiienko National University).*

Comparative analysis of the biological value of alternative plant- and microbiological-based protein sources

***Abstract. Purpose of the study.** The purpose of this study is to conduct a comparative analysis of the biological value of alternative protein sources of plant and microbiological origin, to systematize contemporary approaches to their evaluation, and to identify their advantages, limitations, and prospects for the development of food products with high biological value. **Research methodology.** The research methodology is based on the integrated application of scientific methods, including analysis, synthesis, systematization and generalization of the scientific literature, comparative analysis, the structural-logical method, and scientific generalization to compare contemporary criteria for protein quality assessment. The comparative analysis was performed using indicators of amino acid composition, protein digestibility, bioavailability, the presence of antinutritional factors, and modern integrated criteria for evaluating protein biological value. **Results.** The study systematizes current scientific approaches to assessing the biological value of alternative protein sources and demonstrates the evolution of evaluation criteria from the determination of total protein content to the comprehensive assessment of nutritional quality. The findings indicate that the use of individual indicators alone does not provide an objective comparison of plant and microbiological proteins, whereas their combined application enables a more comprehensive evaluation of protein quality. The analysis revealed that the primary factors limiting the biological value of plant proteins are deficiencies in specific indispensable amino acids and the presence of antinutritional compounds, whereas the biological value of microbiological proteins is largely determined by the efficiency of cell wall disruption and protein extraction technologies. The study further demonstrates that modern processing technologies, including fermentation, enzymatic modification, extrusion, and biotechnological processing, substantially influence protein digestibility and bioavailability regardless of protein origin. Based on the findings, an integrated approach to the comparative evaluation of alternative protein sources is proposed, combining amino acid profile analysis, DIAAS and PDCAAS indices, digestibility, bioavailability, and the effects of technological processing. The results also indicate that the most promising strategy for improving the biological value of food products is the development of combined protein systems in which plant and microbiological proteins complement each other's nutritional limitations. The synthesis of the obtained results made it possible to formulate scientifically grounded recommendations for selecting alternative protein sources according to their nutritional characteristics and intended technological application.*

Conclusions. *The practical significance of the study lies in the potential application of the proposed approach to the development of novel protein ingredients, the optimization of formulations for functional foods, the improvement of processing technologies for alternative protein raw materials, and the scientific substantiation of the selection of plant and microbiological proteins for the production of food products with predictably high biological value.*

Keywords: *alternative protein sources, plant proteins, microbiological proteins, protein biological value, amino acid composition.*

Дата першого надходження статті до видання: 14.07.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 04.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 658.562
DOI https://doi.org/10.37734/2518-7171-2026-2-15

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

УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕЧНІСТЮ АЛКОГОЛЬНИХ НАПОЇВ У ПРОЦЕСІ МИТНОГО ОФОРМЛЕННЯ

А. С. ТКАЧЕНКО, доктор технічних наук, доцент
ORCID ID: 0000-0001-5521-3327
Я. Б. ПИРІГ, аспірант
ORCID ID: 0009-0001-7776-1241
В. С. ТКАЧЕНКО, аспірант
ORCID ID: 0009-0003-5435-252X
(Полтавський університет економіки і торгівлі)

Анотація. *У статті досліджено особливості управління безпечністю алкогольних напоїв у процесі їх митного оформлення та переміщення під митним контролем. Актуальність роботи зумовлена необхідністю гармонізації національних вимог до безпечності харчових продуктів і митного контролю з європейським законодавством, а також посиленням ризиків потрапляння на внутрішній ринок контрафактної та фальсифікованої алкогольної продукції. Метою дослідження є визначення основних ризиків і небезпечних факторів, що можуть впливати на безпечність імпортних алкогольних напоїв на етапах їх митного оформлення та транспортування. Об'єктами дослідження обрано алкогольні напої імпортного виробництва різних товарних категорій: вино, вино ігристе, бренді, віскі, горілка. Проведено аналіз маркування продукції на відповідність вимогам законодавства України, зокрема щодо зазначення виробника, країни походження, об'єму, міцності та алергенних компонентів (діоксиду сульфуру). Для оцінювання ризиків застосовано експертно-аналітичний метод із визначенням імовірності виникнення, тяжкості наслідків і складності виявлення небезпеки та розрахунком інтегрального показника пріоритетності ризику RPN. Встановлено, що найбільш критичними є ризики фальсифікації складу продукції, реалізації через нелегальні канали збуту, використання спирту невідомого походження та підроблення торговельних марок і пакування. Ідентифіковано хімічні, біологічні, фізичні та алергенні небезпечні фактори у контексті системи HACCP під час переміщення алкогольних напоїв під митним контролем. Найвищу значущість визначено для фізичного пошкодження тари та ризику потрапляння уламків скла до продукції. Запропоновано комплекс контрольних заходів, що включає перевірку цілісності пакування, маркування, транспортних умов, простежуваності партій та товаросупровідної документації. Отримані результати можуть бути використані для удосконалення ризик-орієнтованого підходу до митного контролю та підвищення ефективності управління безпечністю імпортних алкогольних напоїв.*

Ключові слова: *алкогольні напої, система управління безпечністю харчових продуктів, митна логістика, декларування товарів, митне оформлення, простежуваність.*

Постановка проблеми в загальному вигляді. Гармонізація вітчизняного законодавства з європейським в рамках євроінтеграційних процесів актуалізує питання приведення вітчизняних норм експертизи та митного контролю у відповідність до вимог ЄС [1]. Особливого значення набувають товари (зокрема алкогольні напої), які раніше на українському ринку мали аналогічні назви: «коньяк», «арманьяк», «шампанське» тощо. Зазначені назви належать до таких, які охороняються географічно і мають бути захищені. Крім того, в Україні суттєво змінились вимоги до управління безпечністю харчових продуктів, зокрема з прийняттям нової редакції Закон України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» [2] та Наказу МінАПК «Про затвердження Вимог щодо розробки, впровадження та застосування постійно діючих процедур, заснованих на принципах Системи управління безпечністю харчових продуктів (HACCP)» [3]. При цьому зміни в митному оформленні і простежуваності алкогольних напоїв заплановані, проте відтерміновані через воєнний стан. Закон України «Про державне регулювання виробництва і обігу спирту етилового, спиртових дистилятів, біоетанолу, алкогольних напоїв, тютюнових виробів, тютюнової сировини, рідин, що використовуються в електронних сигаретах, та пального» від 18 червня 2024 року № 3817-IX встановлює вимоги до операцій з ввезення на митну територію України та вивезення за межі митної території України алкогольних напоїв [4]. Таким чином, дослідження управління безпечністю та митного оформлення бренді має як теоретичне, так і науково-практичне значення для удосконалення системи митного контролю та сприяння управління безпечністю на ринку алкогольних товарів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням митного оформлення та логістики бренді під час митного оформлення присвячена стаття [5]. У статті автори досліджують захист об'єктів інтелектуальної власності, зокрема на

предмет географічного захисту. Проте у статті не розкрите питання управління безпечністю алкогольних напоїв. З огляду на євроінтеграційний курс України цікавим є дослідження [6]. У статті розглянуті митні процедури, митне оформлення, митна політика у контексті Митного кодексу України та Митного кодексу ЄС. Зазначена стаття має юридичний акцент та зосереджена на порівнянні законодавчих митних термінів. Щодо питань управління безпечністю харчових продуктів, кількість праць стосовно алкогольних напоїв є доволі обмеженою. Так, у статті [7] наведено способи та методи контролю якості алкогольних напоїв і впливу мікродомішок на їх споживчі властивості. Зазначене дослідження сфокусоване на методах дослідження алкогольних напоїв, але не визначає вимог до системи управління безпечністю. Натомість у публікації [8] авторами досліджені вимоги до управління безпечністю харчових продуктів квасу, але алкогольна продукція у статті не розглядається. Статті закордонних авторів [9,10] здебільшого розглядають безпечність алкоголю крізь призму його споживання і впливу на здоров'я, а не крізь з огляду на показники безпечності. Отже, невирішеними лишаються питання управління безпечністю алкогольних напоїв у процесі митного оформлення.

Формування цілей статті. Метою роботи є дослідження управління безпечністю алкогольних напоїв у процесі митного оформлення. Виходячи з мети поставлені такі завдання:

1. Провести аналіз маркування імпортних алкогольних напоїв та оцінити його відповідність установленим вимогам.
2. Визначити основні ризики потрапляння на український ринок контрафактної та фальсифікованої алкогольної продукції.
3. Ідентифікувати й проаналізувати небезпечні фактори, що можуть впливати на безпечність алкогольних напоїв під час їх переміщення під митним контролем від пункту пропуску через митний кордон України до митниці призначення, із застосуванням принципів HACCP.

Виклад основного матеріалу дослідження. Об'єктом дослідження є алкогольні напої імпортного виробництва: вино «Aligote Nuiton-Beaunoy» (Франція), вино ігристе «Asti DOCG Spum» Acquesi (Італія); бренді «1877 Solera Reserva» (Іспанія); віскі «Wolfburn Single Malt Slava Ukraini» (Шотландія); горілка «Barska Classic» (Литва). Загалом кількість країн, з яких імпортувались алкогольні напої на митну територію України (2024 рік) наведена на рис. 1.

Рисунок 1 відображає географічну структуру імпорту алкогольних напоїв в Україну у 2024 році. Найбільшим постачальником виступає Італія, обсяг імпорту з якої суттєво перевищує показники інших країн. Значні обсяги постачання також припадають на Францію, Іспанію, Німеччину та Бельгію. Це свідчить про домінуючу роль країн Європейського Союзу у формуванні імпортної пропозиції алкогольних напоїв на українському

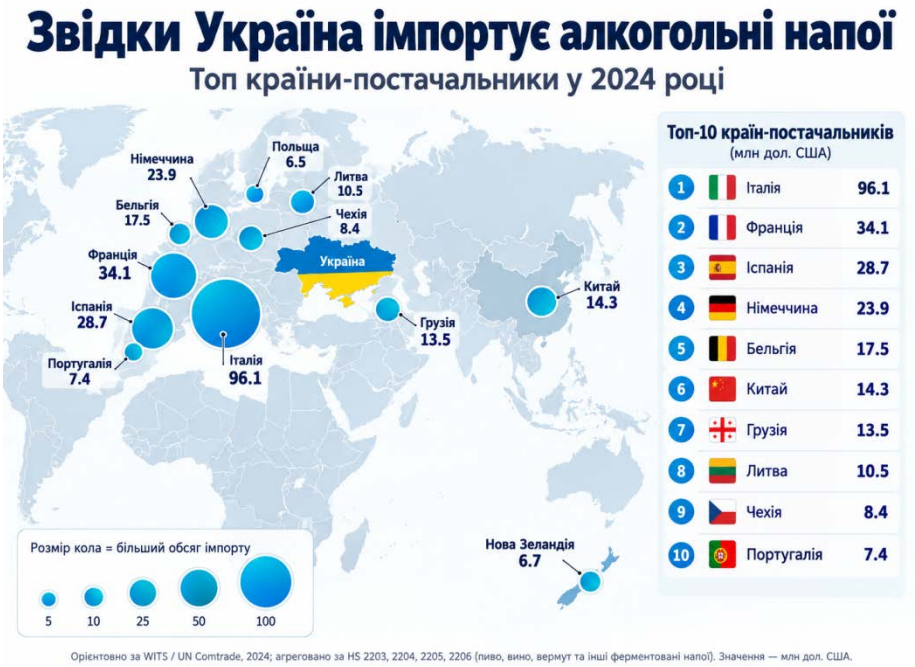


Рис. 1. Географічна структура імпорту алкогольних напоїв в Україну за країнами походження у 2024 році (розроблено автором на основі даних Державної митної служби України)

ринку. Поряд із європейськими постачальниками помітне місце займають Китай і Грузія, а також Литва, Чехія, Португалія та Польща.

Предметом дослідження є вимоги до маркування, ризики фальсифікації та небезпечні фактори, що виникають під час митного оформлення і переміщення імпортних алкогольних напоїв під митним контролем.

Методи дослідження: метод дерева рішень, метод визначення значущості небезпечних факторів [11], аналітичний метод.

Першим етапом дослідження є аналіз відповідності маркування Закону Україну «Про інформацію для споживачів щодо харчових продуктів». Стаття 6 Закону передбачає зазначення назви й місцезнаходження оператора ринку, відповідального за інформацію про продукт, а для імпортованих товарів – імпортера. Також передбачено позначення для ідентифікації партії (лоту). Аналіз маркування, зокрема в контексті дослідження наявності алергенів (діоксиду сірки) наведено у табл. 1.

За результатами вибіркового аналізу п'яти імпортних алкогольних напоїв, представлених в інтернет-магазині «Вина світу», встановлено, що доступні товарні картки містять основні відомості про продукцію, зокрема її назву, виробника, країну походження, об'єм та міцність. Особливу увагу необхідно приділити зазначенню алергенів, передусім діоксиду сірки та сульфітів у виноробній продукції. Відповідно до законодавства, відсутність обов'язкового переліку інгредієнтів на алкогольних напоях міцністю понад 1,2% об. не звільняє операторів ринку від вимог щодо декларування алергенних речовин, які підлягають обов'язковому зазначенню.

Наступним етапом було експертно-аналітичне оцінювання ризиків потрапляння контрафактної та фальсифікованої продукції на український ринок. Для кожного ризику визначимо три показники за п'ятибальною шкалою. У таблиці 2 наведено критерії оцінювання за даною методикою.

Інтегральний показник пріоритетності ризику розрахуємо за формулою:

$$RPN_i = P_i * S_i * D_i \quad (1)$$

де RPN_i – показник пріоритетності і-го ризику. Мінімальне значення становить 1, максимальне –

Таблиця 1

Аналіз маркування алкогольних напоїв імпортного виробництва

Алкогольний напій	Інформація, зазначена на сайті	Аналіз алергенів
Вино «Aligote Nuiton-Beaunoy»	Біле сухе вино; виробник – Union des Vignerons Associés des Monts de Bourgogne; Франція, Бургундія; об'єм 0,75 л; міцність 12%.	Особливу увагу необхідно приділити діоксиду сірки та сульфітам. На маркуванні зазначено сульфіти як алерген.
Вино ігристе «Asti DOCG Spum» Acquesi	Біле солодке ігристе вино; виробник – MGM Mondo del Vino; Італія, П'ємонт; об'єм 0,75 л; міцність 7%; сорт винограду – Moscato Bianco.	На маркованні наведено позначення «Містить сульфіти» (концентрація перевищує 10 мг/кг або 10 мг/л у перерахунку на SO_2).
Бренді «1877 Solera Reserva»	Виробник – Bodegas Williams & Humbert S.A.U.; Іспанія; об'єм 0,7 л; міцність 36%; витримка 3 роки; торгова марка M.Misa Solera.	Для напоїв міцністю понад 1,2% об. перелік інгредієнтів не є обов'язковим за статтею 6, частиною восьмою. Наявність алергенів не зазначена
Віскі «Wolfburn Single Malt Slava Ukraini»	Односолодовий шотландський віскі; виробник – Aurora Brewing Ltd; Шотландія; об'єм 0,7 л; міцність 46%; витримка 7 років.	Злаки, що містять глютен, належать до переліку алергенів, проте закон передбачає виняток для зернових, які використовують для виробництва спиртових дистилятів. Тому саме використання ячмінного солоду для виробництва віскі не означає автоматичної необхідності позначення глютену як алергену.
Горілка «Barska Classic»	Виробник – АВ «Vilniaus Degtinė»; Литва; об'єм 0,5 л; міцність 40%; торгова марка Barska. В описі також згадується дистилят квітів липи та мед.	На маркованні не наведено окремої інформації про алергени. Сам мед не належить до переліку алергенних продуктів у додатку № 1 до цього Закону. Водночас лише за описом товару неможливо підтвердити повну рецептуру та відсутність інших компонентів, які підлягають декларуванню.

Таблиця 2

Методика математичного оцінювання ризиків

Показник	Позначення	Критерії оцінювання
Імовірність виникнення	P	Від 1 – дуже низька до 5 – дуже висока
Тяжкість наслідків	S	Від 1 – незначні наслідки до 5 – критичні наслідки для здоров'я, безпеки або економіки
Складність виявлення	D	Від 1 – ризик легко виявити до 5 – ризик дуже складно виявити до потрапляння продукції на ринок

Таблиця 3

Експертно-аналітичне оцінювання ризиків потрапляння контрафактної та фальсифікованої алкогольної продукції на український ринок

№	Ідентифікований ризик	Pi	Si	Di	RPN=P * S * D	Рівень пріоритетності
1	Фальсифікація складу та характеристик алкогольного напою	4	5	4	80	Дуже високий
2	Реалізація через нелегальні канали постачання і збуту	4	4	5	80	Дуже високий
3	Використання спирту невідомого походження та потенційно небезпечної сировини	3	5	5	75	Дуже високий
4	Підроблення торговельних марок та упаковки	4	4	4	64	Дуже високий
5	Подання недостовірних митних і товаросупровідних документів	3	4	4	48	Високий
6	Порушення цілісності упаковки та повторне використання тари	3	4	4	48	Високий
7	Підроблення або відсутність належного акцизного маркування	3	4	3	36	Середній
8	Недостовірне або неповне маркування алкогольної продукції	4	3	3	36	Середній

Таблиця 4

Шкала інтерпретації результатів оцінювання ризиків потрапляння контрафактної та фальсифікованої алкогольної продукції на український ринок

Значення RPN	Рівень пріоритетності
1–19	Низький
20–39	Середній
40–59	Високий
60–125	Дуже високий

125. Чим більше значення RPN, тим вищим є пріоритет ризику для подальшого контролю. Експертно-аналітичне оцінювання ризиків потрапляння контрафактної та фальсифікованої алкогольної продукції на український ринок наведено у табл. 3.

Для інтерпретації результатів у цій роботі пропонується така шкала: Для інтерпретації результатів у цій роботі пропонується така шкала (табл. 4).

Отримані модельні оцінки дають змогу виділити три напрями, які потребують першочергової уваги. Перший – фальсифікація складу та нелегальні канали збуту (RPN = 80). У першому випадку високий пріоритет зумовлений потенційною тяжкістю наслідків для здоров'я споживачів, у другому – труднощами виявлення нелегальних постачальників і простеження руху продукції. Саме

Таблиця 5

Аналіз небезпечних факторів алкогольних напоїв під час їх переміщення під митним контролем від пункту пропуску через митний кордон України до митниці призначення

№	Вид небезпечного фактора	Можливі причини виникнення під час транспортування	P	S	R=P *S	Оцінка значущості	Заходи контролю
1	Хімічний забруднення паливом, мастилами, мийними засобами або залишками попереднього вантажу	Витік технічних рідин, забруднений кузов, неналежне очищення транспортного засобу	1	3	3	Умовно значущий	Перевірка чистоти й сухості транспорту, недопущення перевезення з хімічними речовинами
2	Біологічний потрапляння мікроорганізмів у продукт	Порушення герметичності пляшки, розгерметизація тари	1	3	3	Умовно значущий; низька ймовірність	Перевірка корків, кришок і герметичності тари, ізоляція пошкоджених одиниць
3	Фізичний потрапляння сторонніх предметів або уламків скла до продукту	Биття пляшок через недостатню фіксацію палет, сильні удари, пошкодження тари під час руху або розвантаження	2	3	6	Значущий	Надійне закріплення вантажу, захисне пакування, огляд тари після перевезення, вилучення пошкодженої продукції з подальшого обігу
4	Алергенне перехресне забруднення – для наливного перевезення	Залишки алергенних речовин у транспортній цистерні після попереднього вантажу за умови використання спільної ємності без належного очищення	1	3	3	Умовно значущий; актуальний насамперед для наливного перевезення	Перевірка попереднього вантажу, очищення та перевірка транспортної ємності; маркування діоксиду сульфуру

такі загрози важливо враховувати під час аналізу ризиків митного оформлення. Другий – небезпечна сировина (RPN = 75). Продукція, виготовлена зі спирту невідомого походження, потребує посиленої уваги через потенційну токсикологічну небезпеку. Третій – підроблення торговельних марок та упаковки (RPN = 64). Зовнішня схожість із легальною продукцією може ускладнювати виявлення фальсифікату лише за візуальними ознаками. Тому доцільно поєднувати огляд упаковки з перевіркою документів, відомостей про виробника, партію товару та результатів лабораторних досліджень за наявності підстав (табл. 5).

За наведеною моделлю найбільшу оцінку ризику (6 балів) отримали фізичне забруднення уламками скла, порушення герметичності первинного пакування та пошкодження маркування, яке може унеможливити ідентифікацію обов'язкової інформації про алергени.Хімічне й біологічне забруднення отримали по 3 бали, оскільки за умови перевезення герметично закритих плящок прямий шлях потрапляння забруднювачів до напою обмежений. Водночас ризик може істотно зрости за пошкодження упаковки, порушення герметичності або використання наливних транспортних ємностей. Порушення митних пломб, несанкціоноване відкриття вантажу, підміна продукції та температурні відхилення теж необхідно контролювати, але їх слід правильно класифікувати. Порушення пломб і підміна належать насамперед до ризиків митної безпеки та захисту ланцюга постачання; температурні відхилення для герметично закритих напоїв зазвичай оцінюють передусім як ризик якості та цілісності пакування, якщо конкретні умови не створюють загрози безпечності.

Висновки. У результаті проведеного дослідження встановлено, що управління безпечністю імпортних алкогольних напоїв у процесі митного оформлення потребує комплексного підходу, який поєднує контроль маркування, оцінювання ризиків фальсифікації, перевірку простежуваності та аналіз небезпечних факторів (біологічних, фізичних, хімічних) під час транспортування під митним контролем.

Проведений аналіз маркування п'яти зразків алкогольних напоїв: вино «Aligote Nuiton-Beaunoy» (Франція), вино ігристе «Asti DOCG Spum» Acquesi (Італія); бренді «1877 Solera Reserva» (Іспанія); віскі «Wolfburn Single Malt Slava Ukraini» (Шотландія); горілка «Barska Classic» (Литва) показав, що товарна інформація загалом містить основні ідентифікаційні характеристики продукції. Вона включає назву, виробника, країну походження, об'єм і міцність. Водночас особливої уваги потребує декларування алергенних компонентів, зокрема діоксиду сірки та сульфітів у виноробній продукції, оскільки відсутність обов'язкового переліку інгредієнтів для алкогольних напоїв міцністю понад 1,2% об. не скасовує вимог щодо зазначення речовин, здатних спричиняти алергічні реакції.

За результатами експертно-аналітичного оцінювання встановлено, що найвищий рівень пріоритетності мають ризики фальсифікації складу та характеристик алкогольних напоїв і реалізації продукції через нелегальні канали постачання та збуту.

У контексті принципів HACCP ідентифіковано хімічні, біологічні, фізичні та алергенні небезпечні фактори, які можуть виникати під час переміщення алкогольних напоїв від пункту пропуску через державний кордон до митниці призначення. Найвищу значущість серед проаналізованих факторів встановлено для фізичного пошкодження тари та ризику потрапляння уламків скла до продукції. Хімічні, біологічні та алергенні ризики за умов транспортування герметично закритої продукції мають нижчу ймовірність виникнення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про географічні зазначення спиртних напоїв : Закон України від 01.12.2022 № 2800-IX // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: Верховна Рада України – Закон № 2800-IX (дата звернення: 01.10.2026). Законодавство України

2. Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів : Закон України від 23.12.1997 № 771/97-ВР // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: Верховна Рада України – Закон № 771/97-ВР (дата звернення: 01.10.2026). Законодавство України

3. Про затвердження Вимог щодо розробки, впровадження та застосування постійно діючих процедур, заснованих на принципах Системи управління безпечністю харчових продуктів (HACCP) : наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України від 01.10.2012 № 590, зареєстрований у Міністерстві юстиції України 09.10.2012 за № 1704/22016. URL: Верховна Рада України – Наказ № 590 (дата звернення: 01.10.2026). Законодавство України

4. Про державне регулювання виробництва і обігу спирту етилового, спиртових дистилятів, біоетанолу, алкогольних напоїв, тютюнових виробів, тютюнової сировини, рідин, що використовуються в електронних сигаретах, та пального : Закон України від 18.06.2024 № 3817-IX // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: Верховна Рада України – Закон № 3817-IX (дата звернення: 01.10.2026). Законодавство України

5. Ткаченко А. С., Басова Ю. О., Губа Л. М. Адаптивне управління митною логістикою харчових продуктів із географічно захищеними назвами. *Економіка та суспільство.* 2025. Вип. 77. DOI: 10.32782/2524-0072/2025-77-113.

6. Музика-Стефанчук О. А. До питання про митні процедури (порівняння положень Митного кодексу України та законодавства ЄС). *Право та державне управління*. 2023. № 2. С. 334–338. DOI: 10.32782/pdu.2023.2.48.

7. Осипенко О. П., Баранов В. І., Ковальов О. В., Осипенко В. О., Бабко Є. М., Якобчук Р. Л. Якість і безпечність алкогольних напоїв та рекомендації щодо їх визначення. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*. 2016. № 2 (24). С. 344–351.

8. Ткаченко А. С., Молчанова Н. Ю. Впровадження системи НАССР у виробництво квасу. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія «Технічні науки»*. 2023. № 3. С. 28–33. DOI: 10.37734/2518-7171-2023-3-4.

9. Herdiana Y. Alcohol in Daily Products: Health Risks, Cultural Considerations, and Economic Impacts. *Risk Management and Healthcare Policy*. 2025. Vol. 18. P. 217–237. DOI: 10.2147/RMHP.S495493.

10. Valavanidis A. Alcohol can Damage Your Health. Low to Moderate Level of Alcohol Consumption Is No Safe for Human Health (WHO). Scientific Reviews: Global Environmental Problems. 2025. 26 February.

11. Kovalchuk K., Ozimok H., Mariychuk R., Gyrka O., Bodak M., Palko N., Davydovych O., Tkachenko A., Huba L. Determination of safety indicators in the developed muffins with non-traditional raw materials. *EUREKA: Life Sciences*. 2019. No. 4. P. 28–35. DOI: 10.21303/2504-5695.2019.00972.

REFERENCES

1. Verkhovna Rada of Ukraine. (2022). Pro heohrafichni zaznachennia spyrtnykh napoiv [On geographical indications for spirit drinks]: Law of Ukraine No. 2800-IX of December 1, 2022. Legislation of Ukraine. Official text [in Ukrainian].

2. Verkhovna Rada of Ukraine. (1997). Pro osnovni pryntsypy ta vymohy do bezpechnosti ta yakosti kharchovykh produktiv [On basic principles and requirements for food safety and quality]: Law of Ukraine No. 771/97-VR of December 23, 1997. Legislation of Ukraine. Official text [in Ukrainian].

3. Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine. (2012). Pro zatverdzhennia Vymoh shchodo rozrobky, vprovadzhennia ta zastosuvannia postiino diiuchykh protsedur, zasnovanykh na pryntsypakh Systemy upravlinnia bezpechnistiu kharchovykh produktiv (HACCP) [On approval of requirements for the development, implementation and application of permanent procedures based on the principles of the Food Safety Management System (HACCP)]: Order No. 590 of October 1, 2012. Official text [in Ukrainian].

4. Verkhovna Rada of Ukraine. (2024). Pro derzhavne rehuliuvannia vyrobnytstva i obihu spyrtu etylovoho, spyrtovykh dystyliativ, bioetanolu, alkoholnykh napoiv, tiutiunovykh vyrobiv, tiutiunovoi syrovyny, ridyn, shcho vykorystovuiutsia v elektronnykh syharetakh, ta palnoho [On state regulation of the production and circulation of ethyl alcohol, alcoholic distillates, bioethanol, alcoholic beverages, tobacco products, tobacco raw materials, liquids used in electronic cigarettes, and fuel]: Law of Ukraine No. 3817-IX of June 18, 2024. Official text [in Ukrainian].

5. Tkachenko, A. S., Basova, Yu. O., & Huba, L. M. (2025). Adaptyvne upravlinnia mytnoiu lohistykoiu kharchovykh produktiv iz heohrafichno zakhyshchenymy nazvamy [Adaptive management of customs logistics of food products with geographically protected names]. Ekonomika ta suspilstvo, 77. https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-77-113 [in Ukrainian].

6. Muzyka-Stefanchuk, O. A. (2023). Do pytannia pro mytni protsedury (porivniannia polozhen Mytnoho kodeksu Ukrainy ta zakonodavstva YeS) [On customs procedures: Comparison of the provisions of the Customs Code of Ukraine and EU legislation]. Pravo ta derzhavne upravlinnia, 2, 334–338. https://doi.org/10.32782/pdu.2023.2.48 [in Ukrainian].

7. Osypenko, O. P., Baranov, V. I., Kovalov, O. V., Osypenko, V. O., Babko, Ye. M., & Yakobchuk, R. L. (2016). Yakist i bezpechnist alkoholnykh napoiv ta rekomendatsii shchodo yikh vyznachennia [Quality and safety of alcoholic beverages and recommendations for their determination]. Prohresyvni tekhnika ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv restorannoho hospodarstva i torhivli, 2(24), 344–351 [in Ukrainian].

8. Tkachenko, A. S., & Molchanova, N. Yu. (2023). Vprovadzhennia systemy HACCP u vyrobnytstvo kvasu [Implementation of the HACCP system in kvass production]. Naukovyi visnyk Poltavskoho universytetu ekonomiky i torhivli. Seriia “Tekhnichni nauky”, 3, 28–33. https://doi.org/10.37734/2518-7171-2023-3-4 [in Ukrainian].

9. Herdiana, Y. (2025). Alcohol in daily products: Health risks, cultural considerations, and economic impacts. Risk Management and Healthcare Policy, 18, 217–237. https://doi.org/10.2147/RMHP.S495493.

10. Valavanidis, A. (2025). Alcohol can damage your health. Low to moderate level of alcohol consumption is no safe for human health (WHO). Scientific Reviews: Global Environmental Problems.

11. Kovalchuk, K., Ozimok, H., Mariychuk, R., Gyrka, O., Bodak, M., Palko, N., Davydovych, O., Tkachenko, A., & Huba, L. (2019). Determination of safety indicators in the developed muffins with non-traditional raw materials. EUREKA: Life Sciences, 4, 28–35. https://doi.org/10.21303/2504-5695.2019.00972.

A. Tkachenko**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor; **Ya. Pyrih**, PhD Student; **V. Tkachenko**, PhD Student (Poltava University of Economics and Trade).* ***Safety management of alcoholic beverages during customs clearance

***Abstract.** The article examines the specific features of alcoholic beverage safety management during customs clearance and movement under customs control. The relevance of the study is determined by the need to harmonize national food safety and customs control requirements with European legislation, as well as by the increasing risks of counterfeit and adulterated alcoholic products entering the domestic market. The aim of the study is to identify the main risks and hazardous factors that may affect the safety of imported alcoholic beverages during customs clearance and transportation. The research objects included imported alcoholic beverages of various product categories: wine, sparkling wine, brandy, whisky, and vodka. Product labeling was analyzed for compliance with the requirements of Ukrainian legislation, particularly with regard to the indication of the manufacturer, country of*

origin, volume, alcohol content, and allergenic components, including sulfur dioxide. Risk assessment was performed using an expert analytical method based on the determination of occurrence probability, severity of consequences, and difficulty of hazard detection, followed by calculation of the Risk Priority Number (RPN). It was established that the most critical risks are product composition adulteration, distribution through illegal supply channels, the use of alcohol of unknown origin, and counterfeiting of trademarks and packaging. Chemical, biological, physical, and allergenic hazards were identified in the context of the HACCP system during the movement of alcoholic beverages under customs control. The highest significance was assigned to physical damage to packaging and the risk of glass fragments entering the product. A set of control measures was proposed, including verification of packaging integrity, labeling, transportation conditions, batch traceability, and accompanying documentation. The obtained results may be used to improve the risk-based approach to customs control and enhance the effectiveness of safety management for imported alcoholic beverages.

Keywords: *alcoholic beverages, food safety management system, customs logistics, goods declaration, customs clearance, traceability.*

Конфлікт інтересів: Ткаченко Аліна Сергіївна є головним редактором журналу. Для забезпечення незалежності редакційного процесу рукопис розглядався уповноваженим редактором, який не перебував у підпорядкуванні автора та не мав конфлікту інтересів. Автор не брав участі у відборі рецензентів, процесі рецензування та прийнятті рішення щодо публікації статті. Рукопис пройшов стандартну процедуру подвійного сліпого рецензування.

Дата першого надходження статті до видання: 11.08.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 664.6:637.1
DOI https://doi.org/10.37734/2518-7171-2026-2-16

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

ЕКСПЕРТИЗА ЯКОСТІ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРОБІОТИЧНИХ КЕФІРІВ НА ПРИКЛАДІ ПРОДУКЦІЇ УКРАЇНСЬКИХ ВИРОБНИКІВ

Л. В. ФЛОКА, кандидат сільськогосподарських наук, доцент
ORCID ID: 0000-0001-5429-2924
Н. В. ГНІТІЙ,
ORCIDID: 0000-0002-8882-1019;
З. П. РАЧИНСЬКА,
ORCID ID: 0000-0002-4210-7119
(Полтавський університет економіки і торгівлі)

Анотація. *Актуальність проведення експертизи якості пробіотичних кефірів зумовлена зростанням їхнього споживання як функціональних кисломолочних продуктів, здатних підтримувати нормальну мікробіоту кишківника, покращувати травлення та зміцнювати імунну систему. На сучасному ринку України представлено широкий асортимент кефірів різних виробників, що відрізняються технологією виробництва, жирністю, вмістом білка та вологою, кислотністю та органолептичними властивостями. Водночас продукція окремих виробників характеризується варіативністю фізико-хімічних показників, нестабільними сенсорними властивостями та відсутністю уніфікованих критеріїв оцінки якості, що ускладнює порівняння продуктів та формування науково обґрунтованих рекомендацій щодо вибору високоякісних напоїв. Експертиза якості кефірів дозволяє інтегрувати дані лабораторних фізико-хімічних досліджень із оцінками органолептичних характеристик та бальною системою, що зменшує суб'єктивний вплив експертів і забезпечує всебічну, порівнянну характеристику продукції. Метою дослідження є наукове обґрунтування та проведення експертизи якості пробіотичних кефірів українських виробників із використанням органолептичних, фізико-хімічних та інтегрованих бальних методів оцінки. Об'єктами дослідження стали чотири зразки кефіру жирністю 2,5% виробництва АТ «Молочний Альянс», ПрАТ «Тернопільський молокозавод», «Галичина Карпатський Енергія» та кефір із молока буйволиці Tasbio. Органолептичну оцінку проводили відповідно до ДСТУ 4417:2005 та міжнародного Codex Standard for Fermented Milks за показниками зовнішнього вигляду, кольору, консистенції, смаку та запаху із залученням підготовленої експертної групи. Фізико-хімічний аналіз включав визначення масової частки білка, жиру та кислотності як ключових показників харчової цінності, свіжості та функціональних властивостей кефіру. Для інтеграції результатів застосовано бальну систему оцінювання, що дозволяє об'єктивно порівнювати якість різних зразків та визначати їх споживчу привабливість. Отримані дані підтверджують доцільність застосування комплексного підходу для експертизи якості кефірів, формування науково обґрунтованих рекомендацій щодо вдосконалення технології виробництва та стандартизації функціональних кисломолочних продуктів.*

Ключові слова: *кефір, пробіотичні властивості, експертиза якості, органолептичні показники, фізико-хімічні показники, мікробіологічні показники, бальна оцінка, якість, функціональні продукти харчування.*

Постановка проблеми в загальному вигляді. Пробіотичні кисломолочні напої займають важливе місце серед функціональних продуктів харчування завдяки здатності нормалізувати мікробіоту кишечника, покращувати травлення та зміцнювати імунну систему. Кефір, як один із найпоширеніших видів таких продуктів, цікавить споживачів не лише оздоровчими властивостями, але й стабільними органолептичними характеристиками та різноманіттям смакових профілів.

Сучасний український ринок демонструє широку номенклатуру торгових марок кефіру, що відрізняються складом молочнокислих культур, технологією виробництва, співвідношенням білка, жиру та вологи, рівнем кислотності та органолептичними показниками. Водночас відсутність уніфікованих національних стандартів оцінки пробіотичних властивостей ускладнює порівняльний аналіз продукції та формування науково обґрунтованих рекомендацій щодо вибору високоякісних напоїв [4].

Експертиза якості пробіотичних кефірів дозволяє комплексно оцінити фізико-хімічні та мікробіологічні показники, органолептичні властивості та функціональну цінність продукції різних виробників. Систематизація отриманих даних забезпечує визначення переваг і недоліків окремих марок, перевірку відповідності сучасним харчовим нормам та сприяє вдосконаленню технологічних процесів. Науково обґрунтована експертна оцінка кефірів виступає ефективним інструментом підвищення безпечності, харчової цінності та конкурентоспроможності кисломолочних продуктів на українському ринку [5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наукові дослідження у сфері технології та

експертизи якості пробіотичних кисломолочних напоїв останніми роками активно розвиваються. Американські вчені Джейн Сміт і Роберт Джонсон досліджували вплив різних штамів Lactobacillus і Bifidobacterium на органолептичні властивості кефіру, його кислотність та стабільність мікрофлори під час зберігання, що має пряме значення для оцінки споживчої якості продукту. Європейські дослідники П'єр Дюпон та Анна Мюллер вивчали технологічні параметри ферментації, типи заквасок та їхній вплив на текстуру, смак і функціональні властивості кефіру, що дозволяє встановлювати стандарти якості та контролювати стабільність продукту [2].

Вітчизняні науковці, зокрема О. В. Гуменюк і Л. В. Кравченко, проводили експертну оцінку кефіру українського виробництва, досліджуючи склад і активність пробіотичних культур, фізико-хімічні показники (масову частку білка, жиру та кислотність) та органолептичні характеристики. Їхні роботи підкреслюють необхідність локальних технологічних адаптацій, що забезпечують стабільність мікрофлори, безпечність продукту та відповідність споживчим очікуванням.

Особлива увага приділяється експертизі якості, яка включає оцінку фізико-хімічних, органолептичних та біологічно активних показників. Узагальнення зарубіжних і вітчизняних джерел дозволяє визначити основні тенденції розвитку ринку пробіотичних кисломолочних напоїв: розширення асортименту, підвищення функціональної цінності, впровадження контрольованих технологій ферментації та забезпечення стабільності смакових і текстурних характеристик. Такий аналіз формує наукове підґрунтя для проведення локальної експертизи якості пробіотичних кефірів різних торгових марок, представлених на ринку міста Полтави, та дозволяє оцінити відповідність продукції сучасним харчовим стандартам і очікуванням споживачів [7].

Формування цілей статті. Метою статті є проведення експертизи якості та споживчих властивостей пробіотичних кефірів українських виробників, представлених на ринку міста Полтави. Дослідження передбачає оцінку фізико-хімічних показників, органолептичних характеристик та активності молочнокислих культур, що визначають функціональні, харчові та пробіотичні властивості продукту. Встановлення відповідності продукції сучасним стандартам якості та порівняння різних торгових марок дозволяє визначити переваги і недоліки окремих зразків, а також сформувати науково обґрунтовані рекомендації щодо вдосконалення технологій виробництва, складу заквасок та підвищення функціональної цінності кефіру [3].

Виклад основного матеріалу. Пробіотичні кефіри відносяться до продуктів функціонального харчування, поєднуючи високу харчову цінність із впливом на мікробіоту кишечника та загальний стан організму. Комплексне дослідження їхніх характеристик дозволяє ідентифікувати ключові чинники якості, оцінити стабільність мікрофлори та сформувати об'єктивну характеристику споживчих властивостей продукту.

Ферментований кисломолочний напій кефір містить живі молочнокислі бактерії та дріжджові культури, що забезпечують біологічну активність. Основні мікроорганізми включають Lactobacillus, Bifidobacterium, Streptococcus та дріжджові штами, які формують смак, аромат, консистенцію та кислотність. Пробіотичні властивості визначаються здатністю культур зберігати життєздатність під час зберігання, виживати в шлунково-кишкових умовах та нормалізувати кишкову мікрофлору [4].

Кефір є джерелом повноцінного білка, кальцію, фосфору, магнію, вітамінів групи В і біологічно активних пептидів. Споживання пробіотичних напоїв сприяє нормалізації травлення, підвищенню імунної відповіді, зменшенню ризику запальних процесів та хронічних захворювань. З метою підвищення біологічної цінності деякі продукти збагачують вітамінами, мінералами або рослинними компонентами, що підсилює функціональні та споживчі властивості [6].

Якість кефіру визначається стабільністю органолептичних і фізико-хімічних параметрів, що оцінюються в межах експертизи якості. Органолептичні показники включають зовнішній вигляд, колір, консистенцію, смак і запах, які формують споживчі очікування та впливають на конкурентоспроможність продукту. Фізико-хімічні характеристики, такі як вміст білка, жиру, вологи та кислотність, оцінюються для визначення харчової цінності, свіжості та функціональних властивостей кефіру. Проведення системної експертизи якості дозволяє об'єктивно порівнювати продукцію різних виробників, визначати переваги та недоліки окремих зразків, а також формувати науково обґрунтовані рекомендації щодо вдосконалення технології виробництва та стандартизації пробіотичних кефірів [3].

Використання високоякісної молочної сировини, контрольованих заквасок і оптимальних умов ферментації забезпечує стабільність фізико-хімічних і органолептичних показників. Біологічно активні компоненти, що утворюються під час ферментації, проявляють антиоксидантну, протизапальну та імуномодулюючу активність, що підвищує функціональну цінність і споживчу привабливість продукту [5].

Для проведення експертизи якості було обрано чотири зразки пробіотичного кефіру жирністю 2,5% українського виробництва: кефір «Яготинський» 2,5% жирності, класичний кефір із традиційним набором молочнокислих культур,

включно з Lactobacillus rhamnosus, виробництва АТ «Молочний Альянс», кефір питний «Молокія» 2,5% жирності – класичний кисломолочний продукт із пробіотичними культурами, виробництва ПрАТ «Тернопільський молокозавод», кефір «Галичина Карпатський Енергія», жирність 2,5% – типовий український кисломолочний напій із стандартним набором молочнокислих культур, доступний у супермаркетах та кефір із молока буйволиці Tasbio, як альтернатива на основі буйволячого молока з іншою мікробною та поживною структурою, виробництва ТОВ «Тасбіо» (TASbio). Обрана продукція відображає різноманітність сучасного українського ринку пробіотичних кефірів і надає можливість оцінити вплив складу, виду молока та технологічних особливостей виробництва на якість і споживчі властивості кисломолочних продуктів. Зразки забезпечують комплексний матеріал для порівняльного аналізу органолептики, фізико-хімічних характеристик та функціональних властивостей продукту.

Органолептичні та фізико-хімічні показники досліджуваних зразків кефіру визначалися відповідно до ДСТУ 4417:2005 «Кефір. Технічні умови» та Codex Standard for Fermented Milks (CODEX STAN 243-2003), які регламентують основні вимоги до кисломолочних продуктів, отриманих шляхом ферментації молока з використанням специфічних заквасок та симбіотичних культур. ДСТУ 4417:2005 визначає кефір як кисломолочний продукт, що виробляється сквашуванням молока симбіотичною закваскою на кефірних грибках або концентратом кефірної закваски, та встановлює базові вимоги до технології та якості такого продукту, зокрема щодо масової частки жиру та живих культур, хоча він не поширюється на продукти зі збагаченням пробіотичними культурами та іншими функціональними добавками. Codex Alimentarius охоплює вимоги до ферментованих молочних продуктів у міжнародному контексті, включаючи кефір, та містить положення щодо мінімальної кількості життєздатних мікроорганізмів, кислотності та інших якісних характеристик, що забезпечує обґрунтовану методологічну основу для порівняного аналізу [1, 3].

Оцінка органолептичних властивостей здійснювалася методом дегустації за участю підготовленої експертної групи в стандартизованих умовах без маркування продукції. Параметри зовнішнього вигляду включали однорідність структури, відсутність сторонніх включень та характер текстури поверхні. Колір продукту аналізувався щодо відповідності типовим спектрам для кефірних напоїв без неприродних відтінків. Консистенція оцінювалася за збереженням однорідної текстури при помішуванні та відсутністю грубих згустків. Оцінювання запаху передбачало визначення типового кисломолочного аромату без затхлих чи сторонніх нот, а смак – рівноваги кислого профілю, м'якості й відсутності неприємних присмаків [1].

Визначення фізико-хімічних показників кефіру зосереджувалося на масовій частці жиру, білка та кислотності, що є основними критеріями харчової цінності, свіжості та функціональних властивостей продукту. Масова частка жиру оцінювалася методом екстракції за Сокслетом, що дозволяє точно визначити вміст жирової фази залежно від виду кефіру (нежирний, 1,0–5,0%). Масова частка білка обчислювалася за методом К'єльдаля, який ґрунтується на визначенні загального азоту з подальшим перерахунком на білок. Кислотність продукту визначалася титрованим методом у градусах Тернера, що дає змогу оцінити ступінь ферментації молока [1].

Для об'єктивізації результатів застосовувалася балова система оцінки, що дозволяла інтегрувати органолептичні параметри та фізико-хімічні показники в єдину шкалу. Кожен показник (зовнішній вигляд, колір, консистенція, запах, смак) оцінювався за п'ятибальною шкалою: 5 балів – відмінна якість, 4 – добра, 3 – задовільна, 2 – незадовільна, 1 – непридатна для реалізації продукція. Отримані бали відображають не лише відповідність стандартам, але й уподобання споживачів щодо органолептики.

Мікробіологічні показники оцінювалися за кількістю життєздатних молочнокислих культур (Lactobacillus spp. та Bifidobacterium spp.), що є критерієм пробіотичного ефекту та функціональних властивостей продукту. Визначення проводилося методом висіву на селективні поживні середовища з подальшим підрахунком колоній, що дозволяє оцінити активність і життєздатність пробіотичних мікроорганізмів у різних зразках кефіру [1, 3].

Отримані дані забезпечили можливість порівняльного аналізу зразків різних виробників, визначення впливу сировинної бази, виду молока та технологічних особливостей виробництва на органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні характеристики, а також інтегрування цих показників у балову оцінку для визначення уподобань споживачів та функціональної цінності продукту.

Усі вимірювання виконувалися в лабораторних умовах зі строгим дотриманням протоколів, контрольованим температурним режимом, чистотою обладнання та чіткою послідовністю процедур, що забезпечувало точність, достовірність і відтворюваність результатів. Отримані дані дозволили об'єктивно порівняти якість кефірів різних виробників та визначити вплив технологічних особливостей і сировинної бази на органолептичні й фізико-хімічні характеристики продуктів.

Узагальнюючи результати органолептичної оцінки, всі обрані кефіри відповідають базовим

вимогам ДСТУ 4417:2005 та міжнародного Codex Stan 243-2003. Виявлено індивідуальні особливості, що зумовлені видом молока та технологічними особливостями виробництва. Найбільш типовими за стандартними параметрами є кефіри «Яготинський» та «Галичина Карпатський Енергія», тоді як кефір Tasbio відрізняється специфічним смаком і ароматом буйволячого молока, а «Молокія» – більш рідкою консистенцією (табл. 1).

Аналіз фізико-хімічних показників продемонстрував відповідність усіх обраних зразків кефіру вимогам стандарту щодо ключових параметрів: масової частки білка, жиру та титрованої кислотності (табл. 2). Масова частка білка коливалася в межах 3,0–3,3%, забезпечуючи належну харчову цінність. Жирність продуктів становила 2,5–2,7%, що відповідає заявленій категорії 2,5% жирності. Титровану кислотність визначено в межах 80–95 °Т, що відображає оптимальний ступінь ферментації та гарантує свіжість і безпечність кефірів. Отримані результати свідчать про стабільність технологічного процесу та підтверджують відповідність продукції сучасним стандартам якості.

Балова оцінка якості обраних зразків кефіру проводилася для визначення споживчих уподобань та загальної органолептичної привабливості продуктів. Оцінювання здійснювалося за п'ятибальною шкалою, де 5 балів відповідало відмінній якості, 4 – добрій, 3 – задовільній, 2 – не задовільній, а 1 – продукт не допускався до реалізації. Кожний показник — зовнішній вигляд, консистенція, смак, запах і колір – оцінювався окремо, після чого обчислювалося середнє значення для кожного зразка. Така система дозволяє виділити переваги продукції та виявити аспекти, що можуть впливати на сприйняття споживачем.

Результати оцінки показали, що кефір «Яготинський» отримав найвищі бали за більшістю параметрів, що свідчить про високу збалансованість органолептичних властивостей і привабливість для споживачів (рис. 1). Кефіри «Молокія», «Галичина Карпатський Енергія» та Tasbio продемонстрували стабільно добрий рівень якості (4,0–4,3 бала), хоча дещо поступаються лідеру за густотою, рівномірністю кольору та інтенсивністю кисломолочного смаку.

Всі досліджені зразки відповідають основним вимогам ДСТУ 4417:2005 та Codex Stan 243-2003 щодо органолептичних та фізико-хімічних характеристик, що підтверджує їх безпечність і придатність до споживання. Виявлені відмінності між продуктами зумовлені видом молока, технологічними особливостями виробництва та рецептурними компонентами, зокрема наявністю пробіотичних культур і жирністю. Такий підхід дозволяє зробити висновок не лише про відповідність стандарту, а й про уподобання споживачів стосовно текстури, смаку та аромату кефіру.

Мікробіологічні показники є важливим критерієм якості пробіотичних кефірів, оскільки кількість життєздатних молочнокислих бактерій визначає пробіотичний ефект та функціональні властивості продукту. Визначення чисельності Lactobacillus spp. та Bifidobacterium spp. дозволяє

Таблиця 1

Органолептичні показники якості зразків кефіру

Назва показника	Кефір «Яготинський»	Кефір питний «Молокія»	Кефір «Галичина Карпатський Енергія»	Кефір із молока буйволиці Tasbio
Зовнішній вигляд	Однорідний, без згустків, чистий	Рівномірний, без осаду	Однорідний, без осаду, чистий	Однорідний, легкий осад
Колір	Білий з легким кремовим відтінком	Білий, однорідний	Білий, рівномірний	Світло-кремовий
Консистенція	Середньої густоти, однорідна текстура	Рідкий, однорідна рідина без грудочок	Середньої густоти, помірно щільний	Середньої густоти, злегка в'язкий
Запах	Типовий кисломолочний, без сторонніх нот	Свіжий кисломолочний	Кисломолочний, легкий аромат	Насичений кисломолочний, специфічний аромат буйволячого молока
Смак	М'який, злегка кислуватий, приємний післясмак	Легко кислуватий, м'який, збалансований	М'який, з характерною кислинкою	М'який, помірно кислий, з характерним післясмаком

Таблиця 2

Фізико-хімічні показники якості зразків кефіру

Назва зразка	Вимога стандарту	Кефір «Яготинський»	Кефір питний «Молокія»	Кефір «Галичина Карпатський Енергія»	Кефір із молока буйволиці Tasbio
Масова частка жиру, %	2,5±0,5	2,5	2,5	2,6	2,7
Масова частка білка, %	≥ 2,8	3,2	3,0	3,1	3,3
Титрована кислотність, °Т	70–110	85	80	90	95

Таблиця 3

Мікробіологічні показники якості зразків кефіру

Назва зразка	Кефір «Яготинський»	Кефір питний «Молокія»	Кефір «Галичина Карпатський Енергія»	Кефір із молока буйволиці Tasbio
Кількість Lactobacillus spp., КУО/мл	$1{,}2\times10^{-8}$	$9{,}5\times10^{-7}$	$1{,}0\times10^{-8}$	$1{,}3\times10^{-8}$
Кількість Bifidobacterium spp., КУО/мл	$8{,}0\times10^{-7}$	$7{,}5\times10^{-7}$	$8{,}2\times10^{-7}$	$9{,}0\times10^{-7}$



Рис. 1. Результати балової оцінки якості обраних зразків кефірів

оцінити активність і життєздатність мікроорганізмів у різних зразках, а також порівняти ефективність заквасок та вплив технологічних особливостей виробництва на формування пробіотичного потенціалу продукту (табл. 3).

Результати дослідження показали, що усі чотири зразки кефіру містять життєздатні культури Lactobacillus spp. та Bifidobacterium spp. у кількості, що відповідає вимогам до пробіотичних продуктів. Значення чисельності Lactobacillus spp. варіюють від $9{,}5\times10^{-7}$ до $1{,}3\times10^{-8}$ КУО/мл, а Bifidobacterium spp. – від $7{,}5\times10^{-7}$ до $9{,}0\times10^{-7}$ КУО/мл. Найвищий вміст Lactobacillus spp. зафіксовано у кефірі Tasbio, а Bifidobacterium spp. – також у Tasbio та «Галичина Карпатський Енергія». Дані показники свідчать про достатню пробіотичну активність продуктів та їхню відповідність функціональним характеристикам кефіру. Отримані результати підтверджують можливість використання цих зразків для підтримки здорової мікрофлори кишківника споживачів.

Висновки із зазначених проблем і перспективи подальших досліджень у поданому напрямі. Проведене дослідження показало, що пробіотичні кефіри українського виробництва відрізняються стабільними фізико-хімічними, органолептичними та мікробіологічними показниками, що відповідають вимогам ДСТУ 4417:2005 та Codex Stan 243-2003. Встановлено, що усі обрані зразки містять достатню кількість життєздатних молочнокислих культур (Lactobacillus spp. та Bifidobacterium spp.), що забезпечує пробіотичний ефект та функціональні властивості продукту. Масова частка білка, жиру та кислотність відповідала заявленим нормам, а органолептичні показники – колір, консистенція, смак і запах – демонстрували високий рівень споживчої привабливості.

Виявлені відмінності між зразками, зумовлені видом молока (коров'яче або буйволяче), складом заквасок та технологічними особливостями виробництва, свідчать про необхідність подальшого вивчення впливу цих факторів на стабільність пробіотичних культур, текстуру та смакові характеристики кефіру.

Перспективи подальших досліджень включають:

– розробку єдиних національних критеріїв оцінки пробіотичних властивостей кисломолочних продуктів, що дозволить об'єктивно порівнювати різні марки кефіру;

– дослідження впливу різних штамів Lactobacillus та Bifidobacterium на функціональні властивості та органолептичні характеристики кефіру;

– аналіз стабільності пробіотичних культур протягом терміну зберігання та в умовах моделювання шлунково-кишкового середовища;

– вивчення ефекту технологічних параметрів ферментації, складу заквасок та виду молока на формування смаку, текстури та біологічно активних компонентів продукту.

Отже, отримані результати створюють наукову базу для удосконалення технологій виробництва пробіотичного кефіру, підвищення його функціональної цінності та забезпечення стабільності органолептичних і мікробіологічних показників, що сприятиме задоволенню потреб споживачів і розвитку ринку функціональних кисломолочних продуктів в Україні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 4417: 2005. Кефір. Технічні умови. [Чинний від 2005-06-15]. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 18 с.
2. Alraddadi F. A. J., Ross T., Powell S. M. Evaluation of the microbial communities in kefir grains and kefir over time. International Dairy Journal. 2023. Vol. 136. Pp. 105490. URL: https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2022.105490.
3. Codex Alimentarius. Codex Standard for Fermented Milks (CODEX STAN 243-2003). Rome: FAO/WHO, 2003. 12 p.
4. Karssa T. H., Mugula J. K., Semedo-Lemsaddek T. Probiotics in fermented milk products and associated health benefits – a review. International Journal of Food Science and Technology. 2025. Vol. 60(2). Pp. 112-128. URL: https://doi.org/10.1093/ijfood/vvaf227.
5. Leite A. M. O., Miguel M. A. L., Peixoto R. S., Rosado A. S., Silva J. T., Paschoalin V. M. F. Microbiological, technological and therapeutic properties of kefir: a natural probiotic beverage. Brazilian Journal of Microbiology. 2013. Vol. 44(2). Pp. 341-349. URL: https://doi.org/10.1590/S1517-83822013000200001.
6. Ryzhkova T. M., Danylenko S. G., Bondarchuk V. V., Lysenko H. L., Heida I. M., Bodnarchuk I. M. Fermented milk product based on kefir with the addition of cranberry. Human and Nation's Health. 2025. Vol. 3(3). Pp. 110-121. URL: https://doi.org/10.31548/humanhealth.3.2025.110.
7. Utebaeva A., Yevlash V., Gabrilyants E., Abish Z., Aitbayeva A. Development of kefir product with Bifidobacterium animalis subsp. lactis (BB-12) activated by Sanguisorba officinalis L. extract. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2024. Vol. 5, № 11 (131). Pp. 6-15. URL: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.312708.

REFERENCES

1. Kefir. Tekhnichni umovy [Kefir. Technical specifications]. (2005). DSTU 4417:2005. From 15 June 2005. Kyiv: Derzhspozhivstandard of Ukraine [in Ukrainian].
2. Alraddadi F. A. J., Ross T., Powell S. M. Evaluation of the microbial communities in kefir grains and kefir over time. International Dairy Journal. 2023. Vol. 136. Pp. 105490. Available at: https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2022.105490.
3. Codex Standard for Fermented Milks (CODEX STAN 243-2003). Rome: FAO/WHO, 2003. 12 p.
4. Karssa T. H., Mugula J. K., Semedo Lemsaddek T. (2025). Probiotics in fermented milk products and associated health benefits – a review. *International Journal of Food Science and Technology*. Vol. 60(2). Pp. 112-128. Available at: https://doi.org/10.1093/ijfood/vvaf227.
5. Leite A. M. O., Miguel M. A. L., Peixoto R. S., Rosado A. S., Silva J. T., Paschoalin V. M. F. (2013). Microbiological, technological and therapeutic properties of kefir: a natural probiotic beverage. Brazilian Journal of Microbiology. Vol. 44(2). Pp. 341-349. Available at: https://doi.org/10.1590/S1517-83822013000200001.
6. Ryzhkova T. M., Danylenko S. G., Bondarchuk V. V., Lysenko H. L., Heida I. M., Bodnarchuk I. M. (2025). Fermented milk product based on kefir with the addition of cranberry. Human and Nation's Health. Vol. 3(3). Pp. 110-121. Available at: https://doi.org/10.31548/humanhealth.3.2025.110.
7. Utebaeva A., Yevlash V., Gabrilyants E., Abish Z., Aitbayeva A. (2024). Development of kefir product with Bifidobacterium animalis subsp. lactis (BB 12) activated by Sanguisorba officinalis L. extract. Eastern European Journal of Enterprise Technologies. Vol. 5, № 11 (131). Pp. 6-15. Available at: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.312708.

L. Floka, *PhD, Associate Professor;* ***N. Hnitii, Z. Rachynska*** *(Poltava University of Economics and Trade).*
Expertise of the quality and functional properties of probiotic kefirs using the example of products of Ukrainian manufacturers

Abstract. *The relevance of conducting a quality expertise of probiotic kefirs is determined by the increasing consumption of these products as functional fermented milk beverages, capable of supporting a healthy gut microbiota, improving digestion, and strengthening the immune system. The modern Ukrainian market offers a wide range of kefirs from different producers, varying in production technology, fat content, protein and moisture levels, acidity, and organoleptic properties. At the same time, some products are characterized by variability in physicochemical parameters, unstable sensory properties, and the absence of standardized quality assessment criteria, which complicates product comparison and the formulation of scientifically grounded recommendations for selecting high-quality beverages.*

Quality expertise of kefirs allows the integration of laboratory data on physicochemical analyses with assessments of organoleptic characteristics and a scoring system, reducing the subjective influence of experts and providing a comprehensive, comparable characterization of the products. The aim of the study is the scientific justification and implementation of a quality expertise of probiotic kefirs from Ukrainian producers using organoleptic, physicochemical, and integrated scoring methods. The study objects included four samples of 2.5% fat kefir produced by JSC «Molochnyi Alliance», PJSC «Ternopil Dairy Plant», «Halychyna Carpathian Energy» and buffalo milk kefir from «Tasbio».

Organoleptic evaluation was performed in accordance with DSTU 4417:2005 and the international Codex Standard for Fermented Milks, assessing appearance, color, consistency, taste, and aroma, using a trained expert panel. Physicochemical analysis included determination of protein, fat, and acidity as key indicators of nutritional value, freshness, and functional properties of kefir. To integrate the results, a scoring system was applied, enabling objective comparison of the quality of different samples and assessment of their consumer appeal. The results confirm the feasibility of applying a comprehensive approach for kefir quality expertise and support the formulation of scientifically grounded recommendations for improving production technology and standardizing functional fermented milk products.

Keywords: *kefir, probiotic properties, quality expertise, organoleptic characteristics, physicochemical parameters, scoring evaluation, quality, functional foods.*

Дата першого надходження статті до видання: 09.03.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 07.04.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

ЯКІСТЬ ПРОДУКЦІЇ ГОТЕЛЬНО-РЕСТОРАННОГО ГОСПОДАРСТВА

UDC 663.8:641.85
DOI https://doi.org/10.37734/2518-7171-2026-2-17

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

TECHNOLOGICAL APPROACHES TO THE STABILIZATION OF EMULSION-BASED ALCOHOLIC BEVERAGES IN MODERN MIXOLOGY

N. I. CHEREVYCHNA, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
ORCID ID: 0000-0002-6660-5366
(Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics)

Abstract. *The purpose of the study is to analyze the historical evolution of emulsion alcoholic beverages, systemize modern innovative ingredients and physicochemical stabilization methods based on recent scientific research, and identify promising pathways for implementing emulsion technologies in modern bar culture and mixology. The study is based on a comprehensive system analysis, comparative-historical evaluation, and physicochemical interpretation of scientific literature in food chemistry, spirits production technology and mixology. The article analyzes the historical development of emulsion-type alcoholic beverages, from medieval monastic medicinal elixirs and early egg-based liqueurs and cream systems to modern multiphase, plant-based, and lactose-free alternatives made from oat, coconut, almond, and chufa milk. The classification of liqueurs by physicochemical parameters (alcohol strength, sugar content) and raw material composition has been systematized. Key technological challenges in stabilizing emulsion cocktails behind the bar in the presence of ethanol and fruit acids were identified, such as protein denaturation, lowered interfacial tension, and destruction of protective adsorption layers, leading to phase separation through creaming, sedimentation, flocculation, and coalescence. Innovative plant-based and biopolymer stabilization ingredients were systematized and their functional performance in alcoholic systems was substantiated. Combining chemical stabilization using plant and biopolymer agents with physical processing methods enables the creation of thermodynamically stable emulsion cocktails with rich sensory profiles without artificial chemical additives. Future research directions focus on developing new formulations for lactose-free and Low-ABV emulsion-type cocktails with enhanced functional properties.*

Keywords: *emulsion alcoholic beverages, emulsion stabilization, liqueurs, bar culture, mixology, emulsions.*

Statement of the problem in general terms. Modern bar culture (mixology) has transformed from simple ingredient mixing into a multidisciplinary field closely intertwined with food and colloid chemistry, molecular gastronomy, etc. One of the complex yet promising directions is the creation of emulsion-structured alcoholic cocktails. Emulsions provide beverages with a harmonious texture, fullness of taste, and the ability to retain and gradually release a cascade of aromatic substances. Beyond sensory characteristics, emulsification offers opportunities to incorporate innovative ingredients capable of modifying the functional properties of beverages.

However, the key technological challenge of such systems is their thermodynamic instability. The presence of ethanol at concentrations ranging from 10 to 25% vol. causes protein denaturation, reduces interfacial tension, and disrupts protective adsorption layers surrounding fat droplets. This leads to undesirable phenomena such as sedimentation, creaming, flocculation, and coalescence. Developing scientifically grounded methods for stabilizing emulsion cocktails is an important objective for modern mixology.

Analysis of recent research and publications. The study of physicochemical processes in dispersed food systems has been addressed by leading global scientists. D. J. McClements specializes in food biopolymers and colloids, focusing on creating healthier and more environmentally friendly products. Researchers D. Muir and W. Banks investigated the stabilization of high-alcohol cream liqueurs using emulsifying salts and caseinates. Recommendations for applying ultrasonic cavitation to beverage homogenization have been developed by B. K. Tiwari (fruit-milk beverages), F. Trujillo (coffee beverages), P. H. Campelo (fortified juices), A. Anaya-Esparza, and M. Guimarães (plant-based milk) [1–4].

The contribution of Ukrainian scientists to the study of dispersed alcoholic systems lies in investigating thermodynamics, recipe composition, and technology of liqueurs and emulsion beverages. Researchers O. V. Kuzmin, T. A. Holuieva, and O. V. Nemirich explore the physicochemical

characteristics, formulation, technology, and quality of new-generation emulsion cream liqueurs based on plant milk. O. M. Ostriuk develops technologies for functional alcoholic beverages through the extraction of fruit and berry raw materials. S. I. Oliinyk focuses on studying the thermodynamics of emulsion systems and the impact of beverage formulations on oxidation and emulsion stability [5–7].

Despite the depth of these scientific works, most are focused on the industrial production of long-shelf-life liqueurs. Meanwhile, the formation of stable emulsion structures in beverages and cocktails within mixology remains insufficiently addressed.

Formulation of article goals. The objective of the article is to analyze the historical experience of creating emulsion alcoholic beverages, systemize innovative ingredients and physicochemical stabilization methods based on modern scientific research, and identify promising pathways for implementing emulsion technologies.

Presentation of the main research material. Liqueur is a strong, sweet alcoholic beverage made from fortified fruit and berry juices, infusions of aromatic herbs with added roots, spices, etc. The history of emulsion-type alcoholic beverages and dense-textured liqueurs developed over centuries through several stages.

In the 11th century, in many Catholic monasteries, sick people were treated with various mixtures and elixirs. Monks, seeking to improve medicine manufacturing techniques, discovered new components. Since most of these mixtures were bitter, honey was added. The first sweet liqueurs (Benedictine, Chartreuse) were created by monks as medicinal elixirs as 1510. An emulsion component was absent, but the concept of masking the harsh taste of alcohol with sweet components emerged at that time [8–10].

Liqueurs from Lucas Bols, known in the Netherlands and beyond to this day, date back to 1575. Their creator was Dutch physician Lucas Bols, and the primary ingredients were caraway as a digestive aid and alcohol as a painkiller.

The stage of egg-based liqueurs began in the early 17th century when Dutch colonists in Brazil encountered a local beverage based on avocado pulp, alcohol, and sugar. Upon returning to Europe, they replaced scarce avocado with egg yolk. Yolk lecithin became the first natural emulsifier enabling the combination of alcohol and fat into a homogeneous mass. Thus, classic Advocaat liqueur emerged as the first alcoholic beverage of an emulsion nature [9, 11].

In the 19th century in France, the Creme category of liqueurs appeared. Despite the name, they contained no dairy cream. The word «creme» indicated a thick, syrup-like consistency due to high sugar content (from 250 g/L), which increased beverage viscosity.

Real cream liqueurs appeared only in 1974 in London when David Gluckman and Tom Jago created the Baileys Irish Cream. The primary challenge was instant dairy protein coagulation upon contact with Irish whiskey. This issue was solved through two-stage homogenization and using sodium caseinate combined with vegetable oils [8].

The next stage of liqueur development in the 1990-s – 2000-s saw multiphase systems and exotic products. Sheridan's is a liqueur consisting of two separate phases (coffee-chocolate and vanilla-cream) mixed directly in the glass. Exotic fruit cream liqueurs also entered the market (South African Amarula made from marula fruit) [8–10].

Today, in response to growing demand for plant-based products, manufacturers are transitioning to emulsion liqueurs based on almond, coconut, and soy milk, requiring completely new stabilizers.

Classifying liqueurs is challenging due to their diversity and similarities. Modern classification divides liqueurs along two main directions: physicochemical parameters (alcohol strength and sugar content) and primary raw material/flavor profile.

By alcohol and sugar content, beverages are divided into three groups:

– strong liqueurs (35–45% alcohol, 32–50% sugar). Created using strong distillates (cognac, whiskey, grain alcohol) with maceration of herbs, spices, or citrus peel. They feature concentrated aromas that mask alcohol notes. This group includes early monastic medicinal tinctures.

– dessert liqueurs (25–30% alcohol, 25–30% sugar). Produced by infusing or blending alcohol bases with natural fruit/berry extracts, cream, or spices, sweetened with sugar syrup, and aged to achieve a balanced taste. Served as digestifs or used in cocktails.

– cremes (15–28% alcohol, 49–60% sugar). Can be dairy cream liqueurs or liqueur crèmes (which may contain no cream). Crèmes possess a thick syrup-like consistency due to high sugar concentration [12].

Classification by primary raw material is more intricate.

Herbal liqueurs (herbal spirits, Kräuterlikör, balms) – a large category produced by infusing or distilling alcohol with mixtures of herbs, roots, bark, flowers, seeds, and spices, followed by sugar addition. Secret recipes can contain 10 to over 130 botanical components. Herbal liqueurs feature a pronounced bitterness, medicinal-spicy or resinous notes, which are harmoniously balanced by sweetness and alcoholic warmth. The most famous herbal liqueur include: Jägermeister – a German Kräuterlikör with distinct notes of cinnamon, anise, and ginger; Chartreuse and Benedictine – iconic French monastic liqueurs created using secret recipes; Becherovka – a Czech balm featuring a pronounced flavor of cinnamon, cloves, and alpine herbs; Unicum – a Hungarian thick, dark-brown, highly concentrated balm produced according to a secret recipe with over 40 herbs [12]. In cocktails,

they are used as an aromatic base for creating complex, spicy, and bittersweet-fresh mixes.

Amaro are traditional Italian herbal liqueurs with a pronounced bittersweet profile, usually consumed as a digestif. They are prepared by infusing a spirit or wine base with a mixture of herbs, roots, flowers, bark, citrus peel, and spices. The beverage is sweetened with sugar syrup and often aged in barrels. Thanks to its rich aroma, Amaro is added to both classic and signature cocktails. The most famous include Amaro Montenegro, Amaro Averna, Fernet-Branca, Amaro Nonino, Ramazzotti [13].

A separate category is the group of bitter liqueurs – bitters, which are produced using extracts of herbs and roots from medicinal plant materials. In most cases, these are dark-colored drinks that stimulate digestion and improve appetite.

Bitters are very closely related to herbal liqueurs, but the key difference between them lies in the sweetness level (sugar content), the intensity of bitterness, and the beverage's intended purpose. By standard, herbal liqueurs strictly require a high sugar content (usually no less than 100 g/l). Even with a bitter edge, the sweetness remains pronounced, softening the alcohol. Bitterness is the dominant note in bitters; they contain either no sugar at all or a minimal amount insufficient to mask the bitterness

Aromatic bitters are very bitter and highly concentrated beverages added in micro-doses (dashes) to flavor cocktails. «Dash» in cocktail recipes refers to a liquid unit of measurement equal to approximately 0,6–1,0 ml (one shake of a bottle equipped with a special dasher top). The most famous include Angostura (a bitter from Trinidad based on dark rum, featuring bitter orange peel extract); Peychaud's (an American bitter with a fairly light and fruity taste compared to other tinctures of this type, sweet with notes of cherry, clove, and nutmeg).

Potable bitters (aperitifs/digestifs) are consumed neat or with tonic. Campari and Aperol – the most famous brands Italian bittersweet aperitifs that serve as the foundation for modern bar Spritz cocktails. Any potable bitter with a high sugar content can be classified as a liqueur. However, not every herbal liqueur is a bitter, as many of them emphasize sweetness and spices rather than bitterness [12, 14].

Citrus and fruit-berry liqueurs are the foundation of most classic and modern cocktails. The most famous include French Cointreau, Grand Marnier, Chambord; Italian Limoncello (Pallini, Villa Massa); Japanese Midori. Although both Cointreau and Grand Marnier are famous orange liqueurs, they differ significantly in their spirit base. Cointreau is created using a neutral grain spirit (a classic transparent Triple Sec), whereas Grand Marnier is produced on the basis of aged French cognac.

Cream and egg liqueurs are distinguished by a delicate texture, soft buttery flavor, and moderate alcohol content. The most famous include Baileys Irish Cream (a cream liqueur based on Irish whiskey); Sheridan's (Ireland) – a two-compartment liqueur featuring coffee-chocolate and cream-vanilla layers; Amarula (a South African cream liqueur made from marula fruit with a caramel-fruity profile); Advocaat (Bols, Warninks) – a thick Dutch egg liqueur made from egg yolks, sugar, and brandy. From a food chemistry perspective, such beverages are typical emulsions.

Coffee and chocolate liqueurs are produced from roasted ground coffee beans or cocoa beans without the use of artificial flavorings. The most famous include Kahlua (Mexico) – global leader among coffee liqueurs based on rum and Arabica coffee; Tia Maria – coffee liqueur made with Jamaican rum and Madagascar vanilla; Mozart (Dark, Milk, White) – a premium line of Austrian chocolate liqueurs.

Nut, spicy, and anise liqueurs have a pronounced, recognizable character and are in demand both in classic bartending and in culinary arts. The most famous include Italian nut liqueurs Disaronno Originale (Amaretto) and Frangelico. Scottish Drambuie – a spicy liqueur based on Scotch whisky, honey, and herbs. Anise liqueur Sambuca (Molinari, Luxardo) has its own specific characteristic (like absinthe or ouzo). It is transparent in the bottle, but when diluted with water or ice, it suddenly turns cloudy white. In bartending, this phenomenon is called the «Ouzo effect» or «Louche effect».

Curasao is a general name for liqueurs based on the peel of a specific type of bitter orange. In the production process, the dried peel is macerated in cognac or alcohol to form an aromatic extract, after which spices and herbs are added. These liqueurs can be light yellow, orange, green, blue, or white in color.

Floral and botanical liqueurs represent a craft segment in modern mixology. St-Germain – a French liqueur made from freshly hand-picked elderflowers. In mixology, adding as little as 5–10 ml of St-Germain liqueur enhances the balance of nearly any cocktail. Italicus Rosolio di Bergamotto – an Italian liqueur based on Sicilian bergamot and chamomile [12, 14].

Recently, lactose-free and vegan alternatives – plant-based cream liqueurs – have been gaining increasing popularity. The main reason for their popularity is the opportunity to achieve a delicate dessert flavor and smooth texture without lactose or animal-derived fats.

Oat milk liqueurs are the most popular variety in this category, as oat milk possesses a natural creamy density and a neutral taste that does not overpower the primary flavorings.

The Baileys brand released a vegan line of Baileys Non-Dairy liqueurs made with almond (Almande) and oat milk, featuring Cookies & Creamy and Coffee Toffee flavors. Arctic Blue Oat (Finland) is a lactose-free liqueur based on Finnish gin, oat milk, and

wild blueberries. The American brand Oatrageous produces lightened oat liqueurs in bourbon, espresso, and coconut flavors. Misunderstood Oat Nog is a vegan variation of the traditional Christmas drink Eggnog, made with oat milk and spiced whiskey. Coconut cream and coconut oil liqueurs are beverages with natural density and a light tropical flavor. Dirty Cow (Scotland) – a series of vegan dessert liqueurs based on Scotch whisky and coconut extract (with strawberry, chocolate, and classic Irish Cream flavors). Aihiki (Australia) – a beverage based on coconut cream, aged whisky, chocolate, and vanilla. Pallini Limoncello Cream – an Italian lemon cream liqueur that uses coconut oil instead of dairy cream, making it completely vegan. Tiger nut (chufa) is a traditional base for the refreshing Spanish beverage Horchata. Licor 43 Horchata is a liqueur made with tiger nut milk, cinnamon, and citrus. Besos de Oro harmoniously combines tiger nut milk with high-quality Spanish brandy.

Another alternative is Bom Bom Fully Baked – an innovative hemp milk liqueur combining Caribbean rum with a chocolate chip cookie flavor.

Liqueurs are widely popular as a base for cocktails. They pair well with vodka, gin, whisky, brandy, cognac, wines, milk and cream, hot chocolate, ice cream, and fruit juices. Liqueurs enrich cocktails with rich color and sweetness, imparting softness, density, and body to their texture.

Since liqueurs feature a high sugar content and a distinct flavor profile, liqueur-based cocktails are classified according to several key criteria: by structure, by volume and serving style, and by the flavor profile of the liqueur base [15, 16].

Sours – cocktails where a liqueur acts as the alcohol base and sweetener, balanced by fresh citrus juice (sometimes with added egg white for foam). Spritzes & Highballs – light, refreshing cocktails where an aperitif or fruit liqueur is diluted with sparkling wine, tonic, soda water, or juice. Cream & Dessert Cocktails – drinks with a pronounced sweetness and velvety texture. They usually contain cream, coffee, or chocolate liqueurs, as well as cream, milk, or espresso. Equal Parts Cocktails – drinks in which a liqueur is combined in equal proportions with other spirits, vermouths, or bitters. Shooters & Layered Drinks – small-volume cocktails («shot-sized»). Due to the varying densities of liqueurs, they are often layered. Hot Drinks – beverages based on coffee, tea, or cocoa with the addition of liqueurs [15–19].

Modern mixology trends include Low-ABV (Low Alcohol by Volume)–reducing the overall alcohol content. Reducing the alcohol content changes not only the strength, but also the body and mouthfeel of the drink, as ethanol plays a key role in dissolving aromatic compounds and creating texture. Instead of using a liqueur merely as a complement to vodka or gin, the liqueur itself (especially herbal or floral varieties) becomes the sole alcoholic base, mixed with tonic or soda water. Additionally, in modern recipe specs, the amount of plain simple syrup is reduced when a sweet liqueur is present to avoid excessive cloyingness. The use of craft and niche liqueurs, as well as local wild herb infusions, is also gaining widespread popularity.

Creating next-generation alcoholic cocktails with a stable emulsion structure based on liqueurs, particularly when using the fat-washing technique directly at the bar counter, often presents challenges. The main difficulty is that ethanol inherently acts as a destabilizing factor for most classic emulsions. High alcohol content and the presence of fruit acids destroy the structure of natural protein emulsifiers, leading to curdling and unwanted flakes. Due to the significant density difference between the alcohol-water and fat phases, fat droplets tend to coalesce and rise to the surface, forming a fat film or sediment. Additionally, ice melting during mixing or serving changes the viscosity and component ratio, which can rapidly break down an unstable emulsion network right in the glass [20–23].

Stabilizing an emulsion-structured alcoholic cocktail requires a comprehensive approach: combining physical processing (homogenization, emulsification, cavitation, etc.) with highly effective surfactants (to reduce interfacial tension) and hydrocolloids (to increase system viscosity), among other factors.

Analyzing current trends in modern mixology aimed at improving emulsion cocktail technology, the following key approaches can be highlighted:

– use of immersion ultrasonic dispersers (sonicators) directly at the bar. This allows for the preparation of stable nanoemulsions from fat-containing ingredients and alcoholic distillates within 15–30 seconds without adding artificial chemical stabilizers;

– formation of stable hybrid «oil-in-water-in-air» systems. Using nitrous oxide siphons, the emulsion base is converted into a stable alcoholic foam («velvet foam») that slowly settles at the bottom of the glass, creating a dynamic sensory-textural heterogeneity during consumption;

– modified Fat-washing technique. While the classic Fat-washing method involves extracting flavor from fat into alcohol followed by freezing and completely removing the fat phase, an innovative approach retains 5–10% of the fat phase as an ultrafine emulsion using aquafaba or Quillaja saponins. This enriches the drink not only with flavor, but also with a rich, velvety texture [24].

Modern mixology requires ingredients capable of withstanding harsh environments (ethanol and low pH from juices) without altering the flavor profile of the drink. An analysis of innovative ingredients for cocktail creation is presented in the table 1.

Classic animal proteins (egg white and yolk, dairy cream) are increasingly replaced or supplemented with

Table 1

Analysis of innovative ingredients for cocktail creation

Ingredients	Chemical nature or active component	Functional role in cocktail	Advantages and technological features
Aquafaba	Soluble chickpea and bean proteins and saponins	Emulsifier, foaming agent	Vegan alternative to egg white; resistant to medium ethanol concentrations (10–15%).
Quillaja saponins (Quillaja saponaria)	Non-ionic natural surfactant compounds	Highly efficient emulsifier and foaming agent	Create stable fine emulsions and dense foam at low concentrations (0,05–0,1%), insensitive to pH, alcohol, temperature.
Cellulose nanocrystals	Solid insoluble biopolymer particles	Natural Pickering stabilizer	Create a mechanical barrier at phase interfaces, completely preventing coalescence.
Citrus fibers	Insoluble dietary fibers with high hydration	Texturizer, syneresis inhibitor	Increase continuous phase viscosity, prevent sedimentation.
Xanthan and gellan gums	Exopolysaccharides of microbiological origin	Rheology modifiers	Provide pseudoplastic behavior: drink flows easily but keeps droplets suspended.
Sucrose esters of fatty acids	Non-ionic surfactants	Interfacial tension reduction, microemulsion formation	High hydrophilic-lipophilic balance value; enable completely transparent alcoholic microemulsions with citrus essential oils.
Modified starch (E1450)	Starch sodium octenyl succinate	Emulsifier, stabilizer, encapsulation	Exceptionally stable in alcohol (up to 40% vol.); forms durable coating around fat droplets; ideal for Limoncello cream.
Plant protein isolates (pea, potato)	Globular plant proteins	Interfacial adsorption layer formation	Hypoallergenic alternative to casein and whey; potato protein foams like egg white even at 20% vol.
Soy and sunflower lecithin	Phospholipid mixture (amphiphilic molecules)	Liposome formation, emulsification	Natural biocompatible component; used for alcoholic espumas from fatty ingredients (e.g., truffle oil).

alternative plant and mineral stabilizers. However, replacing classic cream with alternative milks requires careful selection of stabilizers, as plant proteins are more sensitive to ethanol content and pH levels.

Conclusions and prospects for further research. An analysis of the historical evolution and current state of mixology showed that emulsion alcoholic beverages have evolved from medieval monastic elixirs and traditional egg and cream liqueurs to innovative multiphase and vegan systems based on oat, coconut, almond, tiger nut milk.

It was determined that the key technological challenge in creating emulsion cocktails directly at the bar counter is the aggressive action of ethanol (10–25% vol.) and fruit acids, which trigger the denaturation of natural proteins, the destruction of adsorption layers, and phase separation (sedimentation, flocculation, coalescence).

The assortment of innovative stabilizing ingredients has been analyzed, proving the promise of replacing classic animal proteins with alternative plant and biopolymer components (aquafaba, quillaia saponins, cellulose nanocrystals for Pickering stabilization, modified starch E1450, xanthan and gellan gums, potato and pea protein isolates), which exhibit high stability in alcohol-containing and acidic environments.

The Recommended expediency of combining chemical stabilization with physical processing methods (using immersion ultrasonic sonicators to produce nanoemulsions, nitrous oxide siphons to create 'velvet foam' alcoholic foam, and a modified fat-washing technique retaining an ultra-fine emulsion) has been recommended, ensuring the formation of stable drink textures.

Future research perspectives involve developing new recipe formulations and technologies for lactose-free dessert and Low-ABV emulsion-type cocktails with enhanced functional and sensory properties.

BIBLIOGRAPHY

1. Tiwari B. K., O'Donnell C. P., Cullen P. J. Effect ofsonication on retention of anthocyanins in blackberryjuice. *Journal of Food Engineering*. 2009. Vol. 93. P. 166-171. https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2009.01.027

2. Ultrasound Enables Espresso-Strength Coffee Brewing in 2–3 Minutes at Low Temperature with Lower Energy Consumption / F. J. Trujillo & all authors. *Journal of Food Engineering*. 2026. URL : doi: 10.1016/j.jfoodeng.2026.113193

3. Ultrasound-assisted homogenization and gum Arabic combined to physicochemical quality of cupuaçu juice. URL : https://doi.org/10.1111/jfpp.14072

4. Ultrasound and Thermosonication as Promising Technologies for Processing Plant-Based Beverages: A Review. URL : https://doi.org/10.17113/ftb.62.04.24.8624

5. Холуєва Т. А., Кузьмін О. В., Неміріч О. В., Омельченко М. С. (2025). Якість емульсійних лікерів на рослинному молоці. URL : https://dspace.nuft.edu.ua/handle/123456789/48532

6. Острюк О. М., Кучеренко В. В., Олійник С. І. (2022). Фільтрування та стабілізація лікеро-горілчаних напоїв. URL : https://dspace.nuft.edu.ua/handle/123456789/43147

7. Scientific substitution of the use of a stabilizing milk-vegetable additive in the composition of emulsion liquors. URL : https://doi.org/10.31359/2312.3990.2026.39.1.48

8. Стюарт Е. П'яний ботанік. Рослини, які створюють найкращі напої світу. / пер. з англ. Р. Скакуна. Харків : Клуб Сімейного Дозвілля, 2018. 400 с.

9. Punch Magazine. URL: https://punchdrink.com

10. Difford's Guide : For Discerning Drinkers. URL: https://www.diffordsguide.com

11. Solmonson L. J. Liqueur: A Global History. London : Reaktion Books, 2013. 168 p.

12. Spirits Europa. Official webportal of the European Association of Spirits Producers. URL: https://spirits.eu/

13. Parsons B. T. Amaro: The Spirited World of Bittersweet, Herbal Liqueurs, with Cocktails, Recipes, and Formulas. Berkeley : Ten Speed Press, 2016. 280 p.

14. The Oxford Companion to Spirits and Cocktails / ed. by D. Wondrich, N. Rothbaum. New York : Oxford University Press, 2021. 864 p.

15. DeGroff D. The Craft of the Cocktail: Everything You Need to Know to Make 500 Cocktails. New York : Clarkson Potter, 2002. 240 p.

16. Embury D. A. The Fine Art of Mixing Drinks. London : Faber and Faber, 2008. 368 p.

17. International Bartenders Association (IBA) Official Cocktails. URL : https://iba-world.com/iba-official-cocktails

18. Meehan J. Meehan's Bartender Manual : A Cocktail Reference and Recipe Book. New York : Ten Speed Press, 2017. 488 p.

19. Regan G. The Joy of Mixology: The Consummate Guide to the Bartender's Craft. Revised and updated ed. New York : Clarkson Potter, 2018. 352 p

20. McClements D. J. Food Emulsions: Principles, Practices, and Techniques. 3rd ed. Boca Raton : CRC Press, 2015. 706 p.

21. Dickinson E. Hydrocolloids as emulsifiers and emulsion stabilizers. *Food Hydrocolloids*. 2009. Vol. 23, No. 6. P. 1473–1482.

22. Banks W., Muir D. D., Wilson A. G. Extension of the shelf life of cream liqueurs. *Journal of the Society of Dairy Technology*. 1981. Vol. 34, No. 2. P. 85–88.

23. Aguiar C. S., Aguiar A. T., Sanches M. A. Ultrasound applications in beverage processing and mixology: A review. *Trends in Food Science & Technology*. 2020. Vol. 102. P. 112–124.

24. Rayner M., Sixta H. Pickering emulsions stabilized by cellulose nanocrystals: Principles and beverage applications. *Carbohydrate Polymers*. 2018. Vol. 195. P. 400–412.

REFERENCES

1. Tiwari B. K., O'Donnell C. P., Cullen P. J. (2009) Effect ofsonication on retention of anthocyanins in blackberryjuice. Jo*urnal of Food Engineering*, 93, 166-171. https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2009.01.027

2. Trujillo F. J. & all authors (2026). Ultrasound Enables Espresso-Strength Coffee Brewing in 2–3 Minutes at Low Temperature with Lower Energy Consumption. *Journal of Food Engineering.* DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2026.113193

3. Ultrasound-assisted homogenization and gum Arabic combined to physicochemical quality of cupuaçu juice. (2019). *Journal of Food Processing and Preservation.* https://doi.org/10.1111/jfpp.14072

4. Ultrasound and thermosonication as promising technologies for processing plant-based beverages: A review. (2024). *Food Technology and Biotechnology*, 62(4). https://doi.org/10.17113/ftb.62.04.24.8624

5. Kholuieva, T. A., Kuzmin, O. V., Nemirich, O. V., & Omelchenko, M. S. (2025). Yakist emulsiinykh likeriv na roslynnomu molotsi [Quality of emulsion liqueurs based on plant-based milk]. *NUFT Digital Repository*. https://dspace.nuft.edu.ua/handle/123456789/48532 (in Ukrainian).

6. Ostriuk, O. M., Kucherenko, V. V., & Oliinyk, S. I. (2022). Filtruvannia ta stabilizatsiia likero-horilchanykh napoiv [Filtration and stabilization of alcoholic beverages]. NUFT Digital Repository. https://dspace.nuft.edu.ua/handle/123456789/43147 (in Ukrainian).

7. Scientific substitution of the use of a stabilizing milk-vegetable additive in the composition of emulsion liquors. (2026). https://doi.org/10.31359/2312.3990.2026.39.1.48

8. Stewart, A. (2018). Piany botanik. Roslyny, yaki stvoriuiut naikrashchi napoi svitu [The drunken botanist: The plants that create the world's great drinks] (R. Skakun, Trans.). Family Leisure Club.

9. Punch Magazine. (2026). https://punchdrink.com

10. Difford's Guide: For discerning drinkers. (2026). https://www.diffordsguide.com

11. Solmonson, L. J. (2013). Liqueur: A global history. Reaktion Books.

12. SpiritsEUROPA. (2026). Official webportal of the European Association of Spirits Producers. https://spirits.eu/

13. Parsons, B. T. (2016). Amaro: The spirited world of bittersweet, herbal liqueurs, with cocktails, recipes, and formulas. Ten Speed Press.

14. Wondrich, D., & Rothbaum, N. (Eds.). (2021). The Oxford companion to spirits and cocktails. Oxford University Press.

15. DeGroff, D. (2002). The craft of the cocktail: Everything you need to know to make 500 cocktails. Clarkson Potter.

16. Embury, D. A. (2008). The fine art of mixing drinks. Faber and Faber.

17. International Bartenders Association. IBA official cocktails. https://iba-world.com/iba-official-cocktails

18. Meehan, J. (2017). Meehan's bartender manual: A cocktail reference and recipe book. Ten Speed Press.

19. Regan, G. (2018). The joy of mixology: The consummate guide to the bartender's craft (Rev. and updated ed.). Clarkson Potter.

20. McClements, D. J. (2015). Food emulsions: Principles, practices, and techniques (3rd ed.). CRC Press.
21. Dickinson, E. (2009). Hydrocolloids as emulsifiers and emulsion stabilizers. Food Hydrocolloids, 23(6), 1473–1482.
22. Banks, W., Muir, D. D., & Wilson, A. G. (1981). Extension of the shelf life of cream liqueurs. Journal of the Society of Dairy Technology, 34(2), 85–88.
23. Aguiar, C. S., Aguiar, A. T., Sanches, M. A. (2020). Ultrasound applications in beverage processing and mixology: A review. Trends in Food Science & Technology, 102, 112–124.
24. Rayner, M., Sixta, H. (2018). Pickering emulsions stabilized by cellulose nanocrystals: Principles and beverage applications. Carbohydrate Polymers, 195, 400–412.

Н. Черевична, *кандидат технічних наук, доцент (Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця).* ***Технологічні підходи до стабілізації емульсійних алкогольних напоїв у сучасній міксології***

Анотація. *Метою дослідження є аналіз історичної еволюції емульсійних алкогольних напоїв, систематизація сучасних інноваційних інгредієнтів і фізико-хімічних методів стабілізації на основі останніх наукових досліджень, а також визначення перспективних шляхів впровадження емульсійних технологій у сучасну барну культуру та міксологію. Дослідження базується на комплексному системному аналізі, порівняльно-історичному оцінюванні та теоретичній інтерпретації наукової літератури з харчової та колоїдної хімії, технології алкогольних напоїв та сучасної міксології. У статті проаналізовано історичний розвиток алкогольних напоїв емульсійного типу від середньовічних монастирських лікувальних еліксирів та перших яєчних і вершкових систем до сучасних мультифазних, рослинних і безлактозних альтернатив на основі вівсяного, кокосового, мигдалевого та чуфового молока. Проаналізовано класифікацію лікерів за фізико-хімічними параметрами (міцність, вміст цукру) та сировинним складом. Визначено ключові технологічні проблеми стабілізації емульсійних коктейлів за наявності етанолу та фруктових кислот, такі як денатурація білків, зниження міжфазного натягу та руйнування захисних адсорбційних шарів, що призводить до розшарування фаз шляхом відстоювання, седиментації, флокуляції та коалесценції. Проаналізовано інноваційні інгредієнти та їхню функціональну ефективність для стабілізації спиртовмісних систем. Висвітлено сучасні техніки міксології: ультразвукову сонікацію для приготування наноемульсій, сифони для створення оксамитової піни та модифікований fat-washing із збереженням ультратонких емульсій. Поєднання хімічної стабілізації з використанням рослинних і біополімерних агентів із фізичними методами обробки (ультразвукова кавітація, тиск) дозволяє створювати термодинамічно стійкі емульсійні коктейлі з багатим сенсорним профілем. Напрями подальших досліджень зосереджені на розробці нових рецептур безлактозних і Low-ABV коктейлів емульсійного типу з підвищеними функціональними властивостями.*

Ключові слова: *емульсійні алкогольні напої, стабілізація емульсій, лікери, коктейлі, барна культура, міксологія, емульсії.*

Дата першого надходження статті до видання: 04.08.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 18.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

ПОВІДОМЛЕННЯ РЕДАКЦІЇ

Редакційна колегія Наукового вісника Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія «Технічні науки» повідомляє про ретракцію статті, «ЕКСПЕРТИЗА ЯКОСТІ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРОБІОТИЧНИХ КЕФІРІВ НА ПРИКЛАДІ ПРОДУКЦІЇ УКРАЇНСЬКИХ ВИРОБНИКІВ» (автори Л. В. Флока, Н. В. Гнітій, З. П. Рачинська), опублікованої у № 1 за 2026 рік.

Рішення про ретракцію ухвалено редакційною колегією від 5 червня 2026 року.

Причиною ретракції стало порушення редакційної політики видання та вимог пункту 7 Порядку формування Переліку наукових фахових видань України, а саме опублікування більше ніж однієї статті за участі одного автора в межах одного випуску.

Підкреслюємо, що редакцією не було виявлено фактів академічного плагіату, фальсифікації чи фабрикації результатів дослідження, а також недостовірності наведених у статті наукових даних. Ретракцію здійснено з метою дотримання принципів редакційної доброчесності, прозорості видавничих процесів та належного врегулювання обставин, пов’язаних із потенційним конфліктом інтересів.

НАУКОВИЙ ВІСНИК ПОЛТАВСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ ЕКОНОМІКИ І ТОРГІВЛІ

Серія «Технічні науки»

Випуск 2, 2026

Українською та англійською мовами

Відповідальний редактор: *І. Чудеснова*
Технічний редактор: *М. Михальченко*

Дата розміщення онлайн:13.11.2026. Дата друку: 20.11.2026.
Формат 60×84/8. Гарнітура Times New Roman.
Папір офсет. Цифровий друк. Ум. друк. арк. 16,04. Замовлення № 1026/869.
Наклад 100 прим.

Надруковано: Видавничий дім «Гельветика»
65101, Україна, м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1
Телефони: +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08
E-mail: mailbox@helvetica.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 7623 від 22.06.2022 р.