

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

ВІСНИК

ЛЬВІВСЬКОГО ТОРГОВЕЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Збірник наукових праць

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

ВИПУСК 44

ЛЬВІВ
ВИДАВНИЦТВО ЛЬВІВСЬКОГО
ТОРГОВЕЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
2025

Вісник Львівського торговельно-економічного університету / [ред. кол.: Пелик Л.В., Мережко Н.В., Донцова І.В. та ін.]. – Львів : Видавництво Львівського торговельно-економічного університету, 2025. – Вип. 44. – 72 с. – (Технічні науки).

Збірник наукових праць

Випуск 44

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

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

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

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

Періодичність: 4 рази на рік.

Мова видання: українська, англійська, польська.

Друкується за ухвалою Вченої ради Львівського торговельно-економічного університету. Протокол засідання Ради № 6 від 29 грудня 2025 року.

Редакційна колегія:

Пелик Леся Василівна, д.т.н., проф. (головний редактор);

Мережко Ніна Василівна, д.т.н., проф. (заступник головного редактора);

Донцова Інна Вікторівна, к.т.н., доц. (відповідальний секретар);

Арсеньєва Лариса Юріївна, д.т.н., проф.;

Артюх Тетяна Миколаївна, д.т.н., проф.;

Беднарчук Микола Степанович, к.т.н., проф.;

Гаврилишин Володимир Володимирович, к.т.н., проф.;

Доманцевич Ніна Іванівна, д.т.н., проф.;

Дубініна Антоніна Анатоліївна, д.т.н., проф.;

Ковбаса Володимир Миколайович, д.т.н., проф.;

Лозова Тетяна Михайлівна, д.т.н., проф.;

Омельченко Наталя Володимирівна, к.т.н., проф.;

Павлова Марія, Dr hab. inż., проф. (Республіка Польща);

Сидоренко Олена Володимирівна, д.т.н., проф.;

Стойкова Теменуга, Ph.D., доц. (Болгарія).

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

Видання індексується у наукометричних базах:

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

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

DOI: 10.36477/2522-1221

DOI: 10.36477/2522-1221-2025-44

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



ЗМІСТ

ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Андрєєва О. М., Гейващук С. М.

МОРФОЛОГІЧНА КЛАСИФІКАЦІЯ ДЕТАЛЕЙ ОДЯГУ В ПРОЦЕСІ
ЇХ ФОРМОУТВОРЕННЯ..... 5

Бойко Г. А., Максимченко Ю. О., Случинський Є. О.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА ЯКІСТЬ ТРЕСТИ
ТЕХНІЧНИХ КОНОПЕЛЬ.....13

Головенко Т. М., Бойко Г. А., Гулай О. І., Павленко В. В.

ВПЛИВ РІЗНИХ СТУПЕНІВ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОБРОБКИ НА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ
ТЕХНІЧНИХ КОНОПЕЛЬ20

Лобанова Г. Є., Надопта Т. А., Кунцов О. Ю.

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ГАРЯЧОГО ФОРМУВАННЯ СЛІДУ ЗАГОТОВКИ
НА ВЗУТТЄВІЙ КОЛОДЦІ.....29

СУЧАСНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

Івченко М. В., Сова Н. А., Кошулько В. С., Алієв Е. Б.

КЕРОВАНЕ ФРАКЦІОНУВАННЯ МАКУХИ НАСІННЯ РОЗТОРОПШІ ПЛЯМИСТОЇ
ЯК ПІДХІД ДО МАЛОВІДХОДНОЇ ПЕРЕРОБКИ.....37

Петраченко Д. О.

ОЦІНКА ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ФРАКЦІЙ РУШАНКИ НАСІННЯ
ПРОМИСЛОВИХ КОНОПЕЛЬ.....44

ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ЯКОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Божко А. Ю., Усатюк С. І.

ВИЗНАЧЕННЯ КРИТЕРІЇВ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЗАВАРНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ
З ДОДАВАННЯМ ПОРОШКУ КЕРОБУ ЗА СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНИМИ
ВЛАСТИВОСТЯМИ..... 51

Маслійчук О. Б., Сімахіна Г. О.

ВИЗНАЧЕННЯ БЕЗПЕЧНОСТІ УДОСКОНАЛЕНИХ КАБАНОСІВ В УМОВАХ IN VIVO.....59

Петлін І. В.

НАССР ЯК ОСНОВА СИСТЕМИ МЕНЕДЖМЕНТУ БЕЗПЕКИ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ.....65

CONTENTS

CHALLENGES AND DEVELOPMENT PROSPECTS OF LIGHT INDUSTRY

Andriieva O. M., Heivashchuk S. M.

MORPHOLOGICAL CLASSIFICATION OF GARMENT COMPONENTS
IN THE PROCESS OF FORM FORMATION..... 5

Boiko G. A., Maksymchenko Yu. O., Sluchinsky E. O.

ANALYSIS OF THE IMPACT OF MOISTURE SUPPLY ON THE QUALITY
OF TECHNICAL HEMP RETTING MATERIAL.....13

Golovenko T. M., Boiko G. A., Hulai O. I., Pavlenko V. V.

INFLUENCE OF DIFFERENT DEGREES OF TECHNOLOGICAL PROCESSING
ON THE QUALITY INDICATORS OF TECHNICAL HEMP..... 20

Lobanova H. Ye., Nadopta T. A., Kuntsov Yu. O.

OPTIMIZATION OF HOT FORMING PARAMETERS FOR SHOE BLANKS ON A LAST.....29

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

Ivchenko M. V., Sova N. A., Koshulko V. S., Aliiev E. B.

CONTROLLED FRACTIONATION OF MILK THISTLE (SILYBUM MARIANUM)
SEED CAKE AS AN APPROACH TO LOW-WASTE PROCESSING.....37

Petrachenko D. O.

EVALUATION OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF FRACTIONS
OF INDUSTRIAL HEMP SEED GRITS..... 44

CHALLENGES AND PROSPECTS OF THE SYSTEM OF FOOD QUALITY CONTROL

Bozhko A. Yu., Usatiuk S. I.

DETERMINATION OF IDENTIFICATION CRITERIA OF CUSTARD SEMI-FINISHED
PRODUCTS WITH THE ADDITION OF CAROB POWDER BY STRUCTURAL
AND MECHANICAL PROPERTIES..... 51

Masliichuk O. B., Simakhina G. O.

DETERMINATION OF THE SAFETY OF IMPROVED CABANOS IN VIVO.....59

Petlin I. V.

HACCP AS THE BASIS OF THE FOOD SAFETY MANAGEMENT SYSTEM.....65

ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

УДК 675.03:678.046:685.34

Андрєєва О. М.,
andriieva@khtnu.edu.ua, ORCID ID: 0009-0003-4320-4273,
асистент кафедри індустрії моди в легкій промисловості,
Хмельницький національний університет, м. Хмельницький

Гейващук С. М.,
heivashchuksm@khtnu.edu.ua, ORCID ID: 0009-0007-1478-6461,
асистент кафедри індустрії моди в легкій промисловості,
Хмельницький національний університет, м. Хмельницький

МОРФОЛОГІЧНА КЛАСИФІКАЦІЯ ДЕТАЛЕЙ ОДЯГУ В ПРОЦЕСІ ЇХ ФОРМОУТВОРЕННЯ

Анотація. У статті розглянуто морфологічне класифікування деталей одягу як ключовий інструмент у процесі формоутворення об'ємної форми виробу. Методологічною основою дослідження є системний та структурно-морфологічний підхід до проектування конструкції одягу, що інтегрує традиційні методи конструювання з сучасними цифровими та інженерними технологіями моделювання.

Такий підхід дозволяє оптимізувати параметри формоутворювальних елементів, таких як виточки, рельєфи, кокетки, та забезпечити точність просторової організації форми, стабільність посадки та експлуатаційні характеристики одягу в умовах цифрового проектування.

Запропоновано класифікацію деталей за їх роллю у формуванні об'єму, що передбачає виділення первинних формоутворювальних, вторинних, коригуючих та адаптивних (спеціальних) елементів.

Встановлено, що первинні деталі визначають базову просторову структуру та силует виробу, вторинні та коригуючі забезпечують уточнення локальної пластики, композиційну цілісність та стабільність форми, тоді як адаптивні деталі спрямовані на ергономічну адаптацію виробу до рухів тіла та підвищення рівня комфорту.

Особливу увагу приділено взаємозв'язку морфології деталей із геометричними механізмами трансформації площинної текстильної поверхні в просторову оболонку, що дозволяє розглядати виточки, рельєфи і підрізи як активні генератори об'єму. Доведено, що застосування морфологічної класифікації створює передумови для переходу від інтуїтивного описового проектування до керованого геометричного та алгоритмічного моделювання конструкцій одягу.

Таким чином, запропонована класифікація дозволяє системно оцінювати вплив конструктивних деталей на просторову структуру та посадку виробу, інтегруючи морфологічний аналіз у сучасні технології проектування та САД-моделювання. Це сприяє підвищенню точності проєктних рішень, керованості формоутворення та створенню виробів із прогнозованими естетичними і функціональними властивостями.

Ключові слова: формоутворення одягу, морфологічна класифікація, конструктивні деталі, об'ємно-просторова форма, геометричне моделювання.

Andriieva O. M.,

*andriieva@khnmu.edu.ua, ORCID ID: 0009-0003-4320-4273,
Assistant Professor of the Department of Fashion Industry in Light Manufacturing,
Khmelnytskyi National University, Khmelnytskyi*

Heivashchuk S. M.,

*heivashchuksm@khnmu.edu.ua, ORCID ID: 0009-0007-1478-6461,
Assistant Professor at the Department of Fashion Industry in Light Manufacturing,
Khmelnytskyi National University, Khmelnytskyi*

MORPHOLOGICAL CLASSIFICATION OF GARMENT COMPONENTS IN THE PROCESS OF FORM FORMATION

Abstract. *The article examines the morphological classification of garment components as a key instrument in the process of shaping the three-dimensional form of a product. The methodological framework of the study is based on a systemic and structural–morphological approach to garment design, which integrates traditional patternmaking methods with contemporary digital and engineering-based modeling technologies.*

This approach makes it possible to optimize the parameters of form-generating elements such as darts, relief seams, and yokes, and to ensure accuracy of spatial form organization, fit stability, and the performance characteristics of garments under digital design conditions.

A classification of garment components according to their role in volume formation is proposed, distinguishing primary form-generating, secondary, corrective, and adaptive (special) elements.

It has been established that primary components determine the basic spatial structure and silhouette of the garment, while secondary and corrective components refine local plasticity, ensure compositional integrity, and maintain form stability. Adaptive components, in turn, are aimed at the ergonomic adaptation of the garment to body movements and at increasing the level of wearing comfort.

Special attention is paid to the relationship between the morphology of garment components and the geometric mechanisms involved in transforming a planar textile surface into a spatial shell, which allows darts, relief seams, and cut-ins to be interpreted as active generators of volume. It is demonstrated that the application of a morphological classification creates the prerequisites for a transition from intuitive, descriptive design practices to controlled geometric and algorithmic modeling of garment constructions.

Thus, the proposed classification enables a systematic assessment of the influence of structural components on the spatial structure and fit of garments, integrating morphological analysis into contemporary design technologies and CAD modeling. This contributes to improved accuracy of design decisions, enhanced controllability of the form-generation process, and the development of garments with predictable aesthetic and functional properties.

Key words: garment form formation, morphological classification, structural components, volumetric–spatial form, geometric modeling.

JEL Classification: L69

DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2025-44-01>

Постановка проблеми. У сучасних умовах розвитку індустрії моди процес проєктування конструкцій одягу відіграє визначальну роль у формуванні показників якості та конкурентоспроможності готових виробів. Саме на етапі проєктування закладається рівень просторової організації форми, відповідність анатомічним особливостям фігури, стабільність посадки та естетична цілісність виробу. Водночас у процесі виготовлення одягу відбувається зниження частини якісних показників, зумовлене технологічними та матеріальними чинниками, що обґрунтовує необхідність підвищення якості вже на

початкових етапах проєктування [1]. Особливого значення набуває застосування технологій інноваційного виробництва, які відкривають нові можливості для формування складних просторових структур одягу та актуалізують потребу в перегляді традиційних підходів до конструювання [2]. У зв'язку з цим постає наукова проблема формування комплексного морфологічного підходу до проєктування конструкцій одягу, що ґрунтується на аналізі геометричної та просторової взаємодії конструктивних деталей у процесі трансформації площинної форми в об'ємну. Такий підхід дозволяє оптимізувати параметри формоутворюю-

вальних елементів (виточок, рельєфів, кокеток, конструктивних членувань) і забезпечити підвищення точності просторової організації форми, стабільності посадки та експлуатаційних характеристик одягу в умовах уніфікованих методів і цифрових технологій проектування.

Аналіз сучасних досліджень і публікацій. Дослідження сучасного стану у сфері проектування одягу свідчить про те, що питання формоутворення залишається у центрі уваги багатьох дослідників, набуваючи нових векторів у зв'язку з цифровізацією індустрії моди. Фундаментальною базою для розуміння морфології одягу стали праці К.Л.Пашкевич, у яких обґрунтовано тектонічний підхід до формування об'єму. Авторка розглядає конструктивні деталі не як технічні елементи, а як активні засоби вираження внутрішньої структури виробу, де кожна лінія членування є результатом взаємодії матеріалу та конструкції [3].

Цей теоретичний базис отримує логічне продовження в [4], де акцент зміщується у бік системного проектування та дизайну. Дослідники розглядають деталі одягу як елементи складної ергономічної системи, що дозволяє не лише формувати об'єм, а й цілеспрямовано маніпулювати візуальними сприйняттям пропорцій людської фігури. Таким чином, від суто інженерного розуміння шва наука переходить до аналізу його композиційного та пластичного потенціалу.

Паралельно з цим, геометричний аспект трансформації плоскої поверхні текстилю в складні просторові оболонки детально висвітлено у [5]. Розроблені авторкою методи побудови розгортки та аналізу кривизни поверхонь дозволяють математично обґрунтувати функцію виточок та підрізів як первинних генераторів об'єму. Саме ці дослідження створюють підґрунтя для переходу від описової морфології до точного геометричного моделювання [5].

Проте сучасний етап розвитку галузі, пов'язаний із впровадженням 3D-технологій та віртуальної примірки, вимагає переосмислення наявних підходів. Аналіз публікацій останніх років, присвячених цифровій симуляції одягу, показує, що попри високу якість візуалізації, існує певний розрив між інженерною функцією деталі та її класифікацією в базах даних САПР. Більшість існуючих систем класифікації мають технологічний або суто декоративний характер, що не дозволяє повною мірою використовувати інтелектуальні алгоритми для автоматичного створення складних архітектонічних форм [6-10].

Відтак, виникає об'єктивна потреба у розробці нової морфологічної класифікації, яка б систематизувала деталі одягу за характером їхнього безпосереднього впливу на об'ємно-просторову структуру. Саме заповнення цієї наукової прогалини і стало метою даного дослідження, що дозволить поєднати класичні канони архітекtonіки з вимогами сучасного цифрового проектування.

Постановка завдання. *Метою дослідження є дослідження взаємозв'язку між морфологією конструктивних деталей одягу та процесами формоутворення.*

Для досягнення поставленої мети визначено такі завдання: проаналізувати основні види конструктивних деталей (виточки, рельєфи, кокетки, членування), визначити морфологічні ознаки деталей у контексті формоутворення; класифікувати деталі за характером їх впливу на об'ємно-просторову форму, обґрунтувати активну формоутворювальну роль конструктивних деталей; розробити класифікацію деталей за типом їх участі у формуванні об'єму виробу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Аналіз принципів формоутворення у сучасному мистецтві, зокрема в архітектурі, середовищному та інтер'єрному дизайні, а також їх адаптація до проектування конструкцій швейних виробів із використанням інженерних методів конструювання, створює теоретичне підґрунтя для переосмислення традиційних елементів формоутворення одягу [11]. У цьому контексті виточки та рельєфні шви розглядаються не лише як засоби забезпечення антропометричної відповідності та посадки виробу на фігурі, а як активні конструктивно-композиційні елементи, котрі беруть участь у формуванні складних просторових форм. Важливим аспектом такого підходу є також підвищення технологічності конструкції, яка проявляється у раціоналізації конфігурації деталей крою, оптимізації кількості та розташування рельєфних швів, а також у забезпеченні узгодженості конструктивних і технологічних параметрів на етапах розкрою, з'єднання та формоутворення виробу. Геометризована система виточок і рельєфів дозволяє стандартизувати окремі конструктивні елементи, зменшити матеріаломісткість та підвищити відтворюваність моделей у серійному виробництві без втрати художньої виразності.

Розроблення нових підходів до проектування жіночого одягу, конструкції яких базується на технологічно доцільній системі виточок і рельєфів, що в сукупності формують складну просторову форму

за принципом створення арт-об'єкта, створює передумови для отримання моделей з унікальними естетичними властивостями та високими показниками виробничої реалізованості. Такий підхід забезпечує поєднання художньої цілісності, конструктивної обґрунтованості та сприяє створенню сучасного одягу, орієнтованого на самовираження особистості в соціокультурному просторі.

З огляду на викладене, доцільним є системний аналіз основних видів конструктивних деталей одягу - виточок, рельєфних швів, кокеток та різних видів членування поверхні виробу. Розгляд зазначених елементів як складових єдиної формоутворювальної системи дозволяє визначити їх морфологічні ознаки, функціональне призначення та характер взаємодії у процесі формування просторової форми одягу. Такий аналіз морфології конструктивних деталей у контексті формоутворення дає підґрунтя для виявлення закономірностей трансформації площинних елементів у тривимірні оболонки, а також для обґрунтування принципів їх раціонального поєднання з позицій художньої виразності, конструктивної доцільності та технологічної ефективності.

Запропоновано класифікацію конструктивних деталей за їх роллю у формуванні об'єму (рис. 1).

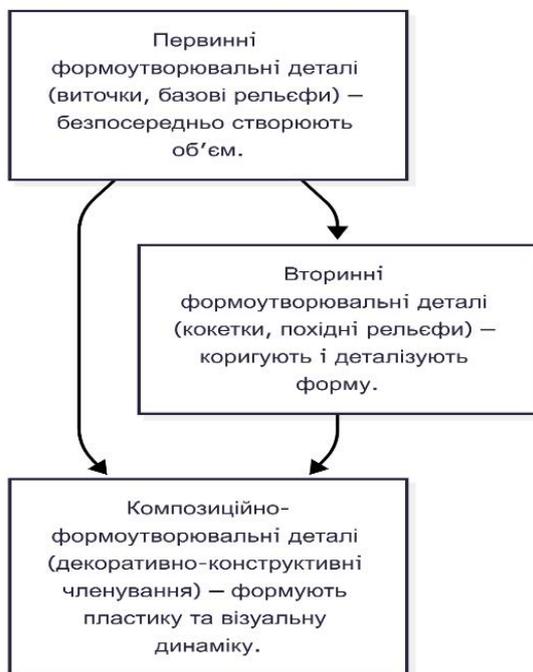


Рис. 1. Класифікація конструктивних деталей за їх роллю у формуванні об'єму

Морфологічний аналіз конструктивних деталей

Виточки. Первинний формоутворювальний елемент, що забезпечує трансформацію площини

в об'єм. Морфологічно виточка є базовим засобом створення антропометричної відповідності. Їх головна роль полягає у формуванні локальних опуклостей (у зонах грудей, лопаток, ліктів тощо) шляхом висічення надлишку площі матеріалу. Це забезпечує початковий рівень прилягання виробу до фігури без зміни його загальної архітекtonіки.

Виточки класифікуються за: напрямом (вертикальні, горизонтальні, діагональні); ступенем участі у формуванні об'єму; можливістю трансформації у рельєфи або членування.

Рельєфи. Виступають активними просторовими каналами формоутворення, поєднуючи конструктивну та композиційну функції. На відміну від виточок, рельєф забезпечує повне вертикальне або поздовжнє розчленування форми. Це дозволяє не лише перерозподілити конструктивні розхили, а й «скульптурувати» силует, створюючи плавні переходи між об'ємами. Рельєфи є ключовим інструментом для досягнення складних прилеглих форм.

Кокетки. Розглядаються як локалізовані формоутворювальні зони, котрі впливають на пропорційність виробу, акцентування окремих частин фігури та зміну характеру просторової композиції. У процесі формоутворення кокетка виконує роль жорсткого каркаса. Вона дозволяє зафіксувати об'єм у зонах опорних конструктивних поясів (плечового або тазового) та перенести конструктивні розхили у горизонтальні лінії членування. Це звільняє основні площини деталей від вертикальних виточок, дозволяючи створювати під лінією кокетки додатковий динамічний об'єм у вигляді зборок чи складок.

Декоративно-конструктивні членування. Виступають, як інструмент керування об'ємно-просторовою структурою форми, що дозволяє моделювати складні силуети без перевантаження конструкції. Системний поділ форми на окремі сегменти дозволяє змінювати геометрію виробу незалежно від анатомічних особливостей тіла. Членування необхідні для створення складних просторових структур, поєднання матеріалів з різними фізико-механічними властивостями та реалізації концептуальних дизайнерських рішень, де форма домінує над функцією.

У межах проведеного вище морфологічного аналізу конструктивних деталей одягу, формоутворення будемо розглядати, як поетапну трансформацію площинної конструкції у просторову форму виробу. Відповідно до характеру формоутворювального впливу та рівня участі у формуванні об'єму запропоновано ієрархічну класифікацію конструктивних деталей, яка наведена на рисунку 2.

Деталі локального формоутворення (виточки, підрізи). Зазначені деталі характеризуються локальним (точковим) формоутворювальним впливом і забезпечують утворення необхідного об'єму в зонах антропометричних виступів. Морфологічною ознакою цієї групи є здатність трансформувати площину в об'єм без зміни загальної силуетної конфігурації виробу. Виточки та підрізи відповідають первинному рівню формоутворення.

Деталі силуетного формоутворення (рельєфні шви: вертикальні, поздовжні, відрізні бочки). Ця група відзначається лінійним формоутворювальним впливом, що реалізується вздовж поверхні виробу. Рельєфи забезпечують перерозподіл об'єму та визначають просторову конфігурацію силуету, зокрема у прилеглих і напівприлеглих формах. Морфологічною ознакою є протяжність та напрям формоутворювальної лінії.

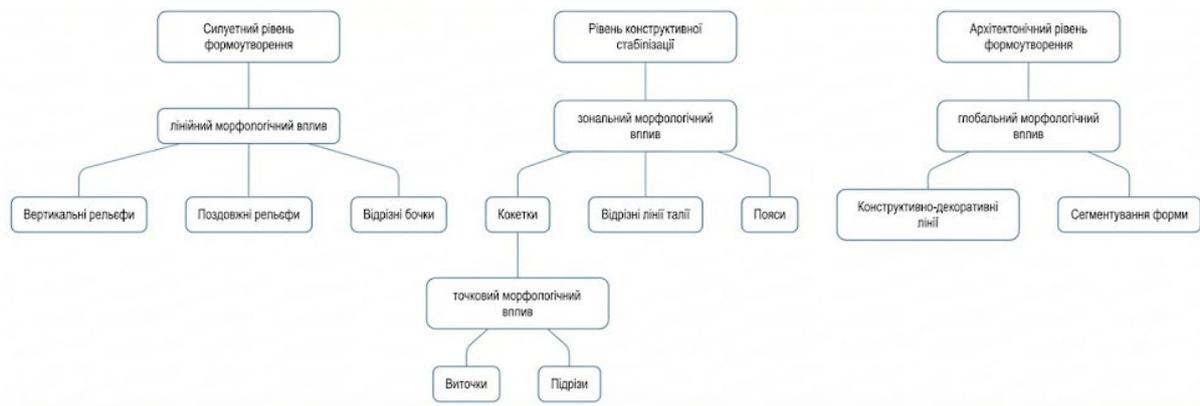


Рис. 2. Ієрархічна класифікація конструктивних деталей

Таблиця 1

Класифікація конструктивних деталей одягу за типом участі у формуванні об'єму

Тип деталей	Роль у формоутворенні	Характеристика впливу	Приклади конструктивних елементів	Очікуваний формоутворювальний ефект
Первинні формоутворювальні	Створення базової об'ємно-просторової структури виробу	Трансформація плоского матеріалу в об'ємну форму, забезпечення відповідності основним анатомічним вигинам фігури (груди, лопатки, стегна)	Виточки (нагрудні, талієві, плечові), конструктивні рельєфи (вертикальні, від пройми), формоутворювальні кокетки, клини	Формування первинного силуету, забезпечення базової посадки виробу на фігурі
Вторинні формоутворювальні	Коригування, деталізація або дроблення базового об'єму	Уточнення контурів, локальна зміна пластики первинних елементів, створення додаткових об'ємних акцентів без зміни основи	Декоративно-конструктивні рельєфи, додаткові членування, підрізи, драпірування, складки, вставки	Деталізація архітекtonіки форми, зміна силуетних акцентів, збагачення пластики поверхні
Композиційно-коригуючі (візуальні)	Гармонізація форми та візуальна корекція сприйняття об'єму	Створення оптичних ілюзій (звуження, розширення, видовження), забезпечення композиційної цілісності та динаміки	Декоративні строчки та шви, канти, плісування, використання контрастних ліній та матеріалів, накладні деталі (клапани, пати)	Візуальна корекція пропорцій фігури, забезпечення естетичної виразності та стабільності сприйняття форми
Адаптивні (ергономічні)	Локальна модифікація форми для забезпечення функціональності	Підвищення динамічної відповідності виробу, створення запасів на вільний рух у проблемних зонах	Зональні виточки-складки, еластичні вставки, ластовиці, елементи-трансформери (куліски, пати-регулятори)	Адаптація форми до динамічних змін розмірів тіла, підвищення рівня ергономічності та комфорту в русі

Деталі конструктивної стабілізації (кокетки, пояси, відрізнi лінії талії). Елементи цієї групи мають зональний формоутворювальний вплив і виконують функцію фіксації форми в опорних ділянках фігури. Морфологічною ознакою є формування конструктивно стабільних зон, що забезпечують збереження просторової конфігурації виробу та підвищують його експлуатаційну стійкість.

Деталі архітектонічного членування (складні конструктивно-декоративні лінії, сегментування). Ця група характеризується глобальним формоутворювальним впливом, що поширюється на всю структуру виробу. Морфологічною ознакою є здатність до поділу форми на автономні конструктивні модулі, що дозволяє створювати об'ємні рішення зі зниженою залежністю від анатомії тіла та реалізовувати архітектонічно виразні форми.

У таблиці 1 наведено класифікації конструктивних деталей одягу за типом участі у формуванні об'єму виробу.

Запропонована схема на рисунку 3 ілюструє ієрархію участі конструктивних деталей у фор-

мутворенні об'єму виробу. Первинні деталі формують базовий об'єм і задають основний силует, вторинні та коригуючі уточнюють форму, забезпечують локальну пластичність та композиційну цілісність, а адаптивні/спеціальні деталі локально коригують форму для підвищення функціональності та комфорту виробу. Такий підхід дозволяє системно оцінювати вплив кожної деталі на просторову структуру та посадку виробу.

На рисунку 4 схематично наведено конструктивні деталі одягу за характером їх впливу на об'ємно-просторову форму виробу. Схема відображає функціонально-морфологічну диференціацію деталей залежно від їх ролі у процесі формоутворення. Первинні формоутворювальні деталі забезпечують трансформацію площинної поверхні в об'ємну форму та визначають базову просторову структуру і силует виробу.

Вторинні стабілізуючі деталі виконують функцію фіксації та стабілізації об'єму в опорних зонах. Конструктивно-декоративні елементи здійснюють візуальну корекцію форми та забезпечують композиційну цілісність. Комбіновані

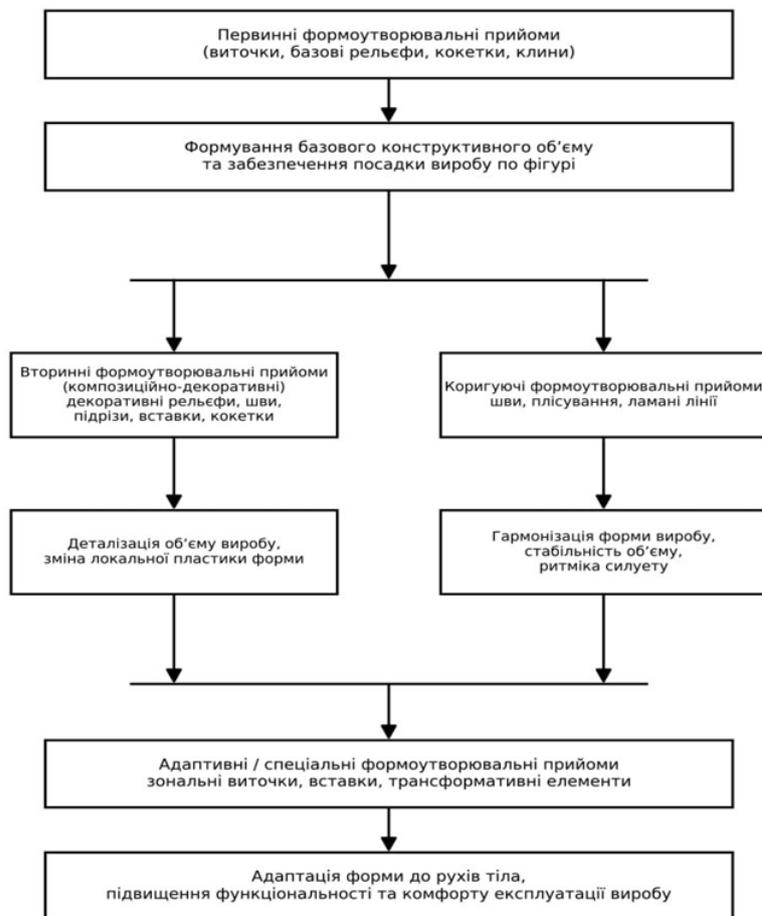


Рис. 3. Графічна схема морфологічної класифікації деталей одягу за участю у формуванні об'єму



Рис. 4. Класифікація конструктивних деталей одягу за характером їх впливу на об'ємно-просторову форму виробу

конструкції поєднують функції кількох груп деталей і застосовуються для формування складних архітектонічних рішень.

Отже, розроблений підхід дозволяє системно оцінювати вплив кожної конструктивної деталі на просторову структуру, посадку та експлуатаційні характеристики виробу, а також інтегрувати морфологічний аналіз у сучасні технології проектування та CAD-моделювання. Використання такої класифікації сприяє підвищенню точності проектних рішень, керованості формоутворювального процесу та створенню виробів із прогнозованими естетичними і функціональними властивостями.

Висновки. У результаті проведеного дослідження обґрунтовано доцільність застосування морфологічного підходу до проектування конструкцій одягу як ефективного інструменту аналізу та керування процесами формоутворення. Встановлено, що конструктивні деталі одягу слід розглядати не лише як технологічні елементи, а як активні формоутворювальні компоненти, що безпосередньо впливають на об'ємно-просторову структуру виробу. Запропоновано класифікацію конструктивних деталей за характером їх участі у формуванні об'єму, яка ґрунтується на ієрархічному розподілі на первинні формоутворювальні, вторинні стабілізуючі, конструктивно-декоративні та комбіновані елементи. Така класифікація дозволяє систематизувати процес формоутворення та забезпечити більш точне прогнозування просторових параметрів і посадки виробу. Показано, що первинні деталі визначають базову про-

сторову структуру та силует одягу, тоді як вторинні й коригуючі елементи уточнюють локальну пластику, забезпечують композиційну цілісність і стабільність форми. Адаптивні та комбіновані конструктивні рішення сприяють підвищенню ергономічності та функціональних характеристик виробів. Перспективним напрямом є застосування цифрових технологій і методів математичного моделювання тривимірних поверхонь для трансформації виточок у систему рельєфів, що забезпечує керованість формоутворення та прогнозованість конструктивних параметрів.

ЛІТЕРАТУРА:

- 3D interactive garment pattern-making technology / K. Liu, X. Zeng, P. Bruniaux, X. Tao, X. Yao, V. Li, J. Wang. *Computer-Aided Design*. 2018. Vol. 104. P. 113–124. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cad.2018.07.003>.
- Parametric design of garment pattern based on body dimensions / K. Liu, C. Zhu, X. Tao, P. Bruniaux, X. Zeng. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2019. Vol. 72. P. 212–221. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2019.05.012>.
- Пашкевич К. Л. Проектування тектонічних форм одягу з урахуванням властивостей тканин : монографія. Київ : ПП «НВЦ «Профі», 2015. 364 с.
- Проектування модного одягу на основі принципів параметричного дизайну / М. В. Колосніченко, Н. В. Чупріна, Т. Ф. Кротова, Т. М. Олішевська. *Art and Design*. 2020. № 1 (09). С. 129–141.
- Development of a technology for interactive design of garments using add-ons of a virtual mannequin / A. Slavinska, O. Zakharkovich,

S. Kuleshova, O. Syrotenko. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 6, No. 1 (96). P. 28–39. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.148984>.

6. Ніколаєва Т. І., Тіхонова О. В. Дослідження впливу конструктивних параметрів на формування плечових виробів у середовищі CAD/CAM. *Легка промисловість*. 2022. № 1. С. 22–29.

7. Sayem A. S. M., Kennon R., Clarke N. 3D CAD systems for the clothing industry. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*. 2019. Vol. 12, No. 2. P. 123–124. DOI: <https://doi.org/10.1080/17543266.2019.1604733>.

8. McQuillan H. Hybrid morphological modeling for zero-waste garment design. *Fashion Practice*. 2020. Vol. 12, No. 2. P. 237–261.

9. Tao X., Chen Y. A review of 3D garment generation and simulation techniques. *Textile Research Journal*. 2021. Vol. 91, No. 17–18. P. 2159–2183.

10. Computational pattern making from 3D garment models / N. Pietroni, C. Dumery, R. Falque, M. Liu, T. A. Vidal-Calleja, O. Sorkine-Hornung. *ACM Transactions on Graphics*. 2022. Vol. 41, No. 4. P. 1–14.

11. Кісіль М. Концепції формоутворення костюму в контексті сучасних тенденцій у fashion-дизайні. *Актуальні проблеми сучасного дизайну: зб. матеріалів Міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 20 квіт. 2018 р. : у 2 т. Київ : КНУТД, 2018. Т. 1. С. 196–198.*

REFERENCES:

1. Liu, K., Zeng, X., Bruniaux, P., Tao, X., Yao, X., Li, V., & Wang, J. (2018). 3D interactive garment pattern-making technology. *Computer-Aided Design*, 104, 113–124. <https://doi.org/10.1016/j.cad.2018.07.003>

2. Liu, K., Zhu, C., Tao, X., Bruniaux, P., & Zeng, X. (2019). Parametric design of garment pattern based on body dimensions. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 72, 212–221. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2019.05.012>

3. Pashkevych, K. L. (2015). *Proektuvannia tektonichnykh form odiahu z urakhuvanniam vlastyvostei tkanyn* [Designing tectonic forms of clothing taking into account the properties of fabrics]. РР «NVTs «Profi».

4. Kolosnichenko, M. V., Chuprina, N. V., Krotova, T. F., & Olishevskaya, T. M. (2020). Proektuvannia modnoho odiahu na osnovi pryntsyypiv parametrychnoho dyzainu [Designing fashionable clothing based on the principles of parametric design]. *Art and Design*, 1(09), 129–141.

5. Slavinska, A., Zakharkovich, O., Kuleshova, S., & Syrotenko, O. (2018). Development of a technology for interactive design of garments using add-ons of a virtual mannequin. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(1(96)), 28–39. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.148984>

6. Nikolaieva, T. I., & Tikhonova, O. V. (2022). Doslidzhennia vplyvu konstruktyvnykh parametriv na formoutvorennia plechovykh vyrobiv u seredovyshchi CAD/CAM [Research on the influence of design parameters on the shaping of shoulder garments in a CAD/CAM environment]. *Lehka promyslovist*, 1, 22–29.

7. Sayem, A. S. M., Kennon, R., & Clarke, N. (2019). 3D CAD systems for the clothing industry. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, 12(2), 123–124. <https://doi.org/10.1080/17543266.2019.1604733>

8. McQuillan, H. (2020). Hybrid morphological modeling for zero-waste garment design. *Fashion Practice*, 12(2), 237–261. <https://doi.org/10.1080/17569370.2020.1769357>

9. Tao, X., & Chen, Y. (2021). A review of 3D garment generation and simulation techniques. *Textile Research Journal*, 91(17–18), 2159–2183. <https://doi.org/10.1177/0040517521994896>

10. Pietroni, N., Dumery, C., Falque, R., Liu, M., Vidal-Calleja, T. A., & Sorkine-Hornung, O. (2022). Computational pattern making from 3D garment models. *ACM Transactions on Graphics*, 41(4), 1–14. <https://doi.org/10.1145/3528223.3530167>

11. Kisil, M. (2018). Kontseptsii formoutvorennia kostiumu v konteksti suchasnykh tendentsii u fashion-dyzaini [Concepts of costume shaping in the context of modern trends in fashion design]. In *Aktualni problemy suchasnoho dyzainu: zb. materialiv Mizhnar. nauk.-prakt. konf.* (Vol. 1, pp. 196–198). KNUVD.

Дата першого надходження статті до видання: 21.11.2025

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 12.12.2025

Дата публікації (оприлюднення) статті: 31.12.2025

УДК 677.11.021

Бойко Г. А.,

*galina_boyko_86@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8773-5525>,
Researcher ID: ABA-6427-2020*

*к.т.н., доцент кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації,
Херсонський національний технічний університет, м. Хмельницький*

Максимченко Ю. О.,

*maksimchenko.juli97@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4616-8836>
аспірантка кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації,
Херсонський національний технічний університет, м. Хмельницький*

Случинський Є. О.,

*jen.sluch@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9895-1455>
аспірант кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації,
Херсонський національний технічний університет, м. Хмельницький*

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА ЯКІСТЬ ТРЕСТИ ТЕХНІЧНИХ КОНОПЕЛЬ

Анотація. У статті досліджено вплив рівня вологозабезпечення ґрунту та режиму опадів на ріст, розвиток і формування якісних показників трести технічних конопель. Обґрунтовано роль водного режиму на різних етапах онтогенезу культури – від проростання насіння до дозрівання та вилежування стебел. Показано, що оптимальний рівень вологості ґрунту (70–80 % від найменшої вологості) забезпечує рівномірні сходи, інтенсивне наростання стеблової маси, формування сприятливих морфологічних характеристик стебел і високий вихід луб'яного волокна з належними фізико-механічними властивостями.

На прикладі сортів Глухівські 46 та ЮСО-31 встановлено, що відхилення від оптимальних умов зволоження як у бік дефіциту, так і надмірної вологи негативно впливає на довжину та діаметр стебел, перебіг процесу вилежування і якість трести. За умов дефіциту вологи відзначено зменшення виходу довгого волокна на 20–30 %, подовження тривалості ретингу та погіршення технологічних властивостей волокна. Надмірне зволоження спричиняє нерівномірний мікробіологічний розклад пектинових речовин, зниження міцності та еластичності волокна, а також подовження періоду вилежування до 20–25 діб.

Проаналізовано вплив кількості та розподілу опадів упродовж вегетаційного періоду на строки досягання технічних конопель і формування якісної трести. Запропоновано комплекс агротехнічних заходів, спрямованих на мінімізацію негативного впливу екстремальних умов зволоження та підвищення стабільності виробництва луб'яного волокна в різних ґрунтово-кліматичних зонах України.

Ключові слова: технічні коноплі, вологозабезпечення, ґрунтова вологість, опади, треста, луб'яне волокно, ретинг, агротехнічні заходи.

Boiko G. A.,

galina_boyko_86@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8773-5525>,

Researcher ID: ABA-6427-2020

PhD, Associate Professor, Department of Commodity Science, Standardization and Certification, Kherson National Technical University, Khmelnytskyi

Maksymchenko Yu. O.,

maksymchenko.juli97@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4616-8836>

Postgraduate student of the Department of Commodity Science,

Standardization and Certification, Kherson National Technical University, Khmelnytskyi

Sluchinsky E. O.,

jen.sluch@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9895-1455>

Postgraduate student of the Department of Commodity Science, Standardization and Certification,

Kherson National Technical University, Khmelnytskyi

ANALYSIS OF THE IMPACT OF MOISTURE SUPPLY ON THE QUALITY OF TECHNICAL HEMP RETTING MATERIAL

Abstract. The article investigates the influence of soil moisture supply and precipitation regime on the growth, development, and formation of quality characteristics of industrial hemp retted material. The role of the water regime at different stages of crop ontogenesis, from seed germination to maturation and stem retting, is substantiated. It is shown that the optimal level of soil moisture (70–80% of minimum water-holding capacity) ensures uniform seedling emergence, intensive accumulation of stem biomass, the formation of favorable morphological characteristics of stems, and a high yield of bast fiber with appropriate physical and mechanical properties.

Using the examples of the hemp cultivars Hlukhivski 46 and YUSO-31, it was established that deviations from optimal moisture conditions, both under moisture deficit and excessive moisture, negatively affect stem length and diameter, the course of the retting process, and the quality of the retted material. Under moisture deficit conditions, a reduction in long fiber yield by 20–30%, prolongation of the retting period, and deterioration of technological properties of the fiber were observed. Excessive moisture causes uneven microbiological degradation of pectic substances, a decrease in fiber strength and elasticity, and an extension of the retting period to 20–25 days.

The influence of the amount and distribution of precipitation during the growing season on the timing of industrial hemp maturation and the formation of high-quality retted material was analyzed. A set of agrotechnical measures aimed at minimizing the negative impact of extreme moisture conditions and increasing the stability of bast fiber production in different soil and climatic zones of Ukraine is proposed.

Key words: industrial hemp, moisture supply, soil moisture, precipitation, retted material, bast fiber, retting, agrotechnical measures.

JEL Classification: C93

DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2025-44-02>

Постановка проблеми. В умовах сучасного агропромисловництва технічні коноплі набувають дедалі більшого значення як багатофункціональна культура, що використовується у текстильній, целюлозно-паперовій, будівельній та інших галузях промисловості [1]. Якість кінцевої продукції, зокрема луб'яного волокна та трести, значною мірою визначається умовами вирощування, серед яких провідне місце займає рівень вологозабезпечення ґрунту та режим опадів упродовж вегетаційного періоду.

Кліматичні зміни, що спостерігаються в Україні останніми роками, характеризуються

зростанням частоти та інтенсивності екстремальних погодних явищ, зокрема тривалих періодів посухи або, навпаки, надмірних опадів. Такі коливання водного режиму негативно впливають на ріст і розвиток технічних конопель, порушують закономірності формування стеблової маси та ускладнюють перебіг процесу вилежування, що безпосередньо відображається на виході та технологічних властивостях волокна.

Незважаючи на наявність окремих наукових досліджень, присвячених впливу агрометеорологічних чинників на продуктивність технічних конопель, питання комплексної оцінки впливу

дефіциту та надлишку вологи ґрунту на морфологічні показники рослин, тривалість і рівномірність ретингу та якість сформованої трести залишаються недостатньо вивченими. Особливо актуальним є встановлення оптимальних параметрів вологозабезпечення для конкретних сортів, адаптованих до різних ґрунтово-кліматичних зон України.

У зв'язку з цим виникає необхідність поглибленого дослідження закономірностей впливу рівня та режиму вологи на формування якісної трести технічних конопель. Отримані результати мають важливе практичне значення для обґрунтування ефективних агротехнічних заходів, оптимізації строків вирощування та збирання культури, а також підвищення стабільності та конкурентоспроможності виробництва луб'яного волокна в умовах мінливого клімату.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Дослідження впливу водного режиму на ріст і розвиток технічних конопель привертає пильну увагу вітчизняних та зарубіжних науковців у зв'язку з актуальністю підвищення ефективності вирощування цієї культури й забезпечення високої якості волокна. У світовій літературі опубліковано кілька напрямів наукових робіт, що торкаються проблеми вологозабезпечення конопель, серед яких виділяються дослідження фізіологічних реакцій рослини на водний стрес, впливу ґрунтової вологості на морфологічні показники та якість отримання трести, а також агротехнічні заходи для оптимізації водного режиму.

Так, у роботах Amaducci S. та співавторів [2] детально розглядаються механізми адаптації технічних конопель до дефіциту вологи на різних фазах онтогенезу, зокрема акцентується увага на зміні морфологічних параметрів стебел та кореневої системи в умовах посушливих періодів. Автори відзначають, що недостатня вологість ґрунту призводить до зменшення діаметра стебел, зниження загальної вегетативної маси та скорочення виходу луб'яного волокна, що підтверджується експериментальними даними для кількох сортів конопель у різних регіонах Європи.

У дослідженнях [3–5] проаналізовано вплив режиму опадів на ріст рослин і якість волокна технічних конопель за різних агрокліматичних умов Іспанії. Автори відзначають, що нерівномірний розподіл опадів у період інтенсивного росту та на фазі дозрівання негативно впливає на структурні властивості трести, спричиняючи варіації у виході довгого волокна та його фізико-механічних характеристиках.

В дослідженнях українських науковців [6, 7] підкреслюється значна чутливість сортів технічних конопель до водного режиму ґрунту, особливо у Лісостеповій і Поліській зонах. Автори фіксують, що оптимальний рівень вологості ґрунту (70–80 % від найменшої вологоємності) сприяє більш рівномірному проростанню насіння, кращому наростанню стеблової маси та формуванню якісної трести під час ретингу. Низка робіт також вирізняє негативні наслідки надмірного зволоження, серед яких – уповільнення фізіологічних процесів, збільшення тривалості вилежування стебел і зниження технологічних властивостей волокна.

Разом із тим, огляд літератури вказує на відсутність узагальнених даних щодо узгоджених критеріїв оцінки впливу вологозабезпечення на кінцеву якість трести технічних конопель, особливо в умовах змінного клімату України. Низка досліджень обмежується окремими сортами або регіонами, а методологічні підходи досить варіабельні, що ускладнює порівняння результатів.

Отже, попри значний обсяг робіт, присвячених проблемі водного режиму в агроводному виробництві технічних конопель, потребує подальшого розвитку комплексний науковий підхід, що дозволить інтегрувати результати фізіологічних, морфологічних та технологічних аспектів формування якісної трести в залежності від умов зволоження. Саме це зумовлює наукову новизну й практичну значимість представленого дослідження.

Постановка завдання. Головним завданням даної роботи є дослідження впливу рівня вологозабезпечення ґрунту на ріст, розвиток та формування якісних показників трести технічних конопель, а також визначення оптимальних параметрів водного режиму для забезпечення високого виходу та технологічної придатності луб'яного волокна.

Виклад основного матеріалу дослідження. Вологозабезпечення є одним із ключових факторів, що визначає ефективність вирощування технічних конопель та якість отриманої продукції. Коноплі характеризуються швидкими темпами росту та значною потребою у вологозабезпеченні на початкових етапах розвитку. Оптимальні умови водного режиму сприяють активному проростанню насіння, інтенсивному наростанню стеблової маси та формуванню луб'яних волокон із необхідними технологічними характеристиками [8].

Недостатній рівень вологи в критичні фази розвитку рослини сприяє зменшенню діаме-

тра стебла, зниженню вегетативної маси та, як наслідок, зменшення виходу волокна. Водночас, надлишок вологи, особливо у фазу дозрівання, може спричинити нерівномірне розкладання пектинових речовин під час вилежування стебел, що ускладнює отримання волокна з належними фізико-механічними характеристиками.

Таким чином, вивчення впливу кількості та розподілу опадів, а також рівня вологості ґрунту та повітря на ріст і розвиток конопель, має суттєве наукове та практичне значення. Це дозволяє не лише визначити закономірності формування якісної трести, але й обґрунтувати оптимальні параметри агротехнічних заходів, спрямованих на підвищення продуктивності культури та стабільність показників якості кінцевої сировини.

На ранніх фазах розвитку конопель водний режим ґрунту є визначальним фактором, що забезпечує рівномірне проростання насіння. Оптимальним вважається рівень вологості ґрунту в межах 70-80% від найменшої вологості. Дефіцит вологи на цьому етапі призводить до зниження польової схожості, уповільнення формування первинної кореневої системи та зменшення інтенсивності росту, що у подальшому зумовлює нерівномірність посівів і втрату потенційної продуктивності культури.

Фаза швидкого наростання вегетативної маси, яка починається через 30-60 діб після сходів, характеризується високою потребою у волозі. Адже, дефіцит вологи може призвести до зменшення діаметра стебла, подовження міжвузлів та зниження міцності формованих луб'яних волокон. За умов надлишку вологи відзначається підвищений ризик розвитку грибкових хвороб, зниження фотосинтетичної активності та уповільнення нагромадження сухої речовини.

На прикладі українського сорту Глухівські 46 (табл. 1) встановлено, що за оптимального рівня зволоження (70–80 %) середня довжина стебла сягає 169,9 см, діаметр – 7,2 мм, а вихід довгого волокна досяг 30–32 %. У цих умовах відмічено рівномірність мікробіологічних процесів під час

вилежування, яке тривало близько 14 діб, що забезпечило високу якість трести.

За умов дефіциту вологи (менше 60 %) довжина стебел збільшилася до 200,4 см, проте діаметр знизився до 5,8 мм. Така морфологічна диспропорція негативно вплинула на формування волокнистих структур, унаслідок чого вихід довгого волокна скоротився до 22–24 %. Крім того, тривалість вилежування продовжилася до 18–20 діб, що призвело до нерівномірного розкладу пектинових речовин і зниження якості трести.

Аналогічні тенденції спостерігалися й на сорті ЮСО-31. За оптимальних умов зволоження середня довжина стебла становила 210,5 см при діаметрі 6,5 мм, а вихід довгого волокна сягав 28–30 %. Процес вилежування тривав 12–14 діб, що дозволяло сформувати високоякісну тресту. Натомість надмірне зволоження (понад 120 % НВ) призводило до зменшення середньої довжини стебел до 190,7 см та діаметра до 6,2 мм, а вихід довгого волокна знижувався до 25–27 %. За таких умов тривалість вилежування збільшувалася до 20–25 діб, що супроводжувалося уповільненням та нерівномірністю мікробіологічних процесів, а отже, зниженням технологічної придатності отриманої трести.

Таким чином, саме на початковому етапі закладається потенціал продуктивності рослини, а відсутність достатньої вологи обмежує її розвиток. Відхилення від оптимальних умов вологи, як у бік дефіциту, так і у випадку надмірної вологи, зумовлює погіршення морфологічних характеристик стебел та технологічних властивостей волокна.

На завершальному етапі вегетації кількість вологи ґрунту впливає на процес формування трести. Підвищена вологість ґрунту та повітря активізує мікробіологічний розклад пектинових речовин, однак через надмірні опади часто зумовлюють нерівномірність вилежування стебел й погіршення механічних властивостей волокна. Дефіцит вологи затримує або унеможливорює повноцінне вилежування стебел, що також негативно позначається на якості трести.

Таблиця 1

Морфологічні показники сортів технічних конопель за різних умов вологи ґрунту

№ п/п	Сорт	Умови вологи ґрунту	Довжина стебла, см	Діаметр стебла, мм	Вихід довгого волокна, %	Тривалість вилежування стебел, діб
1	Глухівські 46	Оптимальні (70-80%)	169,9	7,2	30-32	14
		Недостатні (<60%)	200,4	5,8	22-24	18-20
2	ЮСО-31	Оптимальні	210,5	6,5	28-30	12-14
		Надмірні (>120%)	190,7	6,2	25-27	20-25

Сорт ЮСО-31, поширений у Лісостеповій зоні України, є показовим прикладом чутливості до водного режиму у фазі дозрівання. За оптимальних умов, вилежування стебел триває від 12 до 14 діб, що призводить до неоднорідності та зниження фізико-механічних характеристик готової сировини.

Таким чином, на кожному етапі розвитку технічних конопель спостерігається висока чутливість даної культури до ступеню вологозабезпечення ґрунту. За умов проростання волога визначає рівномірність і повноту сходів, у фазі інтенсивного росту – впливає на формування стеблової маси та морфологічних показників рослини, а на етапі дозрівання – безпосередньо зумовлює перебіг процесу вилежування та якість отриманої трести. На основі проведених досліджень сортів Глухівські 46 та ЮСО-31 можна дійти висновку, що оптимальний рівень зволоження ґрунту (70-80 %) є критичною передумовою для формування високоякісного луб'яного волокна, тоді як відхилення від цього діапазону істотно знижує його властивості для подальшого використання у виробничому процесі в текстильній, целюлозно-паперовій та інших галузях. У зв'язку з вищезазначеним доцільним є детальніший розгляд впливу недостатнього та надмірного рівня вологи ґрунту на якість трести та вихід волокна.

Недостатній рівень вологи ґрунту є одним із провідних факторів, що обмежують якість технічних конопель. Вплив дефіциту вологи проявляється на всіх етапах онтогенезу рослини, зумовлюючи як морфологічні зміни, так і погіршення якісних характеристик волокна.

У фазі проростання та формування сходів дефіцит вологи знижує інтенсивність проростання та польову схожість насіння. Це призводить до нерівномірності сходів і зменшення густоти стеблостою, що, у свою чергу, негативно позначається на рівномірності формування посівів та врожайності. При дефіциті коренева система розвивається повільніше, а надземна маса характеризується зниженим потенціалом росту.

На етапі інтенсивного росту нестача вологи обумовлює морфологічні деформації стебел конопель. Характерні зміни проявляються у надмірному витягуванні в довжину стебла при зменшенні його діаметра. До прикладу, сорт Глухівські 46 у посушливих умовах може сягати 200,4 см, тоді як діаметр зменшується до 5,8 мм порівняно з 7,2 мм за оптимальних умов вологи ґрунту. Така диспропорція негативно впливає на

співвідношення луб'яної та деревинної частини стебла, що зумовлює зниження виходу довгого волокна.

Дефіцит вологи значно знижує інтенсивність фотосинтезу та переміщення поживних речовин у стебла. У результаті в рослин формується менша кількість луб'яних волокон, і вихід довгого волокна скорочується приблизно на 20-30%. Крім кількісних втрат, погіршується і якість – волокно стає грубішим, крихким, із підвищеним вмістом костриці. Це ускладнює його подальше використання. У зв'язку з чим процес вилежування затягується з 14 до 18-20 діб, що призводить до нерівномірності мікробіологічного розкладу та погіршення технологічних властивостей трести.

Надмірний вміст вологи є не менш шкідливим фактором для технічних конопель, ніж посуха. Надлишок вологи призводить до уповільнення процесу росту стебел та сприяє підвищенню ризику розвитку патогенного середовища. Також, надмірний вміст вологи впливає на погіршення умов формування трести та зниження якісних показників волокна. У таких умовах активізується діяльність мікроорганізмів, що призводить до надмірного та нерівномірного розкладу пектинових речовин, які з'єднують луб'яні волокна з деревинною частиною стебла. Внаслідок цього процес вилежування втрачає рівномірність, адже частина стебел зазнає надмірного розкладу. Через це волокно стає крихким і втрачає міцність, тоді як інші стебла залишаються непорозкладеними, з міцно з'єднаними волокнами та кострицею.

Вище описане явище зумовлює неоднорідність трести та значно погіршує її технологічні властивості. Волокно формується менш міцним, менш еластичним, може темнішати через розвиток небажаної мікрофлори, втрачає блиск і прядильні властивості. Крім того, надмірна кількість опадів уповільнює тривалість вилежування. За умов оптимальної кількості вологи у ґрунті, вилежування триває від 12 до 14 діб, то в сезон дощів цей період продовжується від 20 до 25 діб. Це не лише погіршує якість трести, але й збільшує виробничі витрати на переробку.

На прикладі сорту Глухівські-46 встановлено (табл. 2.), що за умов оптимального зволоження вихід довгого волокна становив 31%, тоді як у посівах із надмірним вмістом вологи, вихід довгого волокна знижувався до 27%, а середня довжина стебел скорочувалася з 169,9 до 158,4 см.

Вплив надмірної вологи ґрунту на якість трести та волокна

Показник	Оптимальний рівень вологи ґрунту (70-80 % НВ)	Надмірна вологість (>120 % НВ)
Тривалість вилежування, діб	12-14	20-25
Однорідність трести	Висока	Низька (частина перерозкладена, частина недорозкладена)
Міцність та еластичність волокна	Високі	Знижені, волокна ламке
Колір та блиск	Світле, блискуче	Темніше, втрата блиску
Вихід довгого волокна, %	29-31	25-27

У сорті ЮСО-31 аналогічно відзначалося зменшення довжини стебел з 210,5 см до 190,7 см і зниження виходу волокна з 29% до 25%. В обох випадках отримання трести продовжувалося на 6-10 діб, що негативно позначалося на рівномірності мікробіологічних процесів і якісних показниках трести.

Як висновок, надмірний вміст вологи зумовлює нерівномірність формування трести, знижує вихід довгого волокна на 10-15%, погіршує його фізико-механічні властивості та продовжує тривалість вилежування. Це суттєво зменшує технологічну придатність сировини для текстильної та інших напрямів промисловості.

Варто додати, що при надлишку вологи ґрунту зменшується доступ до кисню до кореневої системи, що призводить до затримки обміну речовин і зниження фотосинтетичної активності рослини. У результаті відзначається зменшення довжини та діаметра стебел, а також відбувається «затягування» вегетаційного періоду.

Кількість і режим опадів упродовж вегетації технічних конопель визначають тривалість розвитку рослини, строки досягання та час, необхідний для формування якісної трести. Відхилення від оптимальних значень у бік дефіциту або надлишку призводить до зміщення циклів онтогенезу, затримки або передчасного дозрівання, що негативно впливає як на врожайність, так і на технологічні характеристики сировини.

При рівномірному розподілу вологи, коли кількість опадів тримається на рівні від 250 до 300 мм у період вегетації у червні та липні, коноплі проходять фази розвитку в оптимальні строки. Тривалість вегетації від сходів до збирання становить у середньому від 110 до 120 діб.

За умов недостатньої кількості опадів (менше 180 до 200 мм за вегетаційний період, особливо у фазі інтенсивного росту) технічні коноплі прискорюють перехід до наступних етапів розвитку. Це проявляється у скороченні періоду досягання на 5-7 діб. Водночас рослини не встигають сформувати достатню біомасу, що безпосередньо відображається на зменшенні врожайності та зниженні виходу волокна.

Навпаки, надмірна кількість опадів (понад 350 мм за вегетацію) призводить до уповільнення фізіологічних процесів у рослині через

перезволоження ґрунту та зниження доступу до кисню до кореневої системи. У результаті перехід до фази досягання затримується на 7-12 діб, що продовжує загальну тривалість вегетації та зумовлює погіршення умов формування якісної трести.

Надлишкова кількість опадів о другій половині літа та на початку осені ускладнює проведення збиральних робіт. Підвищена вологість ґрунту та стебел унеможлиблює своєчасний вихід техніки в поле. Внаслідок цього строки збирання можуть зміщуватися на 1-2 тижні, що спричиняє:

1. деформацію стебел і погіршення їх морфологічних показників;
2. збільшення втрат при вилежуванні;
3. підвищення ризику ураження грибними хворобами.

Рівномірний розподіл опадів упродовж вегетаційного періоду є одним із визначальних чинників, що забезпечують якісне формування трести технічних конопель. За оптимального рівня вологи (70-80% від найменшої вологоємності ґрунту) створюються сприятливі умови для контрольованої діяльності мікроорганізмів, які поступово руйнують пектинові речовини, що з'єднують луб'яне волокно з кострицею. У результаті треста формується впродовж 12-14 діб та характеризується високою однорідністю та забезпечує вихід довгого волокна на рівні 28-31 %.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Висока чутливість технічних конопель до умов зволоження вимагає застосування комплексу агротехнічних заходів, спрямованих на мінімізацію впливу як дефіциту, так і надлишку вологи. Забезпечення оптимального водного режиму (70–80 % НВ) є передумовою формування якісної трести та отримання волокна високої технологічної придатності.

У посушливі роки доцільним є використання мінімального або нульового обробітку ґрунту, що зменшує втрати води через випаровування, а також мульчування післязливними рештками чи проміжними культурами. Оптимізація строків сівби дозволяє узгодити критичні фази росту (проростання, формування стебла) з періодами достатнього зволоження. Використання органічних добрив та сидератів підвищує вологоємність ґрунту й сприяє підтриманню його структури.

На важких за механічним складом ґрунтах ефективним є застосування дренажних систем, що забезпечують відведення надлишкової вологи. Значну роль відіграють сівозміни з культурами, які поліпшують структуру ґрунту (зернові, бобові), та уникнення повторних посівів конопель на одному полі, що знижує ризик розвитку грибних хвороб у вологих умовах.

Сорт Глухівські 46 виявляє відносну стійкість до посушливих умов і рекомендований для вирощування в зоні Лісостепу. Сорт ЮСО-31, навпаки, краще адаптований до умов достатнього та підвищеного зволоження і показує високу продуктивність у Поліссі. Таким чином, адаптивність сортів до певних кліматичних зон є одним із найважливіших факторів стабілізації врожайності та якості волокна.

У дощові роки доцільним є застосування комбінованих методів виляжування стебел, що поєднують польовий та водний ретинг, аби уникнути перетримування рослинної маси. Контроль рівномірності процесу розкладу пектинових речовин здійснюється шляхом вибіркового визначення якості трести під час ретингу. Це дає можливість своєчасно завершити процес і запобігти надмірному руйнуванню волокна.

Враховуючи вищенаведене, застосування комплексу агротехнічних заходів у поєднанні з правильним добром сортів дозволяє мінімізувати негативний вплив екстремальних умов зволоження на формування трести. Це забезпечує стабільність процесів ретингу, підвищує однорідність та якість волокна й підвищує ефективність виробництва технічних конопель у різних ґрунтово-кліматичних зонах України.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Бойко Г. Донцова В. Формування властивостей волокон технічних конопель. *Міжнар. наук.-практ. конф. Технічні культури для цілей сталого розвитку: пріоритетні напрями наукових досліджень в умовах сучасних викликів і загроз*. Глухів: ІЛК НААН. С.67-69
2. Amaducci, S., Scordia, D., Liu, F., Zhang, Q., Guo, H., Testa, G., Cosentino, S. Key cultivation techniques for hemp in Europe and China. *Industrial Crops and Products*, 2015, № 68, p. 2–16. DOI: 10.1016/j.indcrop.2014.06.041
3. Lisson, S. N., Mendham, N. J., Carberry, P. S. Development of a hemp (*Cannabis sativa* L.) simulation model: 1. General introduction and model description. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 2000, Vol. 40, No. 3, p. 405–417. DOI: 10.1071/EA99124
4. Cosentino, S. L., Testa, G., Scordia, D., Copani, V. Sowing time and prediction of flowering of different hemp (*Cannabis sativa* L.) genotypes in southern Europe. *Industrial Crops and Products*, 2012, № 37, p. 20–33. DOI: 10.1016/j.indcrop.2011.11.017
5. Struik, P. C., Amaducci, S., Bullard, M. J., Stutterheim, N. C., Venturi, G., Cromack, H. T. H.

Agronomy of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.) in Europe. *Industrial Crops and Products*, 2000, № 11, p. 107–118. DOI: 10.1016/S0926-6690(99)00048-5

6. Петренко В. П., Білоус О. М. Вплив водного режиму ґрунту на продуктивність технічних конопель у Лісостепу України. *Вісник аграрної науки*, 2019, № 6, с. 42–48.

7. Кузнецов М. В. Формування якості луб'яного волокна конопель залежно від умов зволоження. *Наукові праці Інституту луб'яних культур НААН*, 2022, Вип. 18, с. 65–74.

8. Li, Y., Wang, J., Zhang, H. Effects of soil moisture on retting process and fiber quality of industrial hemp. *Textile Research Journal*, 2023, Vol. 93, No. 5–6, p. 721–734. DOI: 10.1177/00405175221124567

REFERENCES:

1. Boiko H. Dontsova V. Formuvannia vlastyvostei volokon tekhnichnykh konopel. Mizhnar. nauk.-prakt. konf. Tekhnichni kultury dlia tsilei staloho rozvytku: priorytetni napriamy naukovykh doslidzhen v umovakh suchasnykh vyklykiv i zahroz. Hlukhiv: ILK NAAN. S.67-69

2. Amaducci, S., Scordia, D., Liu, F., Zhang, Q., Guo, H., Testa, G., Cosentino, S. Key cultivation techniques for hemp in Europe and China. *Industrial Crops and Products*, 2015, № 68, p. 2–16. DOI: 10.1016/j.indcrop.2014.06.041

3. Lisson, S. N., Mendham, N. J., Carberry, P. S. Development of a hemp (*Cannabis sativa* L.) simulation model: 1. General introduction and model description. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 2000, Vol. 40, No. 3, p. 405–417. DOI: 10.1071/EA99124

4. Cosentino, S. L., Testa, G., Scordia, D., Copani, V. Sowing time and prediction of flowering of different hemp (*Cannabis sativa* L.) genotypes in southern Europe. *Industrial Crops and Products*, 2012, № 37, p. 20–33. DOI: 10.1016/j.indcrop.2011.11.017

5. Struik, P. C., Amaducci, S., Bullard, M. J., Stutterheim, N. C., Venturi, G., Cromack, H. T. H. Agronomy of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.) in Europe. *Industrial Crops and Products*, 2000, № 11, p. 107–118. DOI: 10.1016/S0926-6690(99)00048-5

6. Petrenko V. P., Bilous O. M. Vplyv vodnoho rezhymu ґruntu na produktyvnist tekhnichnykh konopel u Lisostepu Ukrainy. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 2019, № 6, s. 42–48.

7. Kuznetsov M. V. Formuvannia yakosti lubianooho volokna konopel zalezno vid umov zvolozhennia. *Naukovi pratsi Instytutu lubianykh kultur NAAN*, 2022, Vyp. 18, s. 65–74.

8. Li, Y., Wang, J., Zhang, H. Effects of soil moisture on retting process and fiber quality of industrial hemp. *Textile Research Journal*, 2023, Vol. 93, No. 5–6, p. 721–734. DOI: 10.1177/00405175221124567

Дата першого надходження статті до видання: 19.11.2025

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 11.12.2025

Дата публікації (оприлюднення) статті: 31.12.2025

УДК 677.11.021

Головенко Т. М.,

tanyushkagolovenko@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1792-9364>

Researcher ID: <https://www.researchgate.net/profile/Tetiana-Holovenko>

д.т.н., доцент кафедри технологій легкої промисловості,

Луцький національний технічний університет, м. Луцьк

Бойко Г. А.,

galina_boyko_86@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8773-5525>,

Researcher ID: ABA-6427-2020

к.т.н., доцент кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації,

Херсонський національний технічний університет, м. Хмельницький

Гулай О. І.,

o.hulai@lntu.edu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1120-6165>

Researcher ID: <https://www.researchgate.net/profile/Olha-Hulai>

д.пед.н., професор, професор кафедри цифрових освітніх технологій,

Луцький національний технічний університет, м. Луцьк

Павленко В. В.,

pavlenko_12972238@lutsk-ntu.com.ua, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4231-1973>

Researcher ID: <https://www.researchgate.net/profile/Vitalii-Pavlenko>

аспірант, Луцький національний технічний університет, м. Луцьк

ВПЛИВ РІЗНИХ СТУПЕНІВ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОБРОБКИ НА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ТЕХНІЧНИХ КОНОПЕЛЬ

Анотація. У даній роботі проведено комплексне дослідження фізико-механічних, хімічних та морфологічних характеристик тіпаного волокна технічних конопель сорту Софія за різними ступенями технологічної обробки, включаючи грубе та тонке чесання. Основною метою дослідження було визначити вплив технологічної обробки на властивості волокон, оцінити їх придатність для текстильного та технічного використання та встановити оптимальні умови переробки для отримання пряжі високої якості.

Результати показали, що волокно, отримане після грубого чесання, характеризується високою міцністю (середнє розривне навантаження 27,28 даН), лінійною щільністю 34,09 текс та високим вмістом целюлози (73,95 %). Такі показники свідчать про можливість використання волокон у текстильному виробництві за умови подальшої інтенсивної вторинної обробки та підкреслюються результатами світлової мікроскопії, що підтверджують цілісність і однорідність пучків волокон. Одночасно високий вміст целюлози робить сорт Софія перспективним для виробництва целюлозних виробів. При менш агресивній механічній обробці волокно може використовуватися в технічному напрямку, що економічно ефективно, хоча органолептичний огляд вказує на нерівномірність кольору та місць мацерації, що може призвести до втрат волокнистої маси.

Волокно після додаткового тонкого чесання демонструє середнє розривне навантаження 23,25 даН, низьку лінійну щільність 9,65 текс і вміст целюлози 71,8 %. Мікроскопічний аналіз показав високу здатність до розщеплення та однорідність елементарних волокон, що нагадує структуру бавовняних волокон і забезпечує високі показники гігроскопічності. Таке волокно придатне для виготовлення тонкої пряжі (№ 40 і вище), що використовується для преміальних текстильних виробів.

Отримані результати підтверджують, що ступінь технологічної обробки безпосередньо впливає на фізико-механічні, хімічні та морфологічні показники волокон. Використання сучасних технологій обробки волокон, таких як котонізація або мокре прядіння, дозволяє забезпечити необхідну м'якість, однорідність та високу текстильну цінність продукції. Результати роботи можуть бути використані для оптимізації технологічних процесів переробки конопель, підвищення якості пряжі та текстильних виробів, а також для розвитку економічно ефективного виробництва високоякісної продукції з технічних конопель.

Ключові слова: технічні коноплі, сорт Софія, волокно, фізико-механічні показники, лінійна щільність, целюлоза, морфологія, світлова мікроскопія, технологічна обробка, текстильна пряжа, преміальні тканини.

Golovenko T. M.,

tanyushkagolovenko@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1792-9364>

Researcher ID: <https://www.researchgate.net/profile/Tetiana-Holovenko>

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Light Industry Technologies, Lutsk National Technical University, Lutsk

Boiko G. A.,

galina_boyko_86@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8773-5525>,

Researcher ID: ABA-6427-2020

PhD, Associate Professor, Department of Commodity Science, Standardization and Certification, Kherson National Technical University, Khmelnytskyi

Hulai O. I.,

o.hulai@lntu.edu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1120-6165>

Researcher ID: <https://www.researchgate.net/profile/Olha-Hulai>

Doctor of Pedagogical Sciences, Professor,

Professor of the Department of Digital Educational Technologies,

Lutsk National Technical University, Lutsk

Pavlenko V. V.,

pavlenko_12972238@lutsk-ntu.com.ua, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4231-1973>

Researcher ID: <https://www.researchgate.net/profile/Vitalii-Pavlenko>

postgraduate student, Lutsk National Technical University, Lutsk

INFLUENCE OF DIFFERENT DEGREES OF TECHNOLOGICAL PROCESSING ON THE QUALITY INDICATORS OF TECHNICAL HEMP

Abstract. *This study presents a comprehensive investigation of the physico-mechanical, chemical, and morphological characteristics of scutched fibers from industrial hemp of the Sofiya variety at different levels of technological processing, including coarse and fine combing. The main aim of the research was to determine the influence of technological processing on fiber properties, evaluate their suitability for textile and technical applications, and establish optimal processing conditions for producing high-quality yarn.*

The results showed that fibers obtained after coarse combing exhibited high strength (average breaking load 27.28 daN), a linear density of 34.09 tex, and a high cellulose content (73.95 %). These indicators suggest the potential for textile applications, provided further intensive secondary processing, and are supported by light microscopy results confirming the integrity and uniformity of fiber bundles. Simultaneously, the high cellulose content indicates the economic feasibility of using the Sofiya variety for cellulose-based products. With less aggressive mechanical treatment, the fiber can also be applied in technical fields; however, organoleptic analysis revealed color heterogeneity and local variations in retting, which may lead to losses of fibrous mass.

Fibers obtained after additional fine combing demonstrated an average breaking load of 23.25 daN, a low linear density of 9.65 tex, and a cellulose content of 71.8 %. Microscopic analysis showed a high tendency for fiber splitting and uniformity of elementary fibers, resembling cotton fiber structure and providing high hygroscopicity. Such fibers are suitable for the production of fine yarn (No. 40 and above) used in premium textile products.

The results confirm that the degree of technological processing directly affects the physico-mechanical, chemical, and morphological properties of the fibers. The application of modern fiber processing technologies, such as cottonization or wet spinning, ensures the required softness, uniformity, and high textile value of the product. These findings can be used to optimize industrial hemp processing, improve yarn and textile quality, and promote economically efficient production of high-quality industrial hemp products.

Key words: industrial hemp, Sofiya variety, fiber, physico-mechanical properties, linear density, cellulose, morphology, light microscopy, technological processing, textile yarn, premium fabrics.

JEL Classification: L70

DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2025-44-03>

Постановка проблеми. Технічні коноплі є важливою сировинною базою для текстильної та промислової галузей завдяки їх високоякісному волокну, багатому на целюлозу. Якість отриманого волокна значною мірою залежить не лише від генетичних особливостей сорту, а й від ступеня та якості технологічної обробки сировини, включаючи отримання трести, тіпання, чесання та інші етапи механічної і біохімічної переробки [1–4].

Незважаючи на наявність нормативів і рекомендацій щодо обробки конопель, досі залишається недостатньо систематизованих даних щодо того, як різні ступені технологічної обробки впливають на фізико-механічні, морфологічні та хімічні показники волокна. Відомо, що неповне або надмірне оброблення може призводити до зниження міцності, лінійної щільності та вмісту целюлози, що обмежує придатність волокна для прядіння та виробництва текстильних матеріалів.

У зв'язку з цим виникає необхідність проведення комплексного дослідження, спрямованого на визначення впливу різних ступенів технологічної обробки на якість волокон технічних конопель, а також на виявлення оптимальних умов переробки для отримання волокна високої технологічної та комерційної цінності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В останні роки науковці активно вивчають, як різні способи обробки впливають на якість волокон технічних конопель. Наприклад, в зарубіжних дослідженнях показано, що вибір методу отримання волокна істотно змінює як кількісні, так і якісні показники: чистота, міцність, однорідність волокон [5]. У роботі [6] проаналізовано, як “польове” вилежування впливає на морфологію, хімічний склад та мікробіологічні фактори: мочіння сприяло деградації пектинових і геміцелюлозних сполук, що призводило до розшарування пучків волокон і підвищення частки целюлози, тобто до покращення волоконної структури.

Однак важливим є і вибір, суха чи волога обробка стебел перед декортікацією: результати роботи [7] показали, що суха обробка дає більш однорідні і міцні пучки волокон; натомість при вологій обробці – структури пучків руйнуються, залишаються тріщини, зростає вміст небажаних компонентів (лігнін, пектин), що погіршує механічні властивості волокон.

Отже, сучасні дослідження підкреслюють, що не можна говорити про “універсальний” метод обробки, адже оптимальний режим залежить від сорту конопель, стану сировини (сухи

чи свіжі стебла), цільового призначення волокна (текстильна пряжа, композити, целюлоза тощо). Для отримання якісного волокна, придатного для прядіння, важливо збалансувати: очищення від небажаних компонентів (пектин, лігнін), збереження довжини і цілісності волокна, підтримання структури пучків, високу однорідність і мінімум пошкоджень.

Саме через таку потребу, у порівняльному, систематичному аналізі впливу різних етапів технологічної обробки на волокно, дане дослідження є надзвичайно актуальним. Воно може заповнити існуючу прогалину між дослідженнями, орієнтованими на волокна для композитів, целюлози або біоматеріалів, та тими, що оцінюють прядильну якість волокон з погляду текстильного виробництва.

Постановка завдання. Головним завданням даної роботи є комплексна оцінка впливу різних ступенів технологічної обробки на якісні характеристики волокон технічних конопель, включаючи їх фізико-механічні властивості, морфологію, вміст целюлози та продуктивність волокна, з метою визначення оптимальних умов обробки для отримання волокна високої технологічної та комерційної цінності, придатного для текстильного виробництва.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для досягнення мети та реалізації поставленого завдання проведено комплексні експериментальні дослідження технічних конопель різних сортів із урахуванням ступеня технологічної обробки. Дослідження включали оцінку довжини стебел трести, виходу волокна, фізико-механічних показників тіпаного волокна, вмісту целюлози та морфологічного аналізу за допомогою світлової мікроскопії.

Дослідні зразки технічних конопель було отримано на переробному виробництві Ma'Rijany Nemp Company, яке являється сучасним індустріальним парком з вирощування та переробки технічних конопель і льону. Індустріальний парк оснащений новітнім обладнанням для вирощування, переробки та контролю якості як сировини, так і готової продукції. Новітнє обладнання дає можливість орієнтувати на виробництві європейські технології збору врожаю та технологічної переробки сировини. Так, за допомогою новітніх косарок Huler, які оснащені системою GPS і камерою отримується максимально точний зріз в прикореневій частині стебел, тим самим, волокна всередині стебла, непорушуються і залишаються високої якості. Для механічної переробки сировини використовується технологічна

тіпальна лінія Wanhawert (Бельгія). В першій частині лінії одержується довге тіпане волокно, а з іншої частини лінії – коротке волокно. Волокно тонкого чесання отримане в результаті процесів очистки на Mackie&Sons (хеклінгове обладнання з 36 голоками на дюйм). Ці механічні дії досить інтенсивні, що необхідно для фінального очищення волокна.

В подальшому, волокна тонкого чесання, піддають процесам паралелізації на рівничних машинах для отримання рівниці (ровінг) – чесана стрічка паралельно розташованих волокон, які розпрямлені по всій її довжині досить рівномірно (даблінг, драфтинг).

На Європейських виробництвах здійснюють цей процес багатокроково, до 5 разів послідовних процесів паралелізації 8 риниць (сліверів). Після отримання рівниці відбувається дегамінг (уже в катушках) і відбілювання (неагресивне).

За об'єкт дослідження брали тіпане волокно технічних конопель сорту Софія різних ступенів технологічної обробки: первинна переробка стебел (тіпання), отриманих на технологічній тіпальній лінії Wanhawert (Бельгія), грубе і тонке чесання (рис. 1).

Експериментальні дослідження проводилися з метою оцінки якості тіпаного волокна техніч-

них конопель сорту Софія за різними ступенями технологічної обробки:

1. Волокно, отримане після тіпання та грубого чесання;

2. Волокно, отримане після тіпання, грубого та тонкого чесання.

Оцінка волокон здійснювалася комплексно у лабораторіях Луцького національного технічного університету:

- Лабораторія технологій легкої промисловості – визначення фізико-механічних властивостей волокон;

- Лабораторія лісового господарства – хімічний аналіз з визначенням вмісту целюлози;

- Лабораторія харчових технологій – анатомічний аналіз волокон за допомогою світлової мікроскопії поперечних зрізів.

Такий комплексний підхід дозволив оцінити взаємозв'язок між технологічною обробкою та морфологічними, фізико-механічними й хімічними характеристиками волокон, що є критично важливим для визначення їхньої придатності до текстильного виробництва.

Для оцінки технологічної придатності волокон сорту Софія проведено визначення основних фізико-механічних характеристик тіпаного волокна, зокрема: розривного навантаження,



Рис. 1. Зразки дослідної конопляної сировини

лінійної щільності та однорідності пучків. Дослідження здійснювалися відповідно до вимог нормативних документів (згідно ТУ У 01.1-3161317547-001:2025; ТУ У 01.1-3161317547-002:2025) з використанням стандартних методик випробувань на спеціалізованому обладнанні лабораторії технологій легкої промисловості Луцького національного технічного університету.

Результати вимірювань наведені у таблиці 1 дозволяють порівняти якісні показники волокон після різних ступенів технологічної обробки та оцінити їх придатність для подальшого прядіння та текстильного використання.

Аналізуючи отримані дані табл. 1, а саме узагальнене середнє значення розривного навантаження волокон технічних конопель сорту Софія отримане в результаті тіпання та грубого чесання – 27,28 даН., можна сказати про їх високу міцність та доцільність застосування технологічних процесів подальшого вторинного оброблення очищення на чесальних машинах тонкого чесання (хеклінгове очищення) з метою одержання довгого тіпаного волокна. В такому вигляді волокно може бути придатним для текстильної промисловості, а відходи процесів тіпання і хеклінгове очищення використати як сировину для виготовлення катонізованого волокна чи целюлозного напівфабрикату.

Середнє значення розривного навантаження волокон технічних конопель сорту Софія отримане в результаті тіпання, грубого та тонкого

чесання – 23,25 даН окреслює їх високу міцність. Рационально таке волокно піддати процесам подальшої вторинної обробки та отримати якісне волокно для текстильної промисловості, тобто тонкого текстилю.

Наступним етапом досліджень стало визначення лінійної щільності тіпаного волокна сорту Софія, що пройшло різні ступені технологічної обробки. Лінійна щільність є важливим показником, що характеризує однорідність волокон, їх товщину та придатність до прядіння.

Дослідження виконувалося на основі нижче запропонованої методики, що дозволяє оцінити вплив технологічної обробки грубого та тонкого чесання на структурні й фізико-механічні властивості волокон. Отримані дані забезпечують підґрунтя для подальшого порівняння волокон та визначення оптимальних умов переробки для отримання високоякісної пряжі.

Для визначення лінійної щільності волокна конопель із різних місць кіпи відбирають 30 жмень волокна масою 100-300 г кожна. Жмені не перемішують між собою. Потім із середини кожної третьої жмені, тобто всього з 10 жмень, вирізають невеличкі пасма волокон завдовжки 5 см масою від 0,7 до 0,8 г кожна. З кожного пасма вирізають пробу завдовжки 10 мм. Для цього кожне пасмо обгортають смужкою міліметрового паперу завширшки 10 мм, що використовується як мірка. Приклад шаблону для проведення випробувань наведено на рисунку 2.

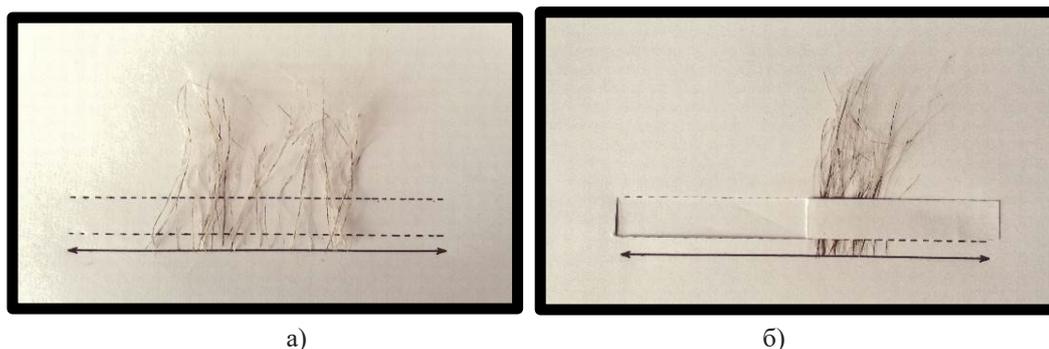


Рис. 2. Приготування штапелю з волокон льону олійного для визначення лінійної щільності: а) розкладання волокон на підготовленому шаблоні; б) вирізування штапелю волокон необхідної довжини

Таблиця 1

Розривне навантаження волокон технічних конопель сорту Софія різних ступенів технологічної обробки

№ з/п	Найменування характеристики	Значення показника									
		1. волокно технічних конопель сорту Софія отримане в результаті тіпання та грубого чесання					2. волокно технічних конопель сорту Софія отримане в результаті тіпання, грубого та тонкого чесання				
1	Розривне навантаження, даН	17,2	30,0	30,1	30,4	28,7	22,4	20,85	26,3	26,9	19,8
<i>Середнє значення</i>		27,28					23,25				

Волокно всіх трьох проб складають і змішують за допомогою пінцета, після чого відбирають наважку масою 100 мг. Зважування здійснюють на електронних вагах. Далі за допомогою пінцета підраховують кількість волокон у навазці. Під час підрахунку за одне волокно приймають нерозщеплене або розщеплене менш ніж до половини довжини волокно. Розщепленість вважають поділ волокна на два, три та більшу кількість елементів. За одне волокно приймають одиничне волокно або волокна, розщеплені менш ніж до половини довжини. Кожне відгалуження враховують як окреме волокно, якщо його довжина дорівнює половині довжини одиничного волокна або перевищує цей показник (рисунок 3).

Лінійна щільність тіпаного (первинно обробленого) волокна конопель зазвичай коливається в межах 61–79 текс.

Волокно після поглибленої обробки (котонізації) – після додаткової механічної або ензимної обробки, спрямованої на розщеплення пучків на елементарні волокна, лінійна щільність може зменшуватися до 35,9–51,7 текс.

Елементарні волокна (тонкі) – окремі елементарні волокна, придатні для змішування

з бавовною або іншими тонкими волокнами, можуть мати лінійну щільність близько 2,2–3,3 dtex (децитекс), що еквівалентно 0,22–0,33 текс.

Отримані показники досліджень наведені в таблиці 2.

Аналізуючи дані, наведені в таблиці 2, встановлено, що середнє значення лінійної щільності тіпаного волокна сорту Софія становить 34,09 текс, що свідчить про досить інтенсивні процеси механічної обробки, зокрема хеклінгове очищення (тонке чищення) до стану котонізованого волокна. У досліджуваних зразках спостерігалася значна кількість пушної частини волокон, що є характерним для волокон, придатних для подальшого прядіння тонкої пряжі.

Відповідно до текстильної класифікації, конопляне волокно з лінійною щільністю менше 10 текс вважається дуже тонким, високоякісним і придатним для виготовлення тонкої пряжі та делікатних тканин, зокрема для одягу та постільної білизни. Значення лінійної щільності 9,65 текс означає, що 1000 метрів волокна мають масу 9,65 г, що одночасно є характеристикою товщини (номера) волокна і визначає його технологічні властивості для текстильного використання.



Рис. 3. Підрахунок кількості волокон з урахуванням їх розщепленості

Таблиця 2

Показники лінійної щільності тіпаного конопляного волокна сорту Софія різних ступенів технологічної обробки

№ з/п	Показник лінійної щільності тіпаного конопляного волокна, текс	
	волокно технічних конопель сорту Софія отримане в результаті тіпання та грубого чесання	волокно технічних конопель сорту Софія отримане в результаті тіпання, грубого та тонкого чесання
1	$m = 0,0810 \text{ г} = 81,0 \text{ мг}$ $n = 239; L=10 \text{ мм} = 0,01 \text{ м}$ $T = 33,89$	$m = 0,0275 \text{ г} = 27,5 \text{ мг}$ $n = 288; L=10 \text{ мм} = 0,01 \text{ м}$ $T = 9,5$
2	$m = 0,0855 \text{ г} = 85,5 \text{ мг}$ $n = 252; L=10 \text{ мм} = 0,01 \text{ м}$ $T = 33,92$	$m = 0,0270 \text{ г} = 27,0 \text{ мг}$ $n = 269; L=10 \text{ мм} = 0,01 \text{ м}$ $T = 10,03$
3	$m = 0,0845 \text{ г} = 84,5 \text{ мг}$ $n = 243; L=10 \text{ мм} = 0,01 \text{ м}$ $T = 34,77$	$m = 0,0350 \text{ г} = 35,0 \text{ мг}$ $n = 348; L=10 \text{ мм} = 0,01 \text{ м}$ $T = 10,06$
Середнє значення		
	34,19	9,86
Номер волокон конопляного волокна за середніми значеннями, текс		
	N = 29,0	

Отримані результати також підтверджуються високим показником розривного навантаження волокон (23,25 даН), що свідчить про їх достатню міцність для виробництва пряжі тонких та середніх номерів.

Наступним етапом досліджень стало визначення вмісту целюлози у волокнах сорту Софія, оброблених різними технологічними методами. Целюлоза є основним структурним компонентом луб'яних волокон і визначає їх міцність, довговічність та придатність для прядіння і виробництва текстильних матеріалів.

Вміст целюлози визначався за методикою варіння волокон у лужному середовищі із наступним обчисленням відсоткового вмісту від маси сухого волокна. Дослідження дозволяє порівняти вплив ступеня технологічної обробки грубого та

тонкого чесання на хімічний склад волокон і оцінити їх придатність для отримання високоякісної пряжі та текстильних виробів.

Аналіз даних таблиці показує, що вміст целюлози у тіпаному волокні сорту Софія залежить від ступеня технологічної обробки. Волокно, отримане після тіпання та грубого чесання, має середнє значення вмісту целюлози 73,95 %, тоді як волокно, оброблене додатково тонким чесанням, характеризується дещо нижчим середнім показником – 71,8 %. Це зниження пояснюється більш інтенсивним механічним впливом, який призводить до видалення частини луб'яних і пектинових компонентів, а також до збільшення пухкої частини волокон.

Вміст целюлози в костриці при цьому суттєво різниться: для волокна, що пройшло тільки грубе

Таблиця 3

Визначення вмісту целюлози у волокнах з технічних конопель сорту Софія за різними технологіями

№ з/п	Показник вмісту целюлози тіпаного конопляного волокна	
	волокно технічних конопель сорту Софія отримане в результаті тіпання та грубого чесання	волокно технічних конопель сорту Софія отримане в результаті тіпання, грубого та тонкого чесання
1.	 73,0 %	 71,5
2	 74,9%	 72,1%
Ср.зн.	73,95%	71,8%
Вміст целюлози в костриці		
3	 52,0%	 83,6%

чесання, він становить 52,0 %, тоді як для волокна з додатковим тонким чесанням –83,6 %. Це свідчить про те, що тонке чесання ефективно видаляє луб і підвищує концентрацію целюлози в залишковому структурному матеріалі костриці, водночас дещо знижуючи її середній вміст у готовому волокні через інтенсивне подрібнення та розділення пучків.

Отримані результати підтверджують, що ступінь технологічної обробки безпосередньо впливає на хімічний склад волокон, і для виробництва пряжі високої якості доцільно підбирати оптимальний режим чесання, який забезпечує баланс між механічною цілісністю волокна та високим вмістом целюлози.

Подальші дослідження були спрямовані на морфологічний аналіз волокон сорту Софія за допомогою світлової мікроскопії. Цей метод дозволяє візуалізувати внутрішню будову волокон, кількість і розподіл елементарних волокон у пучках, товщину оболонки та ступінь розшарування луб'яних пучків.

Мікроскопічний аналіз проводився на поперечних зрізах тіпаного волокна після різних ступенів технологічної обробки (грубе та тонке чесання). Основна мета цих досліджень полягала у виявленні взаємозв'язку між технологічною обробкою та морфологічною структурою волокон, що є критично важливим для визначення їхньої придатності до прядіння і виробництва пряжі високої якості.

Аналіз світломікроскопії поперечних зрізів волокон сорту Софія різних ступенів технологічної обробки:

– волокно технічних конопель сорту Софія отримане в результаті тіпання та грубого чесання –

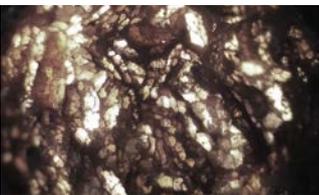
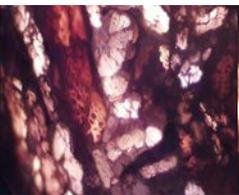
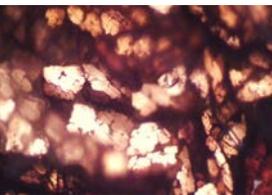
свідчить про необхідність додаткової вторинної обробки, наприклад, тонкого очищення чи процесів котонізації для максимальної ефективності використання в сумішах з іншими волокнами або для виробництва високоякісної текстильної пряжі. Необхідність подальшої їх обробки свідчать і скупчення елементарних волокон у пучках, які щільно тримаються. Проте, кількість елементарних волокон, їх достатньо відкритий повітряний канал (чим більший серцевинний канал, тим більші показники гігроскопічності) свідчить про універсальність сорту Софія, тобто його можливість використання від технічних виробів до текстильних матеріалів високої якості залежно від технологічного процесу обробки.

– волокно технічних конопель сорту Софія отримане в результаті тіпання, грубого та тонкого чесання – вказує на суттєву кількість елементарних волокон, що підтверджує інтенсивність процесу вторинної обробки та прогнозує доцільність виготовлення з них високоякісної пряжі.

На поперечному зрізі волокон сорту Софія чітко відображається наявність різної форми повітряного каналу, а елементарні волокна мають округлу або бобоподібну форму, що щільно прилягають одне до одного. Округла форма елементарних волокон з широким каналом подібна до луб'яних культур, а бобоподібна форма з вузьким довгим каналом мають елементарні волокна бавовни. Отже, мікроскопічні дослідження поперечних зрізів даних волокон, ще раз підтверджують, що сорт «Софія» – це універсальний, сучасний, технологічний луб'яний сорт технічних конопель, створений для його максимальної ефективності у легкій промисловості і орієнто-

Таблиця 4

Світлова мікроскопія сорту Софія

Показник лінійної щільності тіпаного конопляного волокна, текс		
Волокно технічних конопель сорту Софія отримане в результаті тіпання та грубого чесання		
		
Волокно технічних конопель сорту Софія отримане в результаті тіпання, грубого та тонкого чесання		
		

ваний на виробництво тонкого і міцного волокна для широкого спектра застосувань від технічних, текстильних до целюлозних виробів, залежно від якості та технологічної обробки волокна.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі.

Висновки за здійсненими дослідженнями якісних характеристик волокон технічних конопель сорту Софія:

– отримане в результаті тіпання та грубого чесання, має середні значення: розривне навантаження 27,28 даН, лінійна щільність 34,09 текс, вміст целюлози 73,95%. Такі показники високої міцності волокон свідчать про можливість використання даного волокна в текстилі – за умови подальшої інтенсивної вторинної обробки, це засвідчує і світлова мікроскопія. Високий вміст целюлози свідчить про рентабельність даного сорту для виготовлення целюлозних виробів. Застосування менш агресивної механічної обробки дозволить використати волокно в технічному напрямку дану сировину, що є економічно ефективнішим напрямком, оскільки, за органолептичним оглядом, сировина все ж має нерівномірність за кольором, місця неоднорідності мацерації. Ці чинники можуть привести до значної втрати кількості волокнистої маси під час механічної обробки;

– отримане в результаті тіпання, грубого та тонкого чесання, має середні значення: розривне навантаження 23,25 даН, лінійна щільність 9,65 текс, вміст целюлози 71,8%. Волокно досить тонке та міцне, на мікроскопічному зрізі має високу здатність до розщеплення, а елементарні волокна мають подібну форму і канал до бавовняних волокон, що прогнозує виготовлення високоякісної текстильної пряжі з високими показниками гігроскопічності. Експериментальні дослідження та органолептичний огляд сировини свідчить про текстильну цінність і раціональність виготовлення з цієї сировини, після додаткових процесів вторинної обробки, саме пряжі від № 40 і вище. Така пряжа використовується для елітних тканин преміум сегменту. Виробництво такої тонкої пряжі та подальше ткацтво вимагає використання спеціальних сортів конопель і саме сорт Софія, під час досліджень фізико-механічних характеристик, хімічного аналізу та мікроскопії вказує як на свою універсальність так і виробництво високоякісних текстильних виробів. Це можливо здійснити за умови застосування сучасних технологій обробки волокна, таких як катонізація або використання мокрого прядіння, щоб забезпечити необхідну м'якість та однорідність нитки.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Бойко Г.А. Залежність якості лубу технічних конопель від декортикації. *Міжнарод. наук.-практ. конф. для молодих учених та студентів «Якість та безпечність товарів»*. Луцьк: ЛНТУ. 2020. С. 8-10.
2. Шинкарук М.В., Шамшура М.В. Модифікація конопляного волокна. *Вісник ХНТУ*. 2018. № 4(67). С. 126-129
3. Бойко Г. Донцова В. Формування властивостей волокон технічних конопель. *Міжнар. наук.-практ. конф. Технічні культури для цілей сталого розвитку: пріоритетні напрями наукових досліджень в умовах сучасних викликів і загроз*. Глухів: ІЛК НААН. С.67-69
4. Вировець В.Г., Баранник В.Г., Гілязетдінов Р.Н. [та ін.]. Коноплі : монографія. Суми : Видавничий будинок "Еллада", 2011. 384 с.
5. Róžańska, W., Romanowska, B., & Rojewski, S. The Quantity and Quality of Flax and Hemp Fibers Obtained Using the Osmotic, Water-, and Dew-Retting Processes. *Materials*, 2024, №108, P.74-86.
6. Bou Orm, J., et al. Microbial communities and their role in enhancing hemp fiber quality through field retting. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2024, №61(5), P 258-269.
7. Jörg Müssig, Johnny Beaugrand. Decortication and separation of wet or dry hemp stems. *Industrial Crops and Products*, 2025, Vol. 223, Article 119965.

REFERENCES:

1. Boiko H.A. Zalezhnist yakosti lubu tekhnichnykh konopel vid dekortykatsii. *Mizhnarod. nauk.-prakt. konf. dla molodykh uchenykh ta studentiv «Iakist ta bezpechnist tovariv»*. Lutsk: LNTU. 2020. S. 8-10.
2. Shynkaruk M.V., Shamshura M.V. Modyfikatsiia konopliianoho volokna. *Visnyk KhNTU*. 2018. № 4(67). S. 126-129
3. Boiko H. Dontsova V. Formuvannia vlastyvostei volokon tekhnichnykh konopel. *Mizhnar. nauk.-prakt. konf. Tekhnichni kultury dla tsilei staloho rozvytku: priorytetni napriamy naukovykh doslidzhen v umovakh suchasnykh vyklykiv i zahroz*. Hlukhiv: ILK NAAN. S.67-69
4. Vyrovets V.H., Barannyk V.H., Hiliazetdinov R.N. [ta in.]. Konopli : monohrafiia. Sumy : Vydavnychiy budynok "Ellada", 2011. 384 s.
5. Róžańska, W., Romanowska, B., & Rojewski, S. The Quantity and Quality of Flax and Hemp Fibers Obtained Using the Osmotic, Water-, and Dew-Retting Processes. *Materials*, 2024, №108, P.74-86.
6. Bou Orm, J., et al. Microbial communities and their role in enhancing hemp fiber quality through field retting. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2024, №61(5), P 258-269.
7. Jörg Müssig, Johnny Beaugrand. Decortication and separation of wet or dry hemp stems. *Industrial Crops and Products*, 2025, Vol. 223, Article 119965.

Дата першого надходження статті до видання: 17.11.2025

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 10.12.2025

Дата публікації (оприлюднення) статті: 31.12.2025

УДК 675.03:678.046:685.34

Лобанова Г. Є.,

lobanovah@khtnu.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-6192-8131
к.т.н., доцент кафедри індустрії моди в легкій промисловості,
Хмельницький національний університет, м. Хмельницький

Надопта Т. А.,

nadoptate@khtnu.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-9338-7827,
к.т.н., доцент кафедри індустрії моди в легкій промисловості,
Хмельницький національний університет, м. Хмельницький

Кунцов О. Ю.,

kuntsov.oleksandr@khtnu.edu.ua, ORCID ID:0009-0007-8825-9285
асистент кафедри індустрії моди в легкій промисловості,
Хмельницький національний університет, м. Хмельницький

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ГАРЯЧОГО ФОРМУВАННЯ СЛІДУ ЗАГОТОВКИ НА ВЗУТТЄВІЙ КОЛОДЦІ

Анотація. У статті досліджено особливості сучасного взуттєвого виробництва в умовах швидкої адаптації до вимог ринку, зростання ролі новітніх матеріалів і технологій, а також необхідності проектування деталей і вузлів, що з'єднуються на об'ємних поверхнях складної геометрії. Особливе значення набуває процес гарячого формування сліду заготовки взуття на колодці, який визначає точність геометрії внутрішньої форми виробу та експлуатаційні характеристики взуття. Незважаючи на розвиток цифрового моделювання та САД-технологій, проблема локальних зазорів між слідом колодки та прес-формою залишається актуальною, що призводить до нерівномірного розподілу питомого тиску, погіршення формостійкості та зниження довговічності виробів.

У роботі запропоновано науково обґрунтований підхід до базування поздовжньо-осьових профілів колодок і прес-форм у серії суміжних розмірів, з врахуванням стабільні опірних зон (п'яткова зона, поздовжнє склепіння, область плесно-фалангового згину). Розроблено методіку формування поздовжньо-осьового профілю прес-форми з урахуванням технологічних припусків, пружно-в'язкопластичних властивостей матеріалів та термічних деформацій заготовки взуття.

У межах дослідження проведено аналіз геометричних зазорів між колодками та прес-формами у площині ХZ. Встановлено, що запропонований принцип базування за стабільними опорними зонами зменшує максимальні зазори на 20-30 % у порівнянні з традиційним лінійним масштабуванням профілів і локалізує їх у міжопірних сегментах, що забезпечує рівномірний розподіл питомого тиску під час гарячого формування. Використання САД-аналітики дозволяє прогнозувати геометричні невідповідності, оптимізувати форму прес-форми та налаштування технологічного процесу для серійного виробництва взуття.

Практична значущість роботи полягає у підвищенні стабільності процесу гарячого формування, зменшенні обсягу коригувальних операцій, скороченні браку та підвищенні повторюваності результатів у серійному виробництві взуття. Запропонований підхід сумісний із сучасними САД/САМ-системами та може бути інтегрований в автоматизовані технологічні лінії без суттєвих змін обладнання, що підтверджує його технологічну та економічну доцільність.

Ключові слова: взуттєве виробництво, колодка, прес-форма, гаряче формування, базування, уніфікація, формостійкість, САД/САМ-системи.

Lobanova H. Ye.

*lobanovah@khmnu.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-6192-8131,
Ph.D in Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Fashion Industry
in Light Manufacturing,
Khmelnyskyi National University, Khmelnyskyi*

Nadopta T. A.,

*nadoptate@khmnu.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-9338-7827,
Ph.D in Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Fashion Industry
in Light Manufacturing,
Khmelnyskyi National University, Khmelnyskyi*

Kuntsov Yu. O.,

*kuntsov.oleksandr@khmnu.edu.ua, ORCID ID: 0009-0007-8825-9285
Assistant Professor at the Department of Fashion Industry in Light Manufacturing,
Khmelnyskyi National University, Khmelnyskyi*

OPTIMIZATION OF HOT FORMING PARAMETERS FOR SHOE BLANKS ON A LAST

Abstract. *The paper investigates the features of modern footwear manufacturing under conditions of rapid adaptation to market requirements, the increasing role of advanced materials and technologies, and the necessity of designing components and assemblies joined on complex three-dimensional surfaces. Particular importance is attributed to the process of hot forming of the footwear blank bottom on the last, as it determines the geometric accuracy of the internal shape of the product and its operational performance characteristics. Despite the development of digital modeling and CAD technologies, the problem of local gaps between the last bottom surface and the press mold remains relevant, leading to an uneven distribution of specific pressure, reduced shape stability, and decreased durability of footwear products.*

The study proposes a scientifically substantiated approach to basing the longitudinal-axial profiles of lasts and press molds within a series of adjacent sizes, relying on stable support zones (heel region, longitudinal arch, and metatarsophalangeal flexion area). A methodology for forming the longitudinal-axial profile of the press mold is developed, taking into account technological allowances, viscoelastic-plastic material properties, and thermal deformations of the footwear blank.

Within the scope of the research, geometric gaps between lasts and press molds in the XZ plane were analyzed. It was established that the proposed basing principle according to stable support zones reduces maximum gaps by 20-30 % compared to traditional linear scaling of profiles and localizes them within inter-support segments, ensuring a more uniform distribution of specific pressure during the hot forming process. The use of CAD-based analysis enables the prediction of geometric mismatches, optimization of press mold geometry, and adjustment of technological process parameters for serial footwear production.

The practical significance of the study lies in improving the stability of the hot forming process, reducing the volume of corrective operations, decreasing defect rates, and increasing the repeatability of results in serial footwear manufacturing. The proposed approach is compatible with modern CAD/CAM systems and can be integrated into automated production lines without significant equipment modifications, confirming its technological and economic feasibility.

Key words: footwear manufacturing, shoe last, press mold, hot forming, basing, unification, shape stability, CAD/CAM systems.

JEL Classification: L 69

DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2025-44-04>

Постановка проблеми. Сучасне взуттєве виробництво нині переживає активну інтенсивну трансформацію, що зумовлена одночасним впливом технологічних, економічних і споживчих чинників. Підвищення вимог до комфортності,

формостійкості та довговічності взуття відбувається паралельно зі скороченням життєвого циклу взуття і необхідністю швидкої адаптації виробництва до змін попиту. За таких умов особливого значення набувають операції формування,

зокрема гаряче формування сліду зтягнутого взуття, яке визначає точність геометрії внутрішньої форми виробу та безпосередньо впливає на його експлуатаційні властивості.

Незважаючи на наявність значної кількості наукових праць, присвячених проектуванню взуттєвих колодок, цифровому моделюванню та оптимізації окремих технологічних параметрів, проблема забезпечення високої точності та відповідності геометрії сліду взуттєвої колодки в процесі гарячого формування залишається актуальною та недостатньо вирішеною [1-2].

У промислових умовах використання уніфікованих прес-форм для серій суміжних розмірів колодок призводить до виникнення локальних зазорів між слідом колодки та формоутворювальною поверхнею прес-форми. Такі зазори зумовлюють нерівномірний розподіл питомого тиску в процесі гарячого формування, що негативно впливає на формостійкість і експлуатаційні характеристики взуття [3].

Існуючі методи керування процесом гарячого формування не забезпечують кількісної оцінки впливу геометричних невідповідностей на ефективність формоутворення та не дозволяють науково обґрунтовано коригувати температуру, тиск і час формування з урахуванням реальної геометрії контактних поверхонь [4].

У зв'язку з цим виникає наукова проблема розроблення комплексного підходу до оптимізації параметрів гарячого формування сліду зтягнутого взуття, який базується на аналізі геометричного контакту «колодка – зтягнута заготовка верху – прес-форма» та дозволяє підвищити точність геометрії сліду й експлуатаційні характеристики взуття в умовах уніфікованого технологічного оснащення.

Аналіз сучасних досліджень і публікацій. Формування сліду взуття здійснюється шляхом термомеханічного впливу на матеріали заготовки в жорстких прес-формах. Недостатня точність цього процесу призводить до локальних перевантажень, прискореного зносу матеріалів та зниження комфортності взуття [5-9]. Ефективність формування сліду взуття визначається узгодженістю температурних, силових і часових параметрів формування, а також геометричною відповідністю контактних поверхонь колодки та прес-форми [4, 10]. Відсутність науково обґрунтованої оптимізації цих параметрів зумовлює нестабільність геометрії сліду та коливання експлуатаційних властивостей готового взуття.

Особливої актуальності проблема оптимізації параметрів гарячого формування набуває в умо-

вах уніфікації колодок і прес-форм для серій суміжних розмірів. Дослідження у сфері цифрового проектування взуття показують, що навіть незначні геометричні невідповідності між слідом колодки та прес-формою призводять до нерівномірного розподілу питомого тиску в процесі формування та погіршення якості взуття [4, 10-11].

У наукових працях як українських, так і зарубіжних авторів значну увагу приділено питанням проектування взуттєвих колодок та внутрішньої форми взуття. Класичні підходи ґрунтуються на використанні антропометричних параметрів стопи та принципів ергономіки, що дозволяє забезпечити базовий рівень комфортності [1, 5]. Водночас у більшості таких досліджень процес гарячого формування розглядається переважно узагальнено, без детального аналізу впливу технологічних параметрів на геометрію сліду взуття.

Сучасні закордонні роботи акцентують увагу на впровадженні цифрових технологій у проектуванні взуття, зокрема методів 3D-сканування стопи, САD-моделювання колодок і чисельного аналізу контактної взаємодії [9, 12-13]. Такі підходи створюють передумови для підвищення точності геометричних характеристик, проте здебільшого не враховують реальні умови гарячого формування у жорстких прес-формах, що обмежує їх практичне застосування.

Окремий напрям досліджень присвячено вивченню впливу температурних та силових режимів на поведінку матеріалів у процесі термоформування. Зокрема встановлено, що температура формування істотно впливає на в'язкопружні властивості полімерних матеріалів і здатність матеріалу фіксувати задану форму [14-15]. Водночас перевищення оптимального температурного діапазону може спричинити руйнування структури матеріалів і зниження формостійкості готового взуття.

Вітчизняні дослідження у сфері взуттєвого виробництва здебільшого акцентують на вдосконаленні внутрішньої форми взуття, застосуванні САD-систем і підвищенні комфортності взуття масового виробництва [1, 5]. Проте питання точного геометричного розташування колодок у прес-формах та кількісної оцінки зазорів між їхніми поздовжньо-осьовими профілями, що призводить до локальних зон не прилягання, зменшення питомого тиску та появи дефектів формування, залишаються недостатньо дослідженими.

Наукові праці, присвячені уніфікації технологічного оснащення, здебільшого акцентують увагу на економічних та організаційних аспектах.

У зарубіжних публікаціях уніфікація пов'язується з концепцією масової кастомізації взуття та впровадженні гнучких виробничих систем [2, 8]. Водночас питання впливу геометричних невідповідностей між колодкою та прес-формою на процес гарячого формування сліду висвітлюється фрагментарно.

Таким чином, аналіз сучасних досліджень свідчить про відсутність цілісного підходу до оптимізації параметрів гарячого формування сліду з урахуванням специфіки геометричної взаємодії контакту «колодка – затягнута заготовка верху – прес-форма». Тому, актуальним є дослідження величин можливих зазорів та розробка методів їх мінімізації на етапі гарячого формування сліду затягнутого взуття.

Постановка завдання. Метою дослідження є підвищення ефективності процесу гарячого формування сліду заготовки шляхом науково обгрунтованого базування поздовжньо-осьових профілів колодок і прес-форм у серії суміжних розмірів.

Для досягнення поставленої мети визначено такі завдання:

- проаналізувати геометричну відповідність профілів сліду колодок розмірного ряду;
- обгрунтувати вибір базового профілю прес-форми;
- дослідити схему базування колодок у площині XZ;
- визначити характер і величини можливих зазорів між профілями;
- оцінити практичну доцільність запропонованого підходу для взуттєвого виробництва.

Виклад основного матеріалу дослідження. У взуттєвій промисловості, зокрема на етапі гарячого формування сліду заготовки, контроль стану та якість випуску готової продукції переважно здійснюються методами, що є малоефективними та недостатньо адаптованими до умов автоматизованого контролю технологічних операцій. Способи контролю, котрі використовуються, як правило, не забезпечують безперервного моніторингу параметрів формування та не дозволяють оперативно коригувати відхилення, що виникають у процесі термомеханічного впливу на матеріал верху та низу взуття.

Процес гарячого формування сліду заготовки, затягнутої на колодку, є складною термомеханічною взаємодією між матеріалами деталей верху, проміжними деталями та деталями низу взуття, у якій вирішальну роль відіграють температурні, силові та часові параметри. Їх узгодженість

визначає точність відтворення геометрії колодки, стабільність форми сліду та експлуатаційні характеристики готового виробу. Температурний режим формування забезпечує перехід матеріалів у високоеластичний або в'язкопластичний стан, необхідний для фіксації просторової форми сліду. Підвищення температури активізує молекулярну рухливість полімерних компонентів, знижує модуль пружності та сприяє релаксації внутрішніх напружень, тоді як перевищення оптимального температурного діапазону призводить до порушення структури матеріалів, деградації адгезійних зв'язків та зниження формостійкості виробів.

Тиск у зоні контакту сліду затягнутого взуття з колодкою є визначальним чинником рівномірності формування та щільності прилягання матеріалів до її поверхні. Силовий вплив забезпечує перерозподіл матеріалу, усунення та ущільнення складок і фіксацію геометричних параметрів сліду, однак недостатній тиск зумовлює нестабільність форми, тоді як надмірний – призводить до надмірного ущільнення матеріалів, появи залишкових деформацій і зниження комфортності та довговічності взуття. Час дії температури та тиску визначає ступінь завершеності процесів термопластичної деформації та стабілізації форми сліду затягнутої на колодці заготовки взуття: недостатня тривалість не забезпечує повної релаксації внутрішніх напружень, а надмірна – сприяє термічному пошкодженню матеріалів і зниженню продуктивності виробництва.

Авторами запропоновано послідовність базування поздовжньо-осьових профілів колодок і прес-форм у серії суміжних розмірів, що ґрунтується на фіксації стабільних опорних зон (п'яткова зона, зона поздовжнього склепіння та область плесне-фалангового згину) у єдиній координатній системі (рис.1). Зміна розміру реалізується шляхом керованої трансформації міжопорних сегментів поздовжнього профілю без зміщення базових зон, що забезпечує геометричну відповідність профілів і узгодженість формоутворення. На основі профілів колодок формуються відповідні профілі прес-форм з урахуванням технологічних припусків і деформацій матеріалів, після чого виконується аналіз контактних умов у системі «колодка – заготовка – прес-форма» з можливістю корекції параметрів міжопорних сегментів для досягнення стабільності процесу гарячого формування сліду заготовки.

На початковому етапі формується єдина координатна система поздовжньо-осьового про-

філю колодки, у якій вісь X орієнтована вздовж осі стопи, а вісь Y відповідає висотним параметрам профілю. Початок координат фіксується в п'ятковій опорній зоні як найбільш стабільній у функціональному та геометричному відношенні.

На наступному етапі здійснюється ідентифікація стабільних опорних зон стопи, до яких відносяться п'яткова ділянка, зона поздовжнього склепіння та область плесне-фалангового згину. Для кожної з указаних зон визначаються характерні точки поздовжньо-осьового профілю, координати яких приймаються базовими та залишаються незмінними при переході між суміжними розмірами. Такий підхід дозволяє забезпечити інваріантність базування та усунути похибки, властиві традиційному лінійному масштабуванню.



Рис. 1. Послідовність базування поздовжньо-осьових профілів колодок і прес-форм

Далі поздовжньо-осьовий профіль колодки підлягає декомпозиції на функціональні сегменти, які поділяються на опорні та міжопорні. Опорні сегменти відповідають стабільним зонам та зберігають свої геометричні параметри, тоді як міжопорні сегменти підлягають керованій параметричній трансформації. Зміна розміру колодки в серії суміжних розмірів реалізується шляхом деформації саме міжопорних сегментів з урахуванням закономірностей подовження стопи та перерозподілу деформаційних навантажень, без зміщення базових опорних зон.

Після формування профілів суміжних розмірів виконується їх геометричне узгодження в межах єдиної координатної системи. На цьому етапі здійснюється перевірка безперервності контурів, відсутності локальних зламів і мінімізації геометричних зазорів між профілями, що забезпечує спадковість форми у всьому розмірному ряді. На основі базових профілів колодок формується поздовжньо-осьовий профіль прес-форми з урахуванням технологічних припусків, термічних деформацій та пружно-в'язкопластичних властивостей матеріалів заготовки.

Завершальним етапом алгоритму є аналіз контактних умов у системі «колодка – заготовка – прес-форма», який дозволяє оцінити рівномірність розподілу тиску та стабільність формування сліду. У разі виявлення нерівномірностей або відхилень здійснюється корекція параметрів поздовжньо-осьового профілю без зміни базування за стабільними опорними зонами. Реалізація алгоритму завершується формуванням фінальної серії узгоджених профілів колодок і прес-форм, придатних для використання в автоматизованих технологічних процесах гарячого формування сліду заготовки.

Вибір базового профілю прес-форми для процесу гарячого формування сліду заготовки зумовлюється необхідністю забезпечення геометричної відповідності між робочими поверхнями прес-форми та поздовжньо-осьовим профілем колодки, на яку зтягнута заготовка. Як базовий прийнято профіль, сформований на основі фіксованих опорних зон, що характеризуються мінімальною варіабельністю при переході між суміжними розмірами. Такий підхід дозволяє зберегти просторове положення ключових контактних ділянок і забезпечити стабільність умов термо-механічного впливу на матеріали верху та низу взуття. Базовий профіль прес-форми формується як похідна від профілю колодки з урахуванням технологічних припусків, пружно-

в'язкопластичних властивостей матеріалів та очікуваних деформацій у процесі гарячого формування.

Дослідження схеми базування колодок у площині XZ. Схема базування колодок у площині XZ розглядається як визначальний чинник забезпечення узгодженості поздовжньо-осьових профілів у вертикальному перерізі. У процесі дослідження встановлено, що фіксація колодки за п'ятковою опорною зоною та орієнтація осі X вздовж поздовжньої осі стопи забезпечують інваріантність положення базових точок у серії суміжних розмірів. При цьому координата Z відображає висотні параметри профілю, що є критичними для формування зводу та переднього відділу сліду. Запропонована схема базування дозволяє мінімізувати кутові та лінійні відхилення профілів, а також забезпечує коректне накладання контурів при їх цифровому аналізі у CAD-середовищі.

Базовий профіль прес-форми формується на основі стабільних опорних зон стопи: п'яткова зона (P), зона поздовжнього зводу (Z), плюсне-фаланговий сегмент (F).

Координати цих зон фіксуються у єдиній координатній системі (X,Z), де X - поздовжня вісь колодки і стопи, Z - висотна координата профілю. Профіль прес-форми визначається як похідний від колодки з урахуванням технологічних припусків ΔT , ΔP , що враховують пружно-в'язкопластичну деформацію матеріалів:

$$Z_{PF}(X) = Z_K(X) + \Delta_T(X) + \Delta_P(X) \quad (1)$$

де:

$Z_{PF}(X)$ – висотна координата профілю прес-форми;

$Z_K(X)$ – висотна координата колодки;

$\Delta_T(X)$ – поправка на термічне розширення/усадку;

$\Delta_P(X)$ – поправка на пружну деформацію під час формування.

Профіль прес-форми визначається як похідний від колодки з урахуванням технологічних припусків ΔT , ΔP , що враховують пружно-в'язкопластичну деформацію матеріалів.

Визначення характеру і величин можливих зазорів між профілями. У межах дослідження виконано аналіз геометричних зазорів між поздовжньо-осьовими профілями колодок і відповідних прес-форм у площині XZ. Встановлено, що при традиційному лінійному масштабуванні профілів зазори мають нерівномірний характер і досягають максимальних значень у зонах поздо-

вжнього зводу та плесне-фалангового згину. За запропонованого принципу базування за стабільними опорними зонами величини зазорів зменшуються та мають локалізований характер, що дозволяє забезпечити більш рівномірний розподіл тиску під час гарячого формування.

Зазор у будь-якій точці X опорних зон визначається як різниця між координатами профілю прес-форми та колодки:

$$\delta(X) = Z_{PF}(X) - Z_K(X) \quad (2)$$

де:

$\delta(X)$ – локальний зазор;

при $\delta(X) > 0$ зазор існує, при $\delta(X) = 0$ – ідеальний контакт.

Для серії суміжних розмірів R_i та R_{i+1} визначаються відносні зміни зазорів:

$$\Delta\delta(X) = \delta_{i+1}(X) - \delta_i(X) \quad (3)$$

Ця величина використовується для оцінки профілів та рівномірності контактного тиску.

Розрахунок $\delta(X)$ та $\Delta\delta(X)$ дозволяє:

– прогнозувати геометричні невідповідності та зазори;

– оцінювати ефективність запропонованого базування за стабільними опорними зонами;

– оптимізувати форму прес-форми та налаштування гарячого формування для серійного виробництва.

На графіку (рис. 2) видно, що зазори мінімальні у стабільних опорних зонах стопи і зростають у міжопорних сегментах, що підтверджує доцільність запропонованого базування за стабільними зонами стопи та рівномірну трансформацію міжопорних сегментів.

Застосування даного підходу дозволяє зменшити максимальні зазори на 20-30 % у порівнянні з традиційним лінійним масштабуванням профілів, що підвищує точність відтворення сліду заготовки та експлуатаційні характеристики готового взуття.

Практична доцільність запропонованого підходу до базування поздовжньо-осьових профілів колодок і прес-форм підтверджується підвищенням стабільності процесу гарячого формування сліду заготовки та зменшенням варіабельності геометричних параметрів готових виробів. Застосування базового профілю, сформованого за стабільними опорними зонами стопи, дозволяє скоротити обсяг коригувальних операцій прес-форм, знизити відсоток браку та підвищити повторюваність результатів у серійному виробництві взуття. Запропонований підхід є сумісним із сучасними CAD/CAM-системами та може бути інтегрований у автоматизовані технологічні лінії взуття-

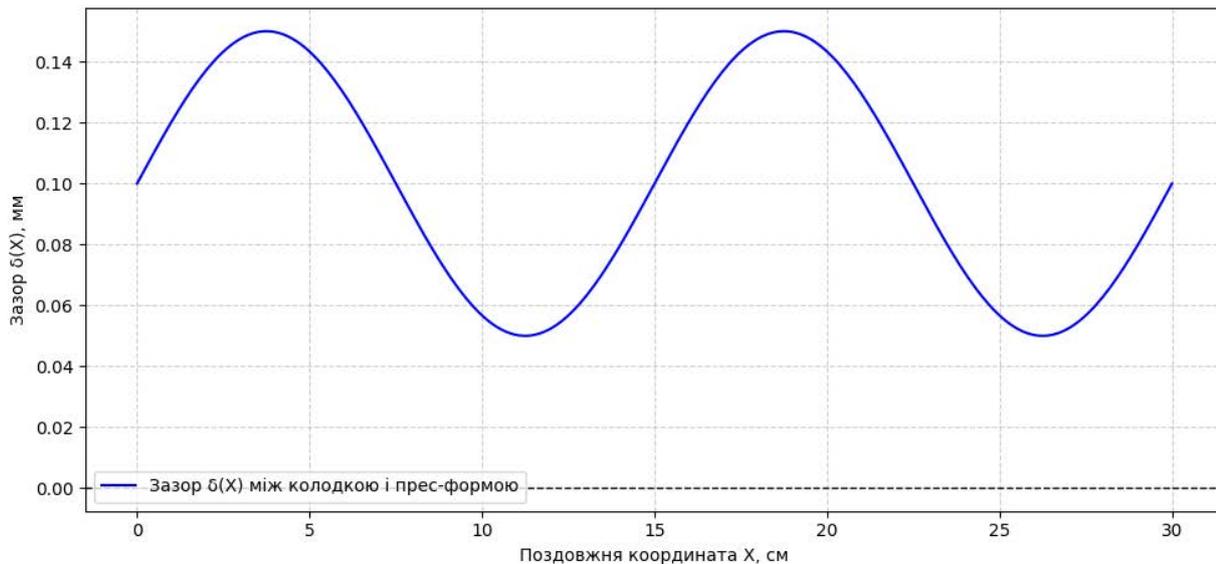


Рис. 2. Величини зазорів $\delta(X)$ між профілями колодки та прес-форми

вого виробництва без суттєвих змін існуючого обладнання, що підтверджує його технологічну та економічну доцільність.

Висновки. Проведено наукове обґрунтування базового профілю прес-форми для гарячого формування сліду заготовки, сформованого на основі стабільних опорних зон стопи (п'яткова зона, поздовжнє склепіння, плесне-фаланговий згин), що забезпечує інваріантність ключових контактних ділянок при серійному виробництві. Розроблено алгоритм базування поздовжньо-осьових профілів колодок і прес-форм у серії суміжних розмірів із керованою трансформацією міжпорних сегментів, що дозволяє забезпечити спадковість форми, зменшити локальні зазори та підвищити точність гарячого формування.

Досліджено схему базування колодок у площині XZ, яка забезпечує інваріантність координат базових точок при переході між розмірами і мінімізує кутові та лінійні відхилення профілів.

Проведено аналіз характеру та величини зазорів між профілями колодок і прес-форм; встановлено, що запропонований принцип базування зменшує максимальні зазори на 20-30 %, локалізує їх у міжпорних сегментах і забезпечує рівномірний розподіл тиску під час формування.

Практична доцільність підходу підтверджується підвищенням стабільності процесу гарячого формування, зменшенням обсягу коригувальних операцій, зменшенням браку та можливістю інтеграції у CAD/CAM-системи та автоматизовані технологічні лінії виготовлення взуття.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Чертенко Л. П., Каптюрова Д. В., Бондар О. С., Нос О. В. Вдосконалення внутрішньої форми взуття з використанням сучасних прогресивних технологій. Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. 2022. № 6(1). С. 102–110. DOI: 10.31891/2307-5732-2022-315-6-102-110.
2. Zhang Y., Luximon A., Pattanayak A. K., Zhang M. Shoe-last design exploration and customization. Journal of the Textile Institute. 2012. Vol. 103. No. 5. P. 541–548. DOI: 10.1080/00405000.2011.589576.
3. Надопта Т. А., Домбровський А. Б., Лобанова Г. Є. Принципи базування контурів сліду колодок та прес-форм. *Ресурсозберігаючі технології легкої, текстильної і харчової промисловості*: матеріали міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф. молодих вчених та студентів (Хмельницький, 24 листопада 2022 р.) Хмельницький: ХНУ, 2022. С. 45–50.
4. Присяжний Л. В., Казмірчук О. Д. Технологічні передумови проектування та виготовлення прес-форм для гарячого формування сліду взуття. Вісник КНУТД. 2010. № 4. С. 112–118.
5. Чертенко Л. П., Кернеш В. М., Смоленська Б. М., Бондар О. С. Шляхи підвищення рівня комфортності взуття масового виробництва. Fashion Industry. 2022. № 1(1). С. 20–27. DOI: 10.30857/2706-5898.2022.1.1.
6. Luximon A., Luximon Y. Shoe-last design and development. The Science of Footwear / ed. A. Luximon. Boca Raton: CRC Press, 2013. P. 193–212. DOI: 10.1201/b13021-13.
7. Luximon A., Luximon Y. Shoe-last design innovation for better shoe fitting. Computers in Industry. 2009. Vol. 60, Iss. 8. P. 621–628. DOI: 10.1016/j.compind.2009.05.015.

8. Wang Y., Zhou J., Luximon A. Mass customization of footwear based on digital last and process parameter optimization. *Journal of Manufacturing Processes*. 2023. Vol. 86. P. 230–241. DOI: 10.1016/j.jmapro.2023.01.018.

9. Li H., Zhou T., Li X., Ma Y. A feature-based shoe-last design and its automatic model construction method in CAD systems. *Computer-Aided Design and Applications*. 2025. Vol. 22, No. 4. P. 600–615.

10. Стрельчєня К. М., Чертенко Л. П., Гаркавенко С. С. Дослідження параметрів формоутворення слїду колодки. *Технологїї та дизайн*. 2016. № 2 (19). URL: <https://er.knutd.edu.ua>

11. Солтик І. Т. Дослідження деформаційних процесів у пакетах матеріалів верху взуття. *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*. 2013. № 5. С. 87–92.

12. Jiménez-Martínez M. Parametric design of shoe lasts for mass customization. *International Journal of Clothing Science and Technology*. 2020. Vol. 32, No. 4. P. 567–579.

13. Spahiu T., Almeida H., Ascenso R. M. T., Vitorino L., Marto A. Optimization of shoe sole design according to individual feet pressure maps. *Computers in Industry*. 2021. Vol. 125. Article 103375. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103375>

14. Злотенко Б. М., Волянник О. В., Рубанка М. М., Стаценко Д. О., Мельник Г. М. Використання інноваційних комп'ютерних засобів і методів наукових досліджень у взуттєвій галузі. *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*. 2025. № 3(1). С. 382–388. DOI: 10.31891/2307-5732-2025-351-46.

15. Синюк, О., Полїщук, О., Кунцов, О. Моделювання процесу заповнення в'язкою рідиною порожнини прес-форми для лиття деталей взуття. *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*. 2024. Т. 335, № 3(1). С. 472–479.

REFERENCES:

1. Chertenko, L. P., Kaptiurova, D. V., Bondar, O. S., & Nos, O. V. (2022). Improvement of the internal shape of footwear using modern advanced technologies. *Bulletin of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences*, 6(1), 102–110. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2022-315-6-102-110>.

2. Zhang, Y., Luximon, A., Pattanayak, A. K., & Zhang, M. (2012). Shoe-last design exploration and customization. *Journal of the Textile Institute*, 103(5), 541–548. <https://doi.org/10.1080/00405000.2011.589576>.

3. Nadopta, T. A., Dombrovskiy, A. B., & Lobanova, H. Ye. (2022). Principles of contour basing of shoe last footprints and press molds. *Resource-Saving Technologies of Apparel, Textile & Food Industry*, 45–50.

4. Prysazhnyi, L. V., & Kazmirchuk, O. D. (2010). Technological prerequisites for designing and manufacturing press molds for hot footwear footprint forming. *Bulletin of KNUTD*, (4), 112–118.

5. Chertenko, L. P., Kernesh, V. M., Smolenska, B. M., & Bondar, O. S. (2022). Ways to increase the comfort level of mass production footwear. *Fashion Industry*, 1(1), 20–27. <https://doi.org/10.30857/2706-5898.2022.1.1>.

6. Luximon, A., & Luximon, Y. (2013). Shoe-last design and development. In A. Luximon (Ed.), *The science of footwear* (pp. 193–212). Boca Raton, FL: CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b13021-13>

7. Luximon, A., & Luximon, Y. (2009). Shoe-last design innovation for better shoe fitting. *Computers in Industry*, 60(8), 621–628. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2009.05.015>.

8. Wang, Y., Zhou, J., & Luximon, A. (2023). Mass customization of footwear based on digital last and process parameter optimization. *Journal of Manufacturing Processes*, 86, 230–241. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2023.01.018>

9. Li, H., Zhou, T., Li, X., & Ma, Y. (2025). A feature-based shoe-last design and its automatic model construction method in CAD systems. *Computer-Aided Design and Applications*, 22(4), 600–615.

10. Strelchenia, K. M., Chertenko, L. P., & Harkavenko, S. S. (2016). *Study of shoe last footprint forming parameters*. KNUTD Electronic Archive. <https://er.knutd.edu.ua>

11. Soltyk, I. T. (2013). Investigation of deformation processes in upper footwear material packages. *Bulletin of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences*, (5), 87–92.

12. Jiménez-Martínez, M. (2020). Parametric design of shoe lasts for mass customization. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 32(4), 567–579.

13. Spahiu, T., Almeida, H., Ascenso, R. M. T., Vitorino, L., & Marto, A. (2021). Optimization of shoe sole design according to individual feet pressure maps. *Computers in Industry*, 125, 103375. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103375>

14. Zlotenko, B. M., Voliannyk, O. V., Rubanka, M. M., Statsenko, D. O., & Melnyk, H. M. (2025). Use of innovative computer tools and research methods in the footwear industry. *Bulletin of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences*, 3(1), 382–388. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-351-46>.

15. Sinyuk, O., Polishchuk, O., & Kuntsov, O. (2024). *Modeliuvannia protsesu zapovnennia viazkoї rıdyny porezhnyanyny pres-formy dlia lyttia detalei vzuttia* [Modeling the filling process with a viscous fluid in a shoe mould]. *Visnyk Khmelnytskyi National University. Technical Sciences*, 335(3(1)), 472–479. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-335-3-65>

Дата першого надходження статті до видання: 18.11.2025

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 11.12.2025

Дата публікації (оприлюднення) статті: 31.12.2025

СУЧАСНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

УДК 664.7:664.6:631.52

Івченко М. В.,

mivchenko2015@gmail.com, ORCID ID: 0009-0004-6521-6897,

*здобувачка другого (магістерського) рівня вищої освіти освітньої програми «Харчові технології»,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро*

Сова Н. А.,

sova.n.a@dsau.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-4750-2473,

Researcher ID: AAD-8848-2019,

к.т.н., доц., доцентка кафедри харчових технологій,

Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро

Кошулько В. С.,

koshulko.v.s@dsau.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-0744-6318,

Researcher ID: АНС-9336-2022,

к.т.н., доцент, завідувач кафедри харчових технологій,

Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро

Алієв Е. Б.,

aliiev.e.b@dsau.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-4006-8803,

Researcher ID: D-5266-2018,

д.т.н., ст. дослідник, професор кафедри інжинірингу технічних систем,

Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро

КЕРОВАНЕ ФРАКЦІОНУВАННЯ МАКУХИ НАСІННЯ РОЗТОРОПШІ ПЛЯМИСТОЇ ЯК ПІДХІД ДО МАЛОВІДХОДНОЇ ПЕРЕРОБКИ

Анотація. У статті представлено результати дослідження фізико-хімічних властивостей клітковини, борошна та білкового концентрату, отриманих після подрібнення та фракціонування макухи з насіння розторопші плямистої (*Silybum maritimum*). Актуальність роботи зумовлена сучасними тенденціями маловідходної переробки олійної сировини та необхідністю раціонального використання побічних продуктів олієвидобування з високою доданою вартістю.

Об'єктом дослідження була макуха, отримана після механічного пресування насіння розторопші плямистої сорту Бойківчанка. Макуху подрібнювали на лабораторному млині та фракціонували методом ситового аналізу з виділенням трьох фракцій різної дисперсності. Для вихідної сировини та кожної фракції визначали вологість, вміст олії, протеїну, клітковини, зольність, поживну й енергетичну цінність, а також кольорові характеристики в системі CIE Lab. Статистичну обробку результатів здійснювали методом дисперсійного аналізу.

Встановлено, що фракціонування макухи призводить до суттєвої диференціації її хімічного складу. Крупнодисперсна фракція характеризується високим вмістом клітковини та низькою енергетичною цінністю, що обґрунтовує її використання як джерела харчових волокон. Середня фракція має збалансований склад і може розглядатися як універсальна сировина для харчових технологій. Дрібнодисперсна фракція відзначається концентрацією протеїну, залишкової олії та мінеральних речовин, що робить її перспективною для отримання білково-ліпідних інгредієнтів та функціональних продуктів.

Отримані результати підтверджують доцільність керованого фракціонування макухи насіння розторопші плямистої як ефективного технологічного прийому, що створює передумови для її раціональної, маловідходної переробки та розширення напрямів використання при виробництві харчових продуктів та кормів.

Ключові слова: насіння розторопші плямистої, макуха, подрібнення, фракціонування, клітковина, борошно, білковий концентрат.

Ivchenko M. V.,

mivchenko2015@gmail.com, ORCID ID: 0009-0004-6521-6897

Master's degree student in the Educational Programme "Food Technologies",

Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro

Sova N. A.,

sova.n.a@dsau.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-4750-2473,

Researcher ID: AAD-8848-2019,

PhD, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Food Technologies,

Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro

Koshulko V. S.,

koshulko.v.s@dsau.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-0744-6318,

Researcher ID: AHC-9336-2022,

PhD, Associate Professor, Head of the Department of Food Technologies,

Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro

Aliiev E. B.,

aliiev.e.b@dsau.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-4006-8803, Researcher ID: D-5266-2018,

Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Professor at the Department

of Technical Systems Engineering,

Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro

CONTROLLED FRACTIONATION OF MILK THISTLE (SILYBUM MARIANUM) SEED CAKE AS AN APPROACH TO LOW-WASTE PROCESSING

Abstract. *The article presents the results of a study on the physicochemical properties of dietary fiber, flour, and protein concentrate obtained after grinding and fractionation of press cake derived from milk thistle seeds (*Silybum marianum*). The relevance of the research is determined by current trends toward low-waste processing of oilseed raw materials and the need for rational utilization of oil extraction by-products with high added value.*

The object of the study was the seed cake obtained after mechanical pressing of milk thistle seeds of the Boikivchanka variety. The cake was ground using a laboratory mill and fractionated by sieve analysis to obtain three fractions with different particle sizes. For the initial raw material and each fraction, moisture content, oil, protein, fiber and ash contents, nutritional and energy value, as well as color characteristics in the CIE Lab system were determined. Statistical analysis of the results was performed using analysis of variance (ANOVA).

It was established that fractionation of the seed cake leads to a significant differentiation of its chemical composition. The coarse fraction is characterized by a high fiber content and low energy value, which justifies its use as a source of dietary fiber. The medium fraction has a balanced composition and can be considered a versatile raw material for food technologies. The fine fraction is distinguished by a high concentration of protein, residual oil, and mineral substances, making it promising for the production of protein–lipid ingredients and functional food products.

*The obtained results confirm the feasibility of controlled fractionation of milk thistle (*Silybum marianum*) seed press cake as an effective technological approach, which creates prerequisites for its rational, low-waste processing and for expanding the directions of its use in the production of food products and animal feeds.*

Key words: milk thistle seeds, seed cake, grinding, fractionation, fiber, flour, protein concentrate.

JEL Classification: Q16, Q57, L66

DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2025-44-05>

Постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку харчових технологій особливої актуальності набувають дослідження, спрямовані на поглиблену переробку насіння олійних куль-

тур, зокрема розторопші плямистої (*Silybum marianum*), а також на ефективне та раціональне використання побічних продуктів їх переробки – макухи та шроту.

Світова практика переробки олійної сировини поступово трансформується від традиційної двопродуктової схеми (одержання олії та макухи) до концепції маловідходної або безвідходної переробки, за якої з одного виду сировини формується комплекс продуктів із високою доданою вартістю. До таких продуктів належать не лише рослинні олії, а й білкові та клітковинні інгредієнти, поліфенольні концентрати, біологічно активні та функціональні фракції. Такий підхід відповідає сучасним концепціям підвищення цінності та комплексного використання побічних продуктів харчової промисловості.

Насіння розторопші плямистої є цінною сировиною не тільки з позицій олійного напрямку, але й як джерело біологічно активних сполук. Цінним є вміст силімарину у насінні розторопші, який істотно варіює залежно від генетичних особливостей рослин та умов їх вирощування, проте в ряді випадків його концентрація у шроті або макусі після видобування олії є достатньо високою, що обґрунтовує доцільність подальшого цільового вилучення цих сполук [1–3].

Макуха та шрот розторопші характеризуються значним вмістом білків, харчових волокон і компонентів із антиоксидантною активністю, що створює передумови для їх використання у харчовій та кормовій промисловостях. У зв'язку з цим макуху доцільно розглядати не лише як традиційну кормову сировину, а як перспективний, наразі недостатньо реалізований ресурс для отримання функціональних харчових інгредієнтів та біологічно активних продуктів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В останні роки у сфері харчових технологій простежується стійка тенденція до зростання попиту на функціональні та збагачені харчові продукти. Це зумовлено зростанням поінформованості споживачів щодо ролі харчування у збереженні здоров'я, а також їхньою відкритістю до інноваційних харчових рішень [4].

Підвищений інтерес до корисних властивостей насіння олійних культур і продуктів його переробки сприяв глобальному нарощуванню обсягів вирощування олійних рослин. Традиційно макуху та шрот використовують переважно у кормовиробництві завдяки високому вмісту білка й біологічно активних сполук. Разом із зростанням чисельності населення та обмеженістю природних ресурсів посилюється потреба у комплексному й раціональному залученні побічних продуктів різних галузей харчової промисловості [4–6].

Частково знежирене насіння розторопші плямистої характеризується багатим і різноманітним хімічним складом. Вона містить у своєму складі від 20 до 37,5 % білків, від 10 до 12,9 % олії, від 27,2 до 35 % клітковини, до 30 % харчових волокон, близько 38,2 % загальних вуглеводів та приблизно 6,8 % мінеральних речовин. Продукт вирізняється високою концентрацією мінеральних елементів (зокрема Ca, Mg, Cu, Zn, Fe), а також є джерелом вітамінів групи B, аскорбінової кислоти, поліненасичених жирних кислот, пектинових сполук, ефірних олій, органічних кислот, біогенних амінів та селену.

Білкова складова макухи з насіння розторопші характеризується значною часткою незамінних амінокислот (зокрема аргінін, валін, лейцин, лізин). Значну біологічну цінність макусі надає наявність комплексу силімарину (2,5 г/100 г), який проявляє антиоксидантні та протизапальні властивості, бере участь у регуляції окисно-відновних процесів, сприяє зміцненню судинної стінки та зберігає стабільність за умов термічної обробки.

Значна частка клітковини й харчових волокон зумовлює здатність макухи з насіння розторопші позитивно впливати на функціональний стан підшлункової залози, поліпшенню ліпідного обміну, сприяти стабілізації рівня глюкози в крові, нормалізації роботи кишківника та нирок, а також підтримці жовчовивідної системи. Установлено, що вміст фенольних сполук у макусі з насіння розторопші перевищує аналогічні показники макухи із насіння інших олійних культур [4, 7, 8].

Виявлені практичні приклади використання макухи та шроту з насіння розторопші плямистої як компонента у складі різних харчових продуктів: напоїв сироваткових, печива пісочного, виробів хлібобулочних та м'ясних, напівфабрикатів січених тощо. Результати окремих досліджень свідчать про високі функціонально-технологічні властивості білкових компонентів насіння розторопші плямистої, зокрема їхню здатність до ефективного утримання вологи та зв'язування жиру. Це підтверджує доцільність використання продуктів переробки насіння розторопші у технологіях виробів м'ясних, альтернативних молочних продуктів, а також високобілкових функціональних напоїв [4, 9, 10].

Аналіз і узагальнення літературних джерел дає підстави розглядати макуху з насіння розторопші плямистої як перспективну білкову сировину для використання у харчовій промисловості.

Постановка завдання. Завдання дослідження полягало у визначенні фізико-хімічних показників

клітковини, борошна та білкового концентрату, одержаних шляхом подрібнення макухи з насіння розторопші плямистої з подальшим її фракціонуванням.

Перед початком проведення експериментальних досліджень здійснювали оцінювання якості досліджуваної сировини – макухи, отриманої після механічного видобування олії з насіння розторопші плямистої сорту Бойківчанка. Масову частку вологи в макусі визначали за допомогою вагів-воломіра Radwag MA 110 R за температури $105 \pm 2^\circ\text{C}$. Вміст олії визначали екстракційним методом із застосуванням апарата Сокслета.

Для одержання експериментальних зразків макуху розторопші масою 500 г подрібнювали у лабораторному млині НС-1000У за частоти обертання 32 000 об/хв протягом 30 с.

Отриманий подрібнений матеріал фракціонували методом ситового аналізу на розсійнику лабораторному (3 хв за швидкості 120 об/хв) із використанням лабораторних сит з розмірами отворів 0,56 та 0,2 мм. За результатами просіювання виділяли три фракції і присвоїли їм назви, спираючись на досвід фахівців переробних підприємств: клітковина (зразок № 1) – сід із сита з отворами діаметром 0,56 мм, борошно (зразок № 2) – сід із сита з отворами діаметром 0,2 мм, білковий концентрат (зразок №3) – прохід крізь сито з отворами діаметром 0,2 мм. Для кожної фракції визначали її вихід.

Кольорові характеристики фракцій оцінювали в системі CIE Lab із застосуванням портативного колориметра Linshang LS173. Вміст вологи та олії у дослідних зразках подрібненої макухи визначали за методикою, аналогічною для вихідної сировини. Вміст протеїну у фракціях встанов-

лювали методом К'ельдаля, зольність – шляхом спалювання наважки у муфельній печі.

Кожне визначення проводили у трикратній повторності. Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали з використанням дисперсійного аналізу (ANOVA).

Виклад основного матеріалу дослідження. Масова частка вологи у макусі, отриманій у процесі видобування олії із насіння розторопші плямистої, становила $9,01 \pm 0,59\%$, що відповідає оптимальному рівню для зберігання рослинної сировини та мінімізує ризик мікробіологічного псування й розвитку пліснявих мікроорганізмів. Такий показник вологості свідчить про дотримання раціональних умов пресування та подальшої обробки продукту. Вміст залишкової олії становив $9,12 \pm 1,08\%$ (у перерахунку на суху речовину), що вказує на збереження суттєвої частки ліпідної фракції після механічного видобування олії. Отримані результати підтверджують доцільність розгляду макухи із насіння розторопші як цінної вторинної сировини, перспективної для подальшої глибокої переробки.

На рис. 1 представлено зовнішній вигляд отриманих клітковини, борошна та білкового концентрату.

Домінуючою була фракція зразка № 2 (борошно), частка якої становила $76,2 \pm 1,8\%$. Це свідчить про переважання частинок середнього розміру в структурі подрібненої макухи, що є технологічно сприятливим для подальшої переробки, зокрема для вилучення біологічно активних речовин або використання у вигляді борошна як інгредієнта харчових продуктів. Фракція зразка № 1 (клітковина) характеризувалася суттєво нижчим виходом – $14,4 \pm 0,9\%$, що вказує



Рис. 1. Дослідні зразки подрібненої макухи із насіння розторопші плямистої, зліва на право: клітковина, борошно, білковий концентрат

на порівняно невелику кількість грубодисперсних частинок. За аналогією з переробкою інших олійних культур цю фракцію доцільно розглядати як джерело харчових волокон. Найменший вихід зафіксовано для зразка № 3 (білковий концентрат), який становив $9,4 \pm 1,0$ %, що свідчить про обмежений вміст дрібнодисперсної фракції, потенційно придатної для позиціонування як білковий концентрат.

Визначено кольорові характеристики дослідних зразків клітковини, борошна та білкового концентрату. Аналіз показника L свідчить про відмінності у світлоті дослідних зразків. Найнижче значення світлоти зафіксовано у клітковині ($L = 47,3$), що відповідає більш темному забарвленню. Водночас борошно ($L = 59,9$) та білковий концентрат ($L = 56,4$) характеризувалися вищими значеннями L , що зумовлює світліший колір. Виявлені відмінності можуть бути пов'язані з вмістом оболонкових фракцій у зразку № 1. Параметр a , який відображає інтенсивність червоного відтінку, у клітковині мав значення 9,4, що вказує на більш виражений червонуватий тон. Для борошна ($a = 6,3$) і білкового концентрату ($a = 4,8$) характерні нижчі значення цього показника, що свідчить про зворотню тенденцію щодо червоних відтінків у кольорі. Показник b , який характеризує жовтий компонент, у дослідних зразках знаходився у діапазоні значень від 17,0 до 17,9, що вказує на відносну стабільність жовтого відтінку незалежно від крупності фракції.

На рис. 2 наведено результати визначення фізико-хімічних показників якості клітковини, борошна і білкового концентрату з насіння розторопші плямистої. Наведені результати свідчать про чітко виражений вплив розміру частинок на хімічний склад подрібненої макухи з насіння

розторопші плямистої, що переконливо підтверджує доцільність її розділення на фракції з метою подальшого диференційованого використання у різних технологічних напрямках. Масова частка вологи зростала зі зменшенням розміру частинок. Така динаміка пояснюється збільшенням питомої поверхні дрібнодисперсних фракцій, що зумовлює їх вищу здатність до адсорбції вологи з навколишнього середовища. Вміст протеїну істотно зростав у міру зменшення розміру частинок. Це вказує на концентрацію білкових компонентів у дрібній фракції та визначає її перспективність як джерела білка й функціонального інгредієнта для харчових і кормових технологій. Аналогічна закономірність спостерігалася і щодо масової частки олії. Натомість масова частка клітковини змінювалася у протилежному напрямі. Вміст зольних речовин зростав від 3,5 % (зразок №1) до 9,9 % (зразок №3), що свідчить про концентрацію мінеральних компонентів у дрібнодисперсних фракціях. Така особливість підвищує їхню біологічну цінність, водночас потребуючи контролю відповідності показників нормативним вимогам безпечності.

На рис. 3 наведено отримані результати розрахунку поживної та енергетичної цінності дослідних зразків. Фракція зразка №1 відзначалася мінімальним вмістом білків (9,7 г/100 г) і ліпідів (5,5 г/100 г) за одночасно найвищою частки вуглеводів (37,2 г/100 г). Унаслідок цього її енергетична цінність була найнижчою серед досліджуваних фракцій (229,0 ккал/100 г). Зазначені особливості визначають доцільність використання даної фракції як низькокалорійного компоненту. Фракція зразка №2 характеризувалася більш гармонійним поживним складом: вміст білків збільшувався майже у два рази порівняно зі зраз-

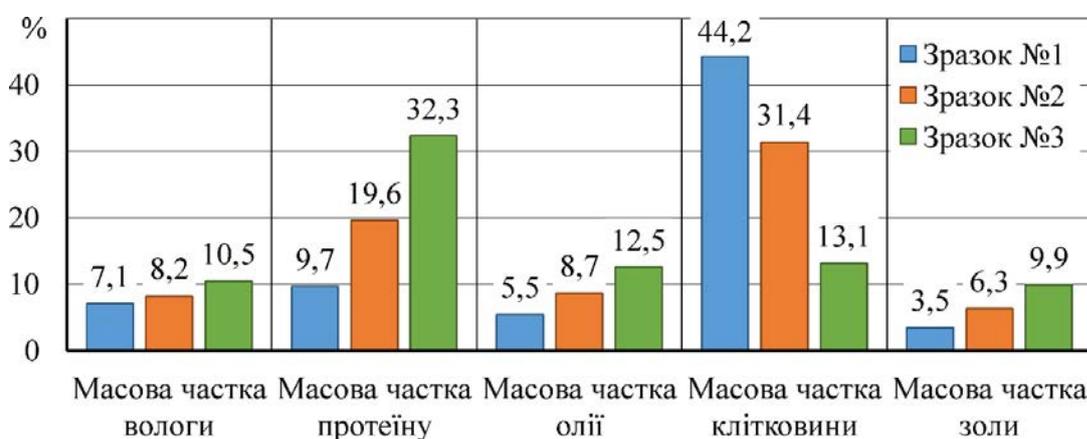


Рис. 2. Вміст вологи, протеїну, олії, клітковини та золи у дослідних зразках

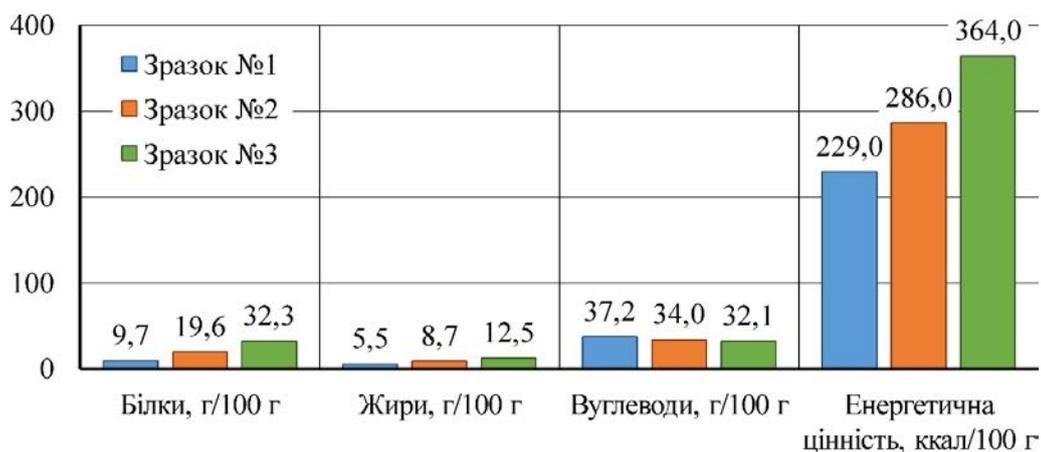


Рис. 3. Поживна та енергетична цінність дослідних зразків

ком № 1 і становив 19,6 г/100 г, масова частка жирів зростала до 8,7 г/100 г, а кількість вуглеводів, навпаки, зменшувалася до 34,0 г/100 г. Такі зміни зумовили зростання енергетичної цінності до 286,0 ккал/100 г, що дозволяє розглядати цю фракцію як перспективний інгредієнт для продуктів із підвищеною поживною та біологічною цінністю. Найбільш поживно насиченою виявилася фракція зразка №3, для якої характерний максимальний вміст білків (32,3 г/100 г), жирів (12,5 г/100 г) за найнижчої частки вуглеводів (32,1 г/100 г). Таке поєднання компонентів зумовило енергетичну цінність на рівні 364 ккал/100 г, що була найвищою серед досліджуваних зразків. Отримані дані дають підстави розглядати цю фракцію як цінну білково-ліпідну сировину для виробництва білкових концентратів, дієтичних добавок або високоенергетичних кормів.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Загалом отримані результати підтверджують результативність обраних параметрів подрібнення та свідчать про можливість цілеспрямованого фракціонування макухи з насіння розторопші плямистої залежно від напрямів її подальшого використання. Встановлено, що колірні показники дослідних фракцій суттєво відрізняються за світлотою та інтенсивністю червоного компонента, що має важливе значення при їх залученні до харчових і кормових технологій, зокрема з огляду на споживче сприйняття та вимоги до зовнішнього вигляду готової продукції.

Фракціонування подрібненої макухи насіння розторопші плямистої забезпечило одержання фракцій з різним біохімічним складом і призначенням: крупної – як джерела харчових волокон, середньої – як універсальної багатокомпонент-

ної сировини, дрібної – як концентрату білків, мінеральних речовин та олії. Такий підхід створює передумови для маловідходної, раціональної переробки макухи та розширення напрямів її використання у харчовій та переробній промисловості.

Подальші наукові дослідження доцільно зосередити на поглибленому аналізі вмісту вітамінів, макро- та мікроелементів, а також амінокислотного складу отриманих фракцій макухи з насіння розторопші плямистої з метою обґрунтування їх біологічної цінності та функціонального потенціалу.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Куценко Н.І., Дем'янюк О.С., Харук І.Д., Гречкосій А.О. Оцінка показників якості та урожайності насіння поширених в Україні сортів розторопші плямистої. *Збалансоване природокористування*. 2021. №4. С. 100–106. DOI: 10.33730/2310-4678.4.2021.253093.
2. Bhattacharya S. Milk Thistle Seeds in Health. *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention (Second Edition)*. 2020. P. 429–438. DOI: 10.1016/B978-0-12-818553-7.00030-9.
3. Zhang Zh.-Sh., Wang Sh., Liu H., Li B.-Zh., Che L. Constituents and thermal properties of milk thistle seed oils extracted with three methods. *LWT*. 2020. Vol. 126. 109282. DOI:10.1016/j.lwt.2020.109282.
4. Ozgolet M., Cakmak Z.H.T., Bozkurt F., Sagdic O., Karasu, S. Optimization of extraction parameters of protein isolate from milk thistle seed: Physicochemical and functional characteristics. *Food Science & Nutrition*. 2024. 12. P. 3346–3359. DOI: 10.1002/fsn3.4001.
5. Kotecka-Majchrzak K., Sumara A., Fornal E., Montowska M. Oilseed proteins – properties and application as a food ingredient. *Trends in Food Science and Technology*. 2020. 106. P. 160–170. DOI:10.1016/j.tifs.2020.10.004.

6. Usman I., Saif H., Imran A., Afzaal M., Saeed F., Azam I., Afzal A., Ateeq H., Islam F., Shah Y. A., Shah M. A. Innovative applications and therapeutic potential of oilseeds and their by-products: An eco-friendly and sustainable approach. *Food Science and Nutrition*. 2023. 11 (6). P. 2599–2609. DOI: 10.1002/fsn3.3322.

7. Stastnik O., Pavlata L., Mrkvicova E. The Milk Thistle Seed Cakes and Hempseed Cakes are Potential Feed for Poultry. *Animals*. 2020. 10 (8). 1384. DOI: 10.3390/ani10081384.

8. Bárta J., Bártová V., Jarošová M., Švajner J., Smetana P., Kadlec J., Filip V., Kyselka J., Berčíková M., Zdráhal Z., Bjelková M., Kozak M. Oilseed cake flour composition, functional properties and antioxidant potential as effects of sieving and species differences. *Food*. 2021. 10 (11). 2766. DOI: 10.3390/foods10112766.

9. Михонік Л.А., Грищенко А.М. Використання шроту з насіння розторопші в технології хліба з пшеничного цільнозернового борошна. *Зберігання і переробка зерна*. 2017. №3 (211). С. 40–43.

10. Новгородська Н., Соломон А., Берник І. Оцінка якості фаршевих систем з використанням рослинної сировини. *Продовольчі ресурси*. 2021. №9 (17). С. 119–128. DOI: 10.31073/foodresources2021-17-12.

REFERENCES:

1. Kutsenko N. I. (2021) Otsinka pokaznykiv yakosti ta urozhainosti nasinnia poshyrenykh v Ukraini sortiv roztoropshi pliamystoi. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia*, №4, S. 100–106. DOI: 10.33730/2310-4678.4.2021.253093.

2. Bhattacharya S. (2020) Milk Thistle Seeds in Health. *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention (Second Edition)*, P. 429–438. DOI: 10.1016/B978-0-12-818553-7.00030-9.

3. Zhang Zh.-Sh., Wang Sh., Liu H., Li B.-Zh., Che L. (2020) Constituents and thermal properties of milk thistle seed oils extracted with three methods. *LWT*, Vol. 126, 109282. DOI:10.1016/j.lwt.2020.109282.

4. Ozgolet M., Cakmak Z. H. T., Bozkurt F., Sagdic O., Karasu, S. (2024) Optimization of extraction

parameters of protein isolate from milk thistle seed: Physicochemical and functional characteristics. *Food Science & Nutrition*, 12, P. 3346–3359. DOI: 10.1002/fsn3.4001.

5. Kotecka-Majchrzak K., Sumara A., Fornal E., Montowska M. (2020) Oilseed proteins – properties and application as a food ingredient. *Trends in Food Science and Technology*, 106, P. 160–170. DOI:10.1016/j.tifs.2020.10.004.

6. Usman I., Saif H., Imran A., Afzaal M., Saeed F., Azam I., Afzal A., Ateeq H., Islam F., Shah Y. A., Shah M. A. (2023) Innovative applications and therapeutic potential of oilseeds and their by-products: An eco-friendly and sustainable approach. *Food Science and Nutrition*, 11 (6), P. 2599–2609. DOI: 10.1002/fsn3.3322.

7. Stastnik O., Pavlata L., Mrkvicova E. (2020) The Milk Thistle Seed Cakes and Hempseed Cakes are Potential Feed for Poultry. *Animals*, 10 (8), 1384. DOI: 10.3390/ani10081384.

8. Bárta J., Bártová V., Jarošová M., Švajner J., Smetana P., Kadlec J., Filip V., Kyselka J., Berčíková M., Zdráhal Z., Bjelková M., Kozak M. (2021) Oilseed cake flour composition, functional properties and antioxidant potential as effects of sieving and species differences. *Food*, 10 (11), 2766. DOI: 10.3390/foods10112766.

9. Mykhonik L. A., Hryshchenko A. M. (2017) Vykorystannia shrotu z nasinnia roztoropshi v tekhnolohii khliba z pshenychnoho tsilnozernovoho boroshna. *Zberihannia i pererobka zerna*, №3 (211), S. 40–43.

10. Novhorodska N., Solomon A., Bernyk I. (2021) Otsinka yakosti farshevykh system z vykorystanniam roslynnoi syrovyny. *Prodovolchi resursy*, №9 (17), S. 119–128. DOI: 10.31073/foodresources2021-17-12.

Дата першого надходження статті до видання: 14.11.2025

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 10.12.2025

Дата публікації (оприлюднення) статті: 31.12.2025

УДК 633.522:664.6/7

Петраченко Д. О.,

dpetrachenko@i.ua, ORCID ID: 0000-0002-1347-9562,

Researcher ID: ABC-3313-2021,

к.т.н., викладач відділення агроінженерії,

Відокремлений структурний підрозділ Глухівський агротехнічний фаховий коледж

Сумського національного аграрного університету, м. Глухів

ОЦІНКА ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ФРАКЦІЙ РУШАНКИ НАСІННЯ ПРОМИСЛОВИХ КОНОПЕЛЬ

Анотація. У статті розглянуто питання підвищення ефективності та наближення до безвідходної технології переробки насіння промислових конопель за рахунок комплексного використання всіх продуктів обрушування рушанки. Наголошено, що в більшості відомих схем основна увага приділяється виходу очищеного ядра, тоді як проміжні фракції часто трактуються як відходи, без кількісної оцінки їх поживного потенціалу. Метою дослідження є встановлення хімічного складу основних фракцій рушанки насіння промислових конопель, отриманих за розробленою технологією обрушування з використанням повітряно-решітної машини малої продуктивності, та обґрунтування можливості їх комплексного цільового використання.

Об'єктом дослідження були фракції, сформовані під час сепарації рушанки на повітряно-решітній машині СМ-0,15 з триярусною системою решіт, яка забезпечує виділення шести продуктів обрушування. Хімічному аналізу піддано чотири фракції, що репрезентують основні напрямки перерозподілу речовини: обрушене ядро, січку, перевій та відходи. Визначено вміст сухої речовини, сирого протеїну, жиру, клітковини, золи та безазотистих екстрактивних речовин у натуральній та абсолютно сухій речовині, виконано порівняльний аналіз фракцій і кількісну оцінку їх поживного профілю.

Показано, що обрушене ядро характеризується максимальним вмістом жиру і протеїну за мінімальної частки клітковини та золи і є основним цільовим продуктом для виробництва харчових інгредієнтів. Встановлено, що січка та перевій за вмістом жиру й протеїну наближаються до ядра, але збагачені клітковиною, що дає змогу розглядати їх як повноцінну сировину для продуктів функціонального харчування та висококалорійних кормів, а не як другорядні відходи. Відходи мають клітковинозольний характер з найнижчим вмістом жиру і протеїну, що обґрунтовує їх використання в енергетичних цілях або як джерело структурної клітковини у кормах. На основі поєднання морфологічної та хімічної характеристики продуктів обрушування сформовано схему, у якій кожна фракція рушанки має визначений напрям цільового використання, що забезпечує практично безвідходний характер технології переробки насіння на ядро.

Ключові слова: промислові коноплі, обрушування насіння, рушанка, фракції сепарації, хімічний склад, безвідходна технологія, використання побічних продуктів.

Petrachenko D. O.,

dpetrachenko@i.ua, ORCID ID: 0000-0002-1347-9562,

Researcher ID: ABC-3313-2021

PhD, Lecturer at the Agroengineering Division,

Separate Structural Unit of the Hlukhiv Agrotechnical Vocational College

of Sumy National Agrarian University, Hlukhiv

EVALUATION OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF FRACTIONS OF INDUSTRIAL HEMP SEED GRITS

Abstract. The paper addresses the challenge of increasing the efficiency and moving towards a near zero-waste technology for processing industrial hemp seeds by ensuring comprehensive utilization of all products formed during dehulling and separation of hemp seed grits. It is emphasized that in most conventional processing schemes the main focus is placed on the yield of cleaned kernel, whereas intermediate fractions are often treated as waste without quantitative assessment of their nutritional potential. The aim of the study is to determine the chemical composition of the main fractions of industrial hemp seed grits obtained using a

specially developed dehulling technology based on a low-capacity air-sieve machine, and to substantiate the possibility of their integrated and targeted utilization.

The research objects were the fractions formed during separation of hemp seed grits on an SM-0.15 air-sieve machine equipped with a three-deck sieve system that produces six dehulling products. Four fractions representing the main directions of material redistribution were subjected to chemical analysis: dehulled kernel, fines (sichka), middlings (perevii) and hull-rich wastes. For each fraction, the contents of dry matter, crude protein, fat, fibre, ash and nitrogen-free extractives were determined in both natural and absolutely dry matter, followed by a comparative assessment of the fractions and a quantitative characterization of their nutritional profiles.

It was shown that the dehulled kernel combines the highest levels of fat and protein with minimal fibre and ash contents and therefore acts as the primary target product for manufacturing food ingredients. Fines and middlings were found to be close to the kernel in terms of fat and protein content, while being enriched in fibre, which allows them to be considered as full-value raw materials for functional foods and high-energy feed rather than secondary waste. The hull-rich wastes exhibit a fibre- and ash-dominated profile with the lowest fat and protein contents among all fractions, which substantiates their use for energy purposes or as a source of structural fibre in compound feeds. By combining the morphological and chemical characterization of the dehulling products, a processing scheme was developed in which each fraction of hemp seed grits has a clearly defined utilization pathway, ensuring an almost zero-waste character of the technology for processing hemp seeds into kernel.

Key words: industrial hemp, seed dehulling, hemp seed grits, separation fractions, chemical composition, zero-waste technology, valorisation of by-products.

JEL Classification: Q13, Q16

DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2025-44-06>

Постановка проблеми. Сучасні вимоги до переробки агросировини орієнтовані на впровадження маловідходних і безвідходних технологій, які забезпечують максимальне використання поживного потенціалу сировини. У переробці насіння промислових конопель це завдання ускладнюється формуванням побічних фракцій рушанки, які в традиційних технологічних схемах часто розглядаються як відходи. Для підвищення ресурсної віддачі технологічних ліній важливо не лише забезпечити високий вихід очищеного ядра, а й кількісно оцінити поживний потенціал усіх продуктів, що утворюються в процесі обрешування та сепарації. У зв'язку з цим актуальним є всебічне дослідження продуктів сепарації рушанки насіння промислових конопель для того, щоб на основі їх фізико-хімічних і технологічних властивостей обґрунтувати напрями подальшого цільового використання кожної фракції. Це створює передумови для формування технології переробки насіння на ядро, у якій усі отримані фракції розглядаються як корисні технологічні потоки, що забезпечує практично безвідходний характер процесу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У світовій практиці переробки олійних культур насіння промислових конопель розглядають як цінну сировину для одержання високоякісної олії, білкових інгредієнтів та продуктів функціонального харчування. Харчова цінність конопляного насіння зумовлена поєднанням повно-

цінного білка, поліненасичених жирних кислот та комплексу біологічно активних речовин [1–3]. Сучасні огляди відзначають зростання інтересу до використання конопляного ядра і похідних продуктів у технологіях здорового харчування, зокрема в сегментах рослинних білкових концентратів, напоїв, борошна та комплексних сумішей [2–3]. Водночас реалізація цього потенціалу безпосередньо залежить від досконалості технології обрешування насіння і подальшої сепарації рушанки, які визначають не лише якість ядра, а й характер формування побічних фракцій.

У низці робіт для конопель проаналізовано вплив операції обрешування на властивості білкових ізолятів, мікроструктуру частинок та функціонально-технологічні показники білкової фракції [4], а також виконано порівняння складу цілого насіння, оболонки і обрешеного ядра на рівні протеоміки [5]. Проте зазначені дослідження, як правило, здійснюються або на лабораторних зразках з ручним відділенням оболонки, або в межах узагальнених категорій «ціле насіння/ядро/лушпиння». Технологічно важливі продуктивні фракції, які реально формуються на робочих лініях (обрешене ядро, січка, проміжні суміші ядрового та оболонкового матеріалу, відходи) у більшості випадків не мають описаного хімічного профілю, що ускладнює їх цільове використання.

Для інших культур ця проблема вивчена значно глибше. Так, для вівса, соняшнику, ріпаку

наявні детальні дані про хімічний склад цілого зерна, очищеного ядра, оболонки та побічних продуктів, що дозволяють кількісно оцінювати перерозподіл протеїну, жиру, клітковини та мінеральних речовин між фракціями [6–9]. На цій основі обґрунтовуються режими обрушування, схеми рециркуляції проміжних потоків та напрями використання лушпиння, шроту, борошна у харчових і кормових технологіях. Для насіння промислових конопель аналогічна інформація про реальні технологічні продукти переробки є фрагментарною, що не дає змоги у повному обсязі застосувати підходи маловідходної та безвідходної переробки, уже відпрацьовані для інших олійних культур.

Нормативні документи, зокрема стандарт ДСТУ 7695:2015, регламентують показники якості насіння конопель як сировини, але не торкаються питань розподілу поживних речовин між продуктами, що утворюються після обрушування та сепарації [10].

У практиці переробки ефективність обрушування найчастіше характеризують за виходом ядра, ступенем очищення від оболонки і величиною прямої втрати ядра з відходами, тоді як втрата поживного потенціалу в проміжних фракціях (січка, проміжні суміші, легкі відходи) або не оцінюється взагалі, або розглядається лише на рівні орієнтовних характеристик.

Попередні дослідження авторів [11–12], присвячені механіко-технологічним аспектам обрушування насіння промислових конопель та сепарації рушанки, показали, що використання машин відцентрового та решітно-повітряного типу забезпечує формування кількох сталих фракцій, які істотно відрізняються за морфологічним складом та аеродинамічними властивостями. Зокрема, на повітряно-решітних машинах малої продуктивності типу СМ-0,15 виділяється шість продуктів, серед яких поряд з товарним ядром формуються фракції січки, проміжних сумішей та відходів, що потенційно можуть містити значну частку жиру і протеїну. Однак наявні роботи зосереджені насамперед на впливі режимів обрушування і сепарації на вихід ядра та ступінь очищення, тоді як хімічний склад окремих фракцій рушанки не досліджений.

Таким чином, у сучасному стані науково-технічної інформації спостерігається дисбаланс: для насіння промислових конопель достатньо добре вивчено загальний хімічний склад цілого насіння і ядра та описано механічні аспекти обрушування, але відсутні систематизовані дані про хімічний

профіль технологічних фракцій, що формуються під час сепарації рушанки на поширених машинах малої продуктивності. Це істотно обмежує можливості науково обґрунтованого проектування маловідходних технологій, у яких кожна фракція (від ядра до легких відходів) має чітко визначений напрям подальшого використання.

З огляду на орієнтацію харчової і переробної промисловості на принципи циркулярної економіки та максимального залучення супутніх продуктів у технологічний цикл, відсутність даних про розподіл білково-жирового й клітковинного потенціалу між фракціями рушанки насіння промислових конопель є суттєвою науковою та практичною проблемою. Її розв'язання є необхідною передумовою кількісної оцінки втрат поживних компонентів з відходами, обґрунтування рециркуляції проміжних фракцій з високою часткою цінних речовин і визначення доцільних харчових, кормових та енергетичних напрямів використання окремих продуктів сепарації. Саме потреба у такій інформації, що спирається на реальні дані хімічного аналізу фракцій, зумовлює вибір структури даного дослідження.

Постановка завдання. Метою статті є кількісна характеристика хімічного складу основних фракцій рушанки насіння промислових конопель, отриманих у процесі сепарації, та обґрунтування можливості їх комплексного використання в технології переробки. Для досягнення цієї мети передбачено визначити вміст основних поживних компонентів (сирого протеїну, жиру, клітковини, золи та безазотистих екстрактивних речовин) у виділених фракціях, порівняти їх між собою та оцінити втрати поживних речовин з відходами. На основі результатів ставиться завдання визначити раціональні напрями використання кожної фракції та сформувані підходи до побудови практично безвідходної схеми переробки насіння на ядро.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження проводили на насінні промислових конопель сорту «Глесія» з виробничих посівів Інституту луб'яних культур НААН (Сумська область). Насіння обрушували без попереднього калібрування. Вологість насіння становила 9,1%. Обрушування насіння виконували за розробленою технологією з використанням відцентрового обрушувача власної розробки [13]. В процесі обрушування формувалася рушанка, яка розділялася на повітряно-решітній машині СМ-0,15, оснащений комплектом решіт: верхнє з круглими отворами діаметром 3,0 мм, середнє з продовгу-

ватими отворами 20×2,0 мм, нижнє з продовгуватими отворами 1,0×20 мм.

У результаті роботи машини виділяли шість продуктів обрушування: ядро, мішанку, січку, перевій, недоруш та відходи. Характеристика цих продуктів за морфологічним складом і можливими напрямками використання наведена у таблиці 1.

Відмічено (табл. 1), що ядро являє собою готовий до вживання продукт з мінімальною засміченістю; мішанка містить підвищену кількість цілого і частково ушкодженого ядра; січка і перевій складаються з поєднання дрібних часток ядра з оболонками та насінневою плівкою; недоруш представлений цілим і пошкодженим не обрушеним насінням; відходи формуються переважно оболонками, плівкою та дрібними органічними домішками.

Для кількісної оцінки поживного потенціалу рушанки хімічному аналізу піддали чотири основні фракції: обрушене ядро, січку, перевій та відходи. Мішанка і недоруш розглядалися як циркуляційні потоки, що повертаються на повторне обрушування з метою додаткового виділення ядра, тому до складу їх не включали.

Узагальнені результати визначення вмісту сухої речовини в продуктах обрушування наведено на рис. 1.

Як видно з рис. 1, усі продукти обрушування характеризуються високим і відносно вирівняним вмістом сухої речовини: у діапазоні від 88,75% для відходів до 92,62% для обрушеного ядра. Січка та перевій займають проміжне положення (90,36 і 90,61% відповідно), що свідчить про незначні відмінності у вологості між основними фракціями рушанки. Такий рівень сухої

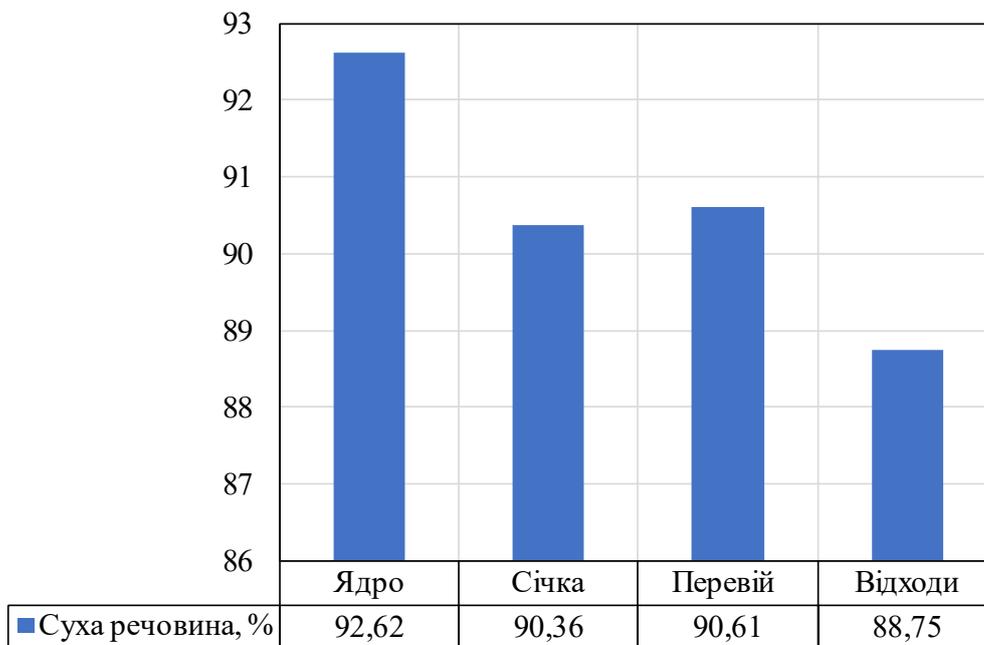


Рис. 1. Вміст сухої речовини в продуктах обрушування насіння промислових конопель

Таблиця 1

Характеристика продуктів обрушування насіння промислових конопель

Назва продукту	Опис
Ядро	Готовий до вживання продукт засміченістю до 1,0% (подрібнена оболонка), складається з подрібнених (85,0%) та цілих (14,0%) ядер.
Мішанка	Продукт з підвищеним вмістом цілого насінневого ядра, складається з цілих обрушених насінневих ядер (75,0%) і цілого та недорушеного насіння (25,0%).
Січка	Складається з частини оболонки, насінневої плівки (50%) та дрібних часток ядра (50%)
Перевій	Складається з дрібно розмеленого насіння, в більшій мірі ядро (65%) та оболонки (35%).
Недоруш	Ціле та пошкоджене конопляне насіння, що не обрушилося за цикл
Відходи	Насіннева оболонка, насіннева плівка, дрібно розмелені частки насіння, насінневий пил, органічні домішки

речовини забезпечує можливість подальшої переробки без додаткового сушіння й дає підстави для коректного порівняння хімічного складу продуктів у перерахунку на абсолютно суху речовину.

Хімічний склад фракцій у перерахунку на абсолютно суху речовину представлено на рис. 2.

Аналіз хімічного складу фракцій у перерахунку на абсолютно суху речовину (рис. 2) засвідчив чіткі відмінності між технологічними продуктами оброщування. Обрушене ядро характеризується найбільш концентрованим поживним профілем: частка сирого жиру становить 56,35%, протеїну – 29,96%, тоді як вміст клітковини, золи та БЕР обмежується 3,42; 7,04 і 3,23% відповідно. Така структура вказує на виражену жирowo-білкову спрямованість та мінімальний вміст баластних компонентів, що відповідає ролі ядра як основного харчового продукту.

Січка і перевій мають проміжний характер, поєднуючи високий вміст енергетично цінних речовин із суттєвою часткою структурних компонентів. Січка має 20,81% протеїну, 32,04% жиру, 29,40% клітковини, 6,40% золи та 11,35% БЕР, а перевій відповідно 20,00; 32,85; 27,60; 5,62 і 13,93%. Сумарний вміст протеїну та жиру в обох фракціях перевищує 50%, однак підвищена частка клітковини фор-

мує більш виражений «клітковинно-білково-жировий» профіль.

Відходи істотно відрізняються від інших продуктів: частка протеїну становить 12,82%, жиру – 19,49%, тоді як вміст клітковини досягає 37,70%, БЕР – 25,07%, золи – 4,92%. У цій фракції домінують структурні компоненти оболонки, а сумарний вміст протеїну і жиру є найнижчим серед досліджених продуктів, що підтверджує її статус найбільш збідненої на цінні поживні речовини.

Узагальнення отриманих даних свідчить про закономірну зміну складу: у напрямку від ядра до відходів частка протеїну та жиру зменшується, тоді як клітковини й БЕР – зростає. Це дає змогу диференційовано підходити до використання фракцій. Обрушене ядро доцільно орієнтувати на безпосереднє споживання та переробку в харчові інгредієнти. Січка та перевій, попри більший вміст клітковини, містять значні кількості жиру й протеїну, тому розглядаються як сировина для продуктів функціонального призначення з підвищеним вмістом харчових волокон, для одержання технічної олії та як компонент висококалорійних кормових сумішей і гранул. Відходи з їхнім клітковинним профілем та низьким вмістом жиру і протеїну доцільно спрямовувати на виробництво паливних брикетів, гранульованого палива

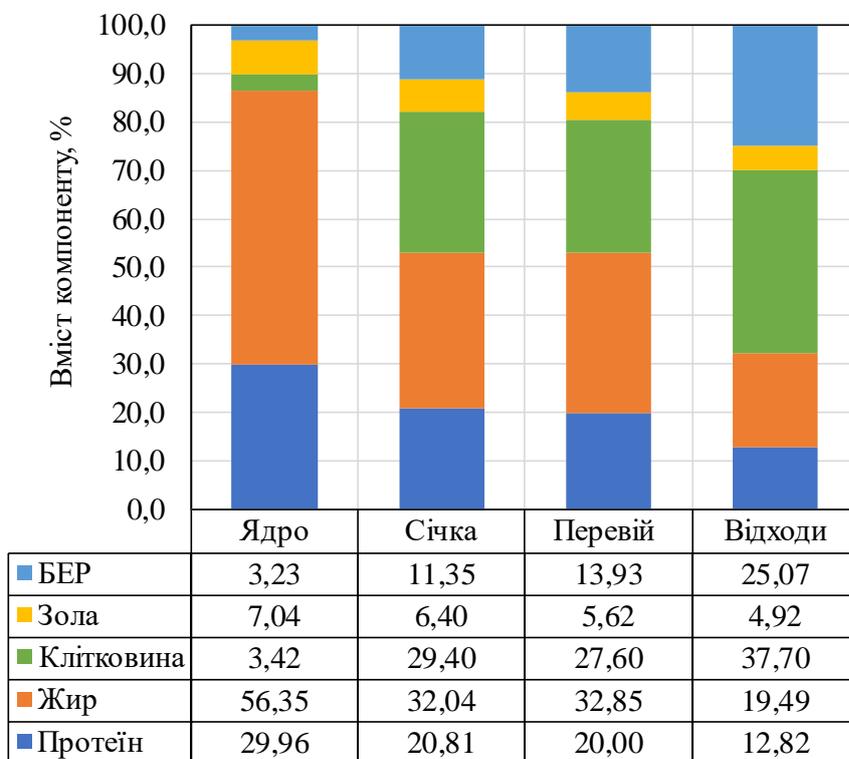


Рис. 2. Хімічний склад продуктів оброщування насіння промислових конопель у перерахунку на абсолютно суху речовину

або використовувати у складі комбікормів як джерело структурної клітковини.

Отже, результати дослідження дозволяють сформувати комплексну схему переробки насіння промислових конопель, у якій усі продукти, що утворюються на етапах обрушування та сепарації, мають чітко визначені маршрути використання: ядро – основний харчовий продукт, січка та перевій – додаткові джерела білка, жиру та харчових волокон у харчових і кормових технологіях, відходи – енергетичний або структурно-кормовий компонент. За такої організації процесу кожна фракція рушанки перетворюється на корисний технологічний потік, а обрушування насіння на ядро набуває практично безвідходного характеру.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі.

На основі морфологічних та хімічних характеристик продуктів обрушування сформовано схему, у якій ядро, січка, перевій, недоруш і відходи мають чітко визначені напрями використання, що забезпечує практично безвідходний характер технології обрушування насіння промислових конопель. Зокрема:

– обрушене ядро характеризується максимальним вмістом жиру і протеїну за мінімальної частки клітковини та золи, що підтверджує його статус основного цільового продукту для харчових інгредієнтів;

– січка та перевій за вмістом жиру й протеїну наближаються до ядра, але містять більше клітковини, тому можуть розглядатися як повноцінна сировина для продуктів функціонального харчування та висококалорійних кормів, а не як відходи;

– відходи мають клітковино-зольний характер з найнижчим вмістом жиру і протеїну, що обґрунтовує їх використання в енергетичних цілях або як джерело структурної клітковини у кормах.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на уточнення впливу режимів обрушування та сепарації на перерозподіл поживних речовин між фракціями, вивчення функціонально-технологічних властивостей січки та перевію у складі харчових і кормових систем, а також на економічну оцінку ефекту від комплексного використання всіх продуктів рушанки в безвідходних технологічних схемах.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Callaway J. C. Hempseed as a nutritional resource: An overview. *Euphytica*. 2004. Vol. 140, No. 1-2. P. 65–72. DOI: 10.1007/s10681-004-4811-6.

2. Leonard W., Zhang P., Ying D., Fang Z. Hempseed in food industry: Nutritional value, health benefits, and industrial applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2020. Vol. 19, No. 1. P. 282–308. DOI: 10.1111/1541-4337.12517.

3. Montero L., Ballesteros-Vivas D., Gonzalez-Barrios A. F., Sánchez-Camargo A. del P. Hemp seeds: Nutritional value, associated bioactivities and the potential food applications in the Colombian context. *Frontiers in Nutrition*. 2023. Vol. 9. Article 1039180. DOI: 10.3389/fnut.2022.1039180.

4. Shen P., Gao Z., Xu M., Ohm J.-B., Rao J., Chen B. The impact of hempseed dehulling on chemical composition, structure properties and aromatic profile of hemp protein isolate. *Food Hydrocolloids*. 2020. Vol. 106. Article 105889. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2020.105889.

5. Bárta J., Roudnický P., Jarošová M., Zdráhal Z., Stupková A., BártoVá V. та ін. Proteomic profiles of whole seeds, hulls, and dehulled seeds of two industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) cultivars. *Plants*. 2024. Vol. 13, No. 1. Article 111. DOI: 10.3390/plants13010111.

6. Biel W., Jacyno E., Kawecka M. Chemical composition of hulled, dehulled and naked oat grains. *South African Journal of Animal Science*. 2014. Vol. 44, No. 2. P. 189–197. DOI: 10.4314/sajas.v44i2.12.

7. Cancalon P. Chemical composition of sunflower seed hulls. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 1971. Vol. 48, No. 10. P. 629–632. DOI: 10.1007/BF02544577.

8. Petraru A., Ursachi F., Amariei S. Nutritional characteristics assessment of sunflower seeds, oil and cake. Perspective of using sunflower oilcakes as a functional ingredient. *Plants*. 2021. Vol. 10, No. 11. Article 2487. DOI: 10.3390/plants10112487.

9. Carré P. Hull content and chemical composition of whole seeds, hulls and germs in cultivars of rapeseed (*Brassica napus*). *OCL - Oilseeds and fats, Crops and Lipids*. 2016. Vol. 23, No. 5. D504. DOI: 10.1051/ocl/2016021.

10. Насіння конопель. Технічні умови: ДСТУ 7695:2015. [Чинний з 01.08.2016]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2015. 12 с.

11. Sheichenko V., Petrachenko D., Rogovskii I., Dudnikov I., Shevchuk V., Sheichenko D. та ін. Determining patterns in the separation of hemp seed hulls. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2024. Vol. 4, No. 1(130). P. 54–68. DOI: 10.15587/1729-4061.2024.309869.

12. Sheichenko V., Petrachenko D., Shevchuk M., Sheichenko D. Study of roller and centrifugal methods of hemp seed shelling. *Agricultural Machines*. 2024. Vol. 50. P. 37–47. DOI: 10.36910/acm.vi50.1333.

13. Sheichenko V., Petrachenko D., Koropchenko S., Rogovskii I., Gorbenko O., Volianskyi M., & Sheichenko D. Substantiating the rational parameters and operation modes for the hemp seed centrifugal dehuller. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2024. Vol. 2, No. 1(128), P. 34–48. DOI: 10.15587/1729-4061.2024.300174

REFERENCES:

1. Callaway, J.C., 2004. Hempseed as a nutritional resource: An overview. *Euphytica*, 140(1-2), pp. 65–72. <https://doi.org/10.1007/s10681-004-4811-6>
2. Leonard, W., Zhang, P., Ying, D. and Fang, Z., 2020. Hempseed in food industry: Nutritional value, health benefits, and industrial applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(1), pp.282–308. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12517>
3. Montero, L., Ballesteros-Vivas, D., Gonzalez-Barrios, A.F. and Sánchez-Camargo, A. del P., 2023. Hemp seeds: Nutritional value, associated bioactivities and the potential food applications in the Colombian context. *Frontiers in Nutrition*, 9, 1039180. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1039180>
4. Shen, P., Gao, Z., Xu, M., Ohm, J.-B., Rao, J. and Chen, B., 2020. The impact of hempseed dehulling on chemical composition, structure properties and aromatic profile of hemp protein isolate. *Food Hydrocolloids*, 106, 105889. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105889>
5. Bárta, J., Roudnický, P., Jarošová, M., Zdráhal, Z., Stupková, A., Bártová, V., Krejčová, Z., Kyselka, J., Filip, V., Říha, V. et al., 2024. Proteomic profiles of whole seeds, hulls, and dehulled seeds of two industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) cultivars. *Plants*, 13(1), 111. <https://doi.org/10.3390/plants13010111>
6. Biel, W., Jacyno, E. and Kawecka, M., 2014. Chemical composition of hulled, dehulled and naked oat grains. *South African Journal of Animal Science*, 44(2), pp.189–197. <https://doi.org/10.4314/sajas.v44i2.12>
7. Cancalon, P., 1971. Chemical composition of sunflower seed hulls. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 48(10), pp.629–632. <https://doi.org/10.1007/BF02544577>
8. Petraru, A., Ursachi, F. and Amariei, S., 2021. Nutritional characteristics assessment of sunflower seeds, oil and cake. Perspective of using sunflower oilcakes as a functional ingredient. *Plants*, 10(11), 2487. <https://doi.org/10.3390/plants10112487>
9. Carré, P., 2016. Hull content and chemical composition of whole seeds, hulls and germs in cultivars of rapeseed (*Brassica napus*). *OCL - Oilseeds and fats, Crops and Lipids*, 23(5), D504. <https://doi.org/10.1051/ocl/2016021>
10. Nasinnia konopel. *Tekhnichni umovy: DSTU 7695:2015 [Hemp seed. Specifications]*. Kyiv: DP “UkrNDNTs”, 2015. 12 p. [in Ukrainian].
11. Sheichenko, V., Petrachenko, D., Rogovskii, I., Dudnikov, I., Shevchuk, V., Sheichenko, D. et al., 2024. Determining patterns in the separation of hemp seed hulls. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(1(130)), pp.54–68. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.309869>
12. Sheichenko, V., Petrachenko, D., Shevchuk, M. and Sheichenko, D., 2024. Study of roller and centrifugal methods of hemp seed shelling. *Agricultural Machines*, 50, pp.37–47. <https://doi.org/10.36910/acm.vi50.1333>
13. Sheichenko, V., Petrachenko, D., Koropchenko, S., Rogovskii, I., Gorbenko, O., Volianskyi, M., & Sheichenko, D. (2024). Substantiating the rational parameters and operation modes for the hemp seed centrifugal dehuller. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(1(128)), 34-48. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.300174>

Дата першого надходження статті до видання: 19.11.2025

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 13.12.2025

Дата публікації (оприлюднення) статті: 31.12.2025

ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ЯКОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

УДК 664

Божко А. Ю.,
anastasiabozhko.26@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5267-2023,
аспірантка кафедри експертизи харчових продуктів,
Національний університет харчових технологій, м. Київ

Усатюк С. І.,
esmeraldo@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-7554-0827,
к. т. н., доц., доцент кафедри експертизи харчових продуктів,
Національний університет харчових технологій, м. Київ

ВИЗНАЧЕННЯ КРИТЕРІЇВ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЗАВАРНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ З ДОДАВАННЯМ ПОРОШКУ КЕРОБУ ЗА СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

Анотація. Розширення асортименту борошняних кондитерських виробів з використанням порошку керобу нині є актуальною темою для харчової промисловості, що пов'язано із великою кількістю корисних елементів, які містяться в порошку (вітаміни, амінокислоти, поліфеноли, мінерали).

Метою дослідження є визначення критеріїв ідентифікації заварних напівфабрикатів з додаванням порошку керобу за структурно-механічними властивостями.

Раніше нами було визначено критерії ідентифікації заварних напівфабрикатів за органолептичними та фізико-хімічними показниками, тому запропоновано розширити спектр критеріїв ідентифікації, для комплексного оцінювання заварних напівфабрикатів, додавши такі як: «мікроструктура тіста», «в'язкість тіста», «пористість напівфабрикатів».

Тип порошку керобу залежно від ступеня обсмажування по-різному впливає на структурно-механічні властивості заварного тіста. За результатами дослідження мікроструктури досліджуваних зразків заварного тіста встановлено, що додавання порошку керобу типів Dry і Light формують найбільш стабільну мікроструктуру, що казує на високу водозв'язувальну здатність і хорошу інтеграцію з білково-крохмальною матрицею. Зразки із додаванням типів Medium та Dark характеризуються великою кількістю темних включень і не рівномірною структурою, що відповідає підвищенню гідрофобних властивостей порошку внаслідок його обсмажування.

Найвищі значення в'язкості спостерігаються у зразку з додаванням порошку Light, що свідчить про високу гідрофільність частинок та їх здатність формувати щільну, стабільну структуру тіста, що є важливим для забезпечення стійкості форми виробів у процесі термічної обробки.

Повний спектр критеріїв ідентифікації заварних напівфабрикатів з додаванням порошку керобу, включає такі критерії як: масова частка вологи, оптична густина, водопоглинальна здатність, мікроструктура, ефективна в'язкість, пористість, форма, поверхня, колір, смак і запах, вигляд у розрізі.

Ключові слова: заварне тісто, заварні напівфабрикати, порошок керобу, критерії ідентифікації, структурно-механічні властивості.

Bozhko A. Yu.,

*anastasiabozhko.26@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5267-2023,
Postgraduate Student at the Department of Food Expertise,
National University of Food Technology, Kyiv*

Usatiuk S. I.,

*esmeraldo@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-7554-0827,
PhD, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Food Expertise,
National University of Food Technology, Kyiv*

DETERMINATION OF IDENTIFICATION CRITERIA OF CUSTARD SEMI-FINISHED PRODUCTS WITH THE ADDITION OF CAROB POWDER BY STRUCTURAL AND MECHANICAL PROPERTIES

Abstract. *Expanding the range of flour confectionery products using carob powder is currently a relevant topic for the food industry, which is associated with a large number of useful elements contained in the powder (vitamins, amino acids, polyphenols, minerals, fiber).*

The purpose of the study is to determine the criteria for identification custard semi-finished products with the addition of carob powder by structural and mechanical properties.

Previously, we defined criteria for identification custard semi-finished products based on organoleptic and physico-chemical indicators, therefore, it is proposed to expand the range of identification criteria for a comprehensive assessment of custard semi-finished products by adding such criteria as: "dough microstructure", "dough viscosity", "semi-finished product porosity".

The type of carob powder, depending on the degree of roasting, has a different effect on the structural and mechanical properties of the custard dough. According to the results of the study of the microstructure of the studied custard dough samples, it was found that the addition of carob powder of the Dry and Light types forms the most stable microstructure, which indicates a high water-binding capacity and good integration with the protein-starch matrix. Samples with the addition of the Medium and Dark types are characterized by a large number of dark inclusions and an uneven structure, which corresponds to the increase in the hydrophobic properties of the powder due to its roasting.

The highest viscosity values are observed in the sample with the addition of Light powder, which indicates the high hydrophilicity of the particles and their ability to form a dense, stable dough structure, which is important for ensuring the stability of the shape of the products during heat treatment.

The full range of criteria for identification custard semi-finished products with the addition of carob powder includes such criteria as: mass fraction of moisture, optical density, water absorption capacity, microstructure, effective viscosity, porosity, shape, surface, color, taste and smell, and cross-sectional appearance.

Key words: custard dough, custard semi-finished products, carob powder, identification criteria, structural and mechanical properties.

JEL Classification: L 66, O 14, I 12

DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2025-44-07>

Постановка проблеми. Критерії ідентифікації харчових продуктів мають ґрунтуватися на об'єктивних показниках і не залежати від суб'єктивних факторів, пов'язаних із особистістю експерта, рівнем його професійної підготовки чи можливим урахуванням інтересів оператора ринку, а також від умов проведення досліджень. Однією з ключових вимог до таких критеріїв є можливість їх перевірки, що передбачає отримання однакових чи близьких результатів під час повторних досліджень незалежно від суб'єктів, методів і умов ідентифікації, у межах допустимої похибки.

Важливим показником надійності ідентифікації є також складність фальсифікації об'єкта за обраними критеріями, оскільки використання характеристик, підробка яких є недоцільною або економічно невиправданою, підвищує імовірність достовірного розпізнавання.

З огляду на те, що органолептичні показники не завжди відповідають вимогам об'єктивності та відтворюваності, доцільним є застосування комплексу взаємодоповнюючих критеріїв, додавши фізико-хімічні показники. У результаті ідентифікація продукції повинна здійснюватися як комплексна оцінка, в якій пріоритет надається

типовим показникам і критеріям, що ускладнюють можливість фальсифікації.

Раніше було визначено критерії ідентифікації заварних напівфабрикатів за органолептичними [1] та фізико-хімічними показниками, тому наступним етапом передбачено дослідження структурно-механічних властивостей у якості критеріїв ідентифікації заварних напівфабрикатів з додавання порошку керобу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Приготування тіста – це найважливіший процес в технології виробництва заварних тістечок, який впливає на фізіологічну цінність, реологічні, структурно-механічні та фізико-хімічні властивості готових виробів.

Науковці [2] досліджували вплив жирового компоненту заварного тіста на його структурно-механічні властивості, замінюючи вершкове масло на олію соняшникову високоолеїнового типу, оптимальна концентрація якої у рецептурі складала 32 %. За даної концентрації питомий об'єм випеченого напівфабрикату становить 7,3 см³/г (контроль – 4,5 см³/г); формостійкість – 1 у.о. (контроль – 0,85 см³/г); упікання – 39 % (контроль – 41 %), що вказує на доцільність виробництва заварних тістечок збалансованих за складом, харчовою та біологічною цінністю.

Для розроблення заварних напівфабрикатів оздоровчого призначення використовують порошок водорості зостери і селенопірану у кількості 0,5...1,0 % від маси борошна при приготуванні заварного тіста, що незначно впливає на органолептичні показники заварного напівфабрикату та водночас суттєво покращує його вітамінний та мінеральний склад. При збільшенні концентрації порошку понад 1,5 % від маси борошна погіршується органолептичні властивості заварних напівфабрикатів, які набувають зеленувато-бурого кольору [3].

Науковці [4] при розробленні безглютенового та безлактозного еклеру використовували для заварного тіста кокосове молоко, мигдальне борошно, безлактозне масло, крохмаль та стевію. Органолептичні показники та мікроструктура інноваційного зразка схожі до контрольного.

Для покращення текстури заварних напівфабрикатів, підвищення їхньої вологості, а також подовження терміну зберігання за рахунок стабілізації вологості та перешкоджання утворенню кристалів цукру використовують із таких інноваційних інгредієнтів як тримолін – натуральний інвертний сироп. Встановлено, що використання тримоліну і борошна Манітоба у поєднанні з 2,5 %-им

молоком у рецептурі тіста для еклерів дозволяє суттєво покращити якість виробів, а саме: пластичність тіста, знизити втрати вологи та забезпечити однорідність текстури. Мікроструктурними дослідженнями встановлено стабільну поліфазну систему полідисперсоїду тіста, що складається з емульсії, суспензії, частково піни, присутність оклейстеризованої крохмальної дисперсії. Використання борошна «Манітоба» забезпечило значне покращення технологічних характеристик тіста: вміст клейковини зріс до 33 % (контроль – 24 %), пружність досягла 72 одиниць, що сприяє утворенню стабільної його структури, однорідність структури, що забезпечує рівномірне випікання та збереження якості готового продукту [5].

При збагаченні заварних напівфабрикатів сухим риборослинним напівфабрикатом з гідролізованих рибних голів із пшеничними висівками та клітковиною насіння льону (НРВГЛ) у кількості до 20 % від маси борошна пшеничного, відбувається зміцнення та додаткова стабілізація заварного тіста. Після випікання отримують тонкостінний напівфабрикат з добре сформованою порожниною. Проте додавання НРВГЛ надає заварним напівфабрикатам сіруваного відтінку, який доводиться маскувати використанням морквяного пюре у кількості 10 % до маси меланжу, для надання їм насиченого жовтого кольору та оптимального смаку [6].

Постановка завдання. Метою дослідження є визначення критеріїв ідентифікації заварних напівфабрикатів з додаванням порошку керобу за структурно-механічними властивостями.

Відповідно до мети досліджень поставлено наступні завдання:

– дослідити вплив порошку керобу різного ступеня обсмажування на мікроструктуру та в'язкість заварного тіста;

– дослідити вплив порошку керобу різного ступеня обсмажування на об'єм та пористість випечених заварних напівфабрикатів;

– визначити критерії ідентифікації заварних напівфабрикатів з додаванням порошку керобу.

Заварні напівфабрикати готували традиційним способом, а порошок керобу та какао-порошок додавали разом з борошном на етапі заварювання тіста. Для проведення досліджень використовували порошок керобу різних типів: необсмажений (Dry) та залежно від ступеня обсмажування світлий (Light), медіум (Medium), темний (Dark), країни походження Іспанія, отриманого відповідно до вимог ТУ У 10.6-2949619066-001:2019 «Борошно із стручків ріжкового дерева. Технічні умови».

Виклад основного матеріалу дослідження. Важливим етапом у технології виробництва заварних тістечок є приготування заварного тіста, тому враховуючи подібність властивостей какао-порошку та порошку керобу [7], запропоновано розширити спектр критеріїв ідентифікації, для комплексного оцінювання заварних напівфабрикатів, додавши такі як: «мікроструктура тіста», «в'язкість тіста», «пористість напівфабрикатів».

В утворенні заварного тіста беруть участь здатні до набухання біополімери борошна: білки, крохмаль, пентозани, а також оболонкові частинки. У процесі перемішування компонентів тіста відбуваються складні фізико-хімічні, колоїдні, біохімічні перетворення складових борошна під дією води, що поглинається ними, і ферментних систем. На початку змішування компонентів тіста з водою відбуваються такі процеси, як змочування частинок борошна, сорбція й агломерація. При подальшому змішуванні їх відбувається гідратація, набухання й пептизація високомолекулярних органічних сполук борошна.

Мікроструктуру заварного тіста досліджували за допомогою мікроскопа, результати наведено на рис. 1.

Аналізуючи дані на рис. 1 бачимо, що для контрольного зразка характерний світлий та однорідний тон, чітко окреслені пори округлої форми, рівномірний розподіл, відсутні темні частинки або агломерати. Білково-крохмальна матриця рівномірною, пори – середнього розміру, хороша стабільність і рівномірна аерація при приготуванні.

Зразок із порошком керобу типу Dry має фон та пори подібні до контролю, частинки ледь помітні, отже порошок добре диспергований. Оскільки

необсмажений кероб має високий вміст гідрофільних полісахаридів, тому добре зв'язує воду та інтегрується в матрицю тіста без утворення порожнин. Структура зберігає однорідність, що має позитивний вплив на реологічні властивості (вищу в'язкість та стабільність).

Зразок із порошком керобу типу Light має дрібні включення (частинки порошку), пори рівномірні, дещо дрібніші за контроль, структура досить однорідна. Легкий ступінь обсмажування частково зменшує гідрофільність порошку, але загалом він добре взаємодіє з матрицею.

Зразок типу Medium має чітко виражені темні частинки, пори різного діаметра, що спричиняє неоднорідність структури. Під впливом обсмажування частинки порошку керобу стають більш гідрофобними, не змочуються та відштовхують воду, і тому гірше зв'язуються з білково-крохмальною матрицею і через це пористість тіста стає нерівномірною, що спричиняє часткове зниження структурної стабільності.

Зразок типу Dark характеризується рудувато-червоним фоном та значною кількістю темних мікрочастинок та агломератів. Пори у ньому менш впорядковані, значно варіабельні за розміром. Високий ступінь обсмажування керобу спричиняє інтенсивному утворенню меланоїдинів та підвищення гідрофобності під час заварювання тіста, тому частинки погано змочуються, утворюючи мікродфекти структури.

Зразок тіста з какао-порошком має темний, насичений фон, що зумовлено пігментами какао, та багато дрібних пор. Наявність великої кількості дрібних темних частинок сприяє утворенню «зернистої» структури тіста. Какао-порошок містить природні жири, і як результат у матриці тіста

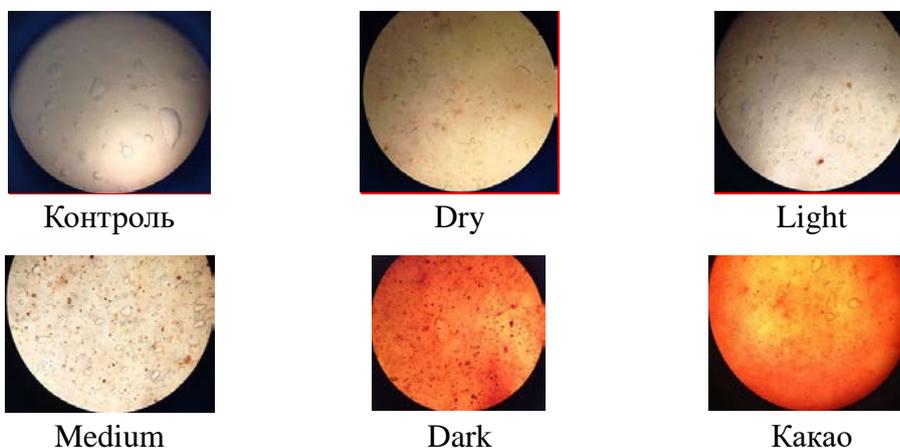


Рис. 1. Фото мікроскопічних досліджень структури заварного тіста (збільшення у 40 разів)

формується дрібнодисперсна жирowo-порошкова структура, що зменшує зв'язування білків.

Отже, зразки заварного тіста із додаванням порошку керобу типів Dry і Light мають найбільш однорідну та стабільну мікроструктуру, близьку до контрольної, що свідчить високу водозв'язувальну здатність і хорошу інтеграцію з білково-крохмальною матрицею. Зразки із додаванням порошку керобу типів Medium та Dark характеризуються більшою кількістю темних включень і менш рівномірною структурою, що відповідає підвищенню гідрофобних властивостей порошку внаслідок його обсмажування. Dark має найменш однорідну мікроструктуру серед зразків із порошком керобу, що впливає на текстуру й сприяє локальній нестійкості тіста. Отже, ступінь обсмажування керобу прямо впливає на мікроструктуру: чим темніший кероб, тим більше мікрогетерогенність, слабша інтеграція частинок, більш нерівномірна пористість.

Ступінь обсмажування какао-бобів або плодів керобу є одним із ключових технологічних параметрів, що визначає фізико-хімічні та функціональні властивості отриманих порошків. Термічна обробка зумовлює інтенсивні зміни хімічного складу, включаючи модифікацію вуглеводно-білкового комплексу, утворення продуктів Майяра, часткову карамелізацію цукрів, зниження вмісту вологи та зміни пористості частинок. Ці процеси безпосередньо впливають на гідратаційні властивості порошків, їхню здатність до зв'язування води та структуроутворення у тісті.

Для оцінки впливу ступеня обсмажування порошку на макро- та мікроструктурні характеристики тіста було проаналізовано зміни у структурній організації крохмальних зерен та білкової матриці у заварному тісті, виготовленому з порошком різного ступеня термічного оброблення.

Поступове підвищення інтенсивності обсмажування спричиняє такі мікроструктурні трансформації:

1) Light: частинки зберігають природну пористість та клітинну структуру, білки частково денатурують, а крохмальні компоненти лише незначно модифікуються, що забезпечує високу гідрофільність і набухання.

2) Medium: спостерігається ущільнення клітинних стінок, зростання частки нерозчинних продуктів Майяра, зменшення питомої поверхні та пористості. Частинки поглинають воду повільніше, але краще утримують її.

3) Dark: структура стає ламкою, більш склоподібною. Відбувається часткове розкладання полісахаридів, знижується гігроскопічність, формується більш темний пігментований шар. Частинки стають менш реактивними щодо води, що знижує їхню здатність до рівномірного вбудовування в тістову матрицю.

При додаванні порошків різного ступеня обсмажування у заварне тісто спостерігаються такі закономірності:

– Light інтенсивно зв'язує вологу, збільшує в'язкість тіста та сприяє формуванню стабільної клейстеризованої структури.

– Medium зменшує швидкість гідратації, але збільшує щільність полімерної сітки тіста.

– Dark знижує загальну гідрофільність системи, що може призводити до більш рихлої та неоднорідної структури.

Мікроскопічний аналіз заварного тіста показує у зразках із порошком:

– за легкого обсмажування крохмальні зерна рівномірно оточені білково-вуглеводною матрицею, а частинки порошку добре вбудовані у структуру;

– за середнього обсмажування частинки частіше утворюють локальні агломерати, що підсилює механічну міцність тіста;

– при сильному обсмажуванні спостерігається фрагментована, пористо-гранульована структура, з менш вираженими міжмолекулярними зв'язками.

Оптимальним для формування рівномірної й стабільної мікроструктури тіста є легкий або середній ступінь обсмажування, що забезпечує баланс між гідратацією, щільністю структури та органолептичними характеристиками. Надмірне обсмажування призводить до зниження водопоглинальної здатності порошку, порушення мікробудови та зменшення структурної цілісності тіста.

Отримані результати засвідчують можливість цілеспрямовано змінювати текстурні характеристики заварних виробів шляхом контролювання ступеня обсмажування рослинної сировини, яка використовується.

Наступним етапом дослідження було визначення оптимальної ефективної в'язкості заварного тіста, що має бути достатньо високою, щоб забезпечити еластичність тіста та утримувати форму напівфабрикату.

Для визначення ефективної в'язкості досліджуваних зразків використовували ротаційний віскозиметр Воларовича [8]. Результати досліджень в'язкості заварного тіста наведено в табл. 1, фізико-хімічні показники випечених напівфабрикатів досліджуваних зразків – табл. 2.

Дані наведені в табл. 1 свідчать про суттєві зміни реологічних характеристик заварного тіста залежно від типу використаної сировини.

Аналіз отриманих даних показав, що в'язкість заварного тіста характеризується чіткою тенденцією до зменшення зі зростанням ступеня обсмажування порошку керобу. Найвищі значення в'язкості спостерігаються у зразка з додаванням порошку Light, це свідчить про високу гідрофільність частинок Light-фракції та їх здатність формувати щільну, стабільну структуру тіста, що є важливим для забезпечення стійкості форми виробів у процесі термічної обробки.

Зразок із додаванням какао-порошку характеризується середнім рівнем в'язкості, що свідчить про оптимальне співвідношення між густиотою і пластичністю системи. Помірна гідрофільність частинок какао забезпечує формування однорідної структури та дозволяє отримувати вироби з прогнозованими текстурними властивостями.

Отже, встановлено, що ступінь обсмажування порошку керобу є визначальним фактором, що формує реологічні властивості заварного тіста.

Заварні тістечка відносяться до виробів, особливою властивістю яких є наявність великих пористості

редині виробу, що вказує на доцільність визначення показника пористості даних виробів. Пористість є важливим показником, оскільки характеризує їх структуру, об'єм та впливає на засвоюваність виробу. Пористість відображає об'єм пор, що знаходиться в певному об'ємі м'якушки, виражений у відсотках до всього об'єму.

Визначення пористості проводили методом цифрового оброблення зображення за допомогою комп'ютерної програми «ImageJ», сутність якого полягає в аналізі зображення зрізу виробу шляхом сканування з подальшим підрахунком темних областей.

Зображення зрізу заварного напівфабрикату отримували шляхом фотографування, а отримані фотографії вводили у програму «ImageJ». Програма автоматично обробляла отримані зображення: корегування з форматуванням фотографії у відтінки сірого з наступним поділом областей на темні (пори) і світлі (маса непористого матеріалу), та підраховувала площі темних областей (кіл) [9]. Зображення пористості досліджуваних зразків заварних напівфабрикатів наведено на рис. 2.

Таблиця 1

В'язкість заварного тіста досліджуваних зразків

Зразок	Маса навантаження, кг					Характеристика в'язкості
	0,222	0,262	0,322	0,362	0,422	
	Ефективна в'язкість Па*с					
Light	7,66	6,51	3,56	2,92	2,69	Висока в'язкість для отримання стабільної структури
Контроль	6,95	3,9	2,7	2,6	2,04	
Какао	3,92	3,62	3,53	3,35	2,86	Середня в'язкість для отримання оптимальної структури
Medium	1,17	1,09	1,06	1,00	0,94	
Dark	0,71	0,63	0,62	0,61	0,60	Низька в'язкість, яка може призвести до нестабільної структури
Dry	0,34	0,33	0,29	0,29	0,28	

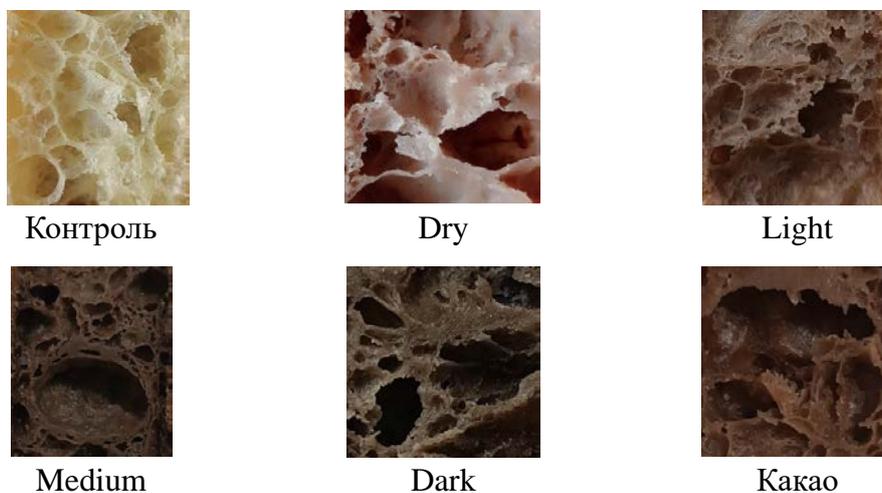


Рис. 2. Цифрове зображення пористості заварних напівфабрикатів

Фізико-хімічні показники випечених заварних напівфабрикатів ($n=5, P \leq 0,05$)

Показник	Контроль	Dry	Light	Medium	Dark	Какао
Вологість напівфабрикатів, %	26,6	25,3	24,5	25,7	23,6	21,3
Упікання, %	36,6	32,3	34,95	32,4	34,1	35,9
Загальний об'єм, см ³	217,5	209,2	214,1	215,3	216,9	204,7
Об'єм порожнини, см ³	114,3	108,5	112,1	109,1	115,5	104,9
Питомий об'єм, см ³ /г	5,4	4,61	4,86	4,76	4,7	5,28
Пористість, %	83,3	90,5	90,8	89,3	77,0	85,0

Загальний об'єм випечених напівфабрикатів дещо відрізняється, але зберігається на рівні, близькому до контрольного, що свідчить про збереження здатності тіста до формування структури. Зменшення питомого об'єму напівфабрикатів з порошком керобу вказує на ущільнення структури тіста [10].

Аналізуючи отримані результати, можна зазначити, що використання порошку керобу типів Dry та Light для виробництва заварних напівфабрикатів сприяє покращенню пористості виробів у порівнянні з контрольним зразком. У зразках з використанням порошку керобу типів Medium та Dark пористість знижується через утворення «ущільнення» тіста всередині напівфабрикатів.

Підсумовуючи результати проведених досліджень, можемо зазначити критерії ідентифікації для заварних напівфабрикатів з додаванням порошку керобу (табл. 3).

Таблиця 3

Критерії ідентифікації заварних напівфабрикатів з додаванням порошку керобу

Критерій ідентифікації	Метод ідентифікації
Масова частка вологи, %	Лабораторний
Оптична густина	Спектрофотометричний
Водопоглинальна здатність, %	Лабораторний
Мікроструктура	Мікроскопіювання
Ефективна в'язкість Па*с	Лабораторний
Пористість, %	Цифрове обчислення
Форма	Органолептичний
Поверхня	Органолептичний
Колір	Органолептичний
Смак і запах	Органолептичний
Вигляд у розрізі	Органолептичний

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Визначення науково обґрунтованих критеріїв ідентифікації є важливим інструментом для попередження фальсифікації. Використання комплексу типових, специфіч-

них і складних для підробки показників підвищує надійність ідентифікації, сприяє захисту прав споживачів і операторів ринку, а також забезпечує контроль якості та безпечності харчової продукції відповідно до нормативної документації.

У результаті досліджень визначено критерії ідентифікації заварних напівфабрикатів з додаванням порошку керобу, а саме: мікроструктура та ефективна в'язкість тіста, пористість напівфабрикатів.

Встановлено, що використання порошку керобу для виробництва заварних напівфабрикатів сприяє покращенню структурно-механічних властивостей тіста і випечених напівфабрикатів, які додатково характеризуються покращеною харчовою та біологічною цінністю.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Божко А.Ю., Усатюк С.І. Визначення критеріїв ідентифікації для оцінювання органолептичних показників заварних напівфабрикатів з додаванням порошку керобу. Вісник ЛТЕУ. Технічні науки. 2025, (42). С. 35-42. DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2025-42-05>
2. Пивоваров П.П., Федак Н.В., Діхтярь А.М. Дослідження впливу олії соняшникової високоолеїнового типу на структурно-механічні властивості заварного тіста та випечених з нього напівфабрикатів. *Зернові продукти і комбікорми*, Vol.63, І.3. 2016. С. 6-10.
3. Клеба М.В., Свідло К.В. Технологія заварного тіста оздоровчого призначення. *Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: наукові пошуки молоді*: Всеукраїнська науково-практична конференція здобувачів вищої освіти і молодих учених, 8 квітня 2020 р. Харків : ХДУХТ, 2020. Ч. 1. С. 34-35.
4. Захаров В. В., Якубець М. В., Ястреба С. П. Наукове обґрунтування та розроблення технології безглютенного еклеру із стевією для закладів ресторанного господарства. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*. 2025, 2(4), С. 46-54. DOI: <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2025.4.2.5>

5. Ключников В. Ю., Неміріч О. В., Кузьмін О. В., Наконечна А. С., Мамченко Л. Є., Мурзін А. В. Інноваційна технологія заварних тістечок для закладів ресторанного господарства. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, 2025, (1), 352-361. DOI: <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2025.1.36>

6. Федорова Діна, Зикова Єлизавета. Заварні напівфабрикати з наповнювачами: технологія та якість. *Товари і ринки*. 2021. № 3. С. 126-137.

7. Usatiuk S., Bozhko A. Prospects of the use of non-traditional vegetable raw materials in the production of confectionery products. *Food science and technology*. 2023. Vol. 17, Issue 2. P. 57-67. DOI: <https://doi.org/10.15673/fst.v17i2.2600>

8. Anastasiia Bozhko, Svitlana Usatiuk. Research on the influence of carob powder on the structural and mechanical properties of curd dough. Scientific strategies in the context of global challenges: Proceedings of the II International Scientific-Practical Conference, on April 16, 2025. Warsaw, Poland. P. 185-186.

9. Дудкіна О. О., Тернавська І. М., Іщенко Т. І., Неміріч О. В., Гавриш А. В. Пористість фонданів спеціального призначення. Інноваційні технології в готельно-ресторанному бізнесі: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, 22-23 березня 2017 р. Київ, НУХТ, 2017 р. С.28-30.

10. Bozhko A., Usatiuk S. Research on the influence of carob powder on the porosity of baked semi-finished products. *Modern Science: Research, Economy and Innovation: Collection of Scientific Papers "International Scientific Unity" with Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference*. April 30 – May 2, 2025. Zagreb, Croatia. P. 281-283.

REFERENCES:

1. Bozhko A. Yu., Usatiuk S. I. Vyznachennia kryteriiv identyfikatsii dlia otsiniuvannia orhanoleptychnykh pokaznykiv zavarnykh napivfabrykativ z dodavanniam poroshku kerobu. *Visnyk LTEU. Tekhnichni nauky*. 2025, (42). S. 35-42. DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2025-42-05>

2. Pyvovarov P.P., Fedak N.V. Doslidzhennia vplyvu olii soniashnykovoї vysokooleinovoї typu na strukturno-mekhanichni vlastyvoosti zavarnoho tista ta vypechenykh z noho napivfabrykativ. *Zernovi produkty i kombikormy*. 2016. Vol.63, I.3. P.6-10.

3. Kleba M.V., Svidlo K.V. Tekhnolohiia zavarnoho tista ozdorovchoho pryznachennia. Innovatsiini tekhnolohii rozvytku u sferi kharchovykh vyrobnytstv, hotelno-restorannoho biznesu, ekonomiky ta pidpriemnytstva: naukovi poshuky molodi:

Vseukrainska naukovo-praktychna konferentsiia zdobuvachiv vyshchoi osvity i molodykh uchenykh, 8 kvitnia 2020 r. Kharkiv : KhDUKht, 2020. Ch. 1. S. 34-35.

4. Zakharov V. V., Yakubets M. V., Yastreba S. P. Naukove obhruntuvannia ta rozroblennia tekhnolohii bezghliutenovoho ekleru iz steviieiu dlia zakladiv restorannoho gospodarstva. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriia: Tekhnichni nauky*. 2025, 2(4), S. 46-54. DOI: <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2025.4.2.5>

5. Kliuchnykov V. Yu., Niemirich O. V., Kuzmin O. V., Nakonechna A. S., Mamchenko L. Ye., Murzin A. V. Innovatsiina tekhnolohiia zavarnykh tistechok dlia zakladiv restorannoho gospodarstva. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriia: Tekhnichni nauky*, 2025, (1), 352-361. DOI: <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2025.1.36>

6. Fedorova Dina, Zykova Yelyzaveta. (2021). Zavarni napivfabrykaty z napovniuvachamy: tekhnolohiia ta yakist. *Tovary i rynky*. № 3. S. 126-137.

7. Usatiuk S., Bozhko A. Prospects of the use of non-traditional vegetable raw materials in the production of confectionery products. *Food science and technology*. 2023. Vol. 17, Issue 2. P. 57-67. DOI: <https://doi.org/10.15673/fst.v17i2.2600>

8. Anastasiia Bozhko, Svitlana Usatiuk. Research on the influence of carob powder on the structural and mechanical properties of curd dough. Scientific strategies in the context of global challenges: Proceedings of the II International Scientific-Practical Conference, on April 16, 2025. Warsaw, Poland. P. 185-186.

9. Dudkina O. O., Ternavska I. M., Ishchenko T. I., Niemirich O. V., Havrysh A. V. Porystist fondaniv spetsialnoho pryznachennia. Innovatsiini tekhnolohii v hotelno-restorannomu biznesi: materialy vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii, 22-23 bereznia 2017 r. Kyiv, NUKhT, 2017 r. S.28-30.

10. Bozhko A., Usatiuk S. Research on the influence of carob powder on the porosity of baked semi-finished products. *Modern Science: Research, Economy and Innovation: Collection of Scientific Papers "International Scientific Unity" with Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference*. April 30 – May 2, 2025. Zagreb, Croatia. P. 281-283.

Дата першого надходження статті до видання: 25.11.2025

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 15.12.2025

Дата публікації (оприлюднення) статті: 31.12.2025

УДК 663/664.0:335

Маслійчук О. Б.,

maslijchukolia@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-2045-9284,

*к.т.н., доцент кафедри готельно-ресторанної справи та харчових технологій,
Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів*

Сімахіна Г. О.,

galinasimahina@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7836-3114,

*д.т.н., професор, завідувач кафедри технології оздоровчих продуктів,
Національний університет харчових технологій, м. Київ*

ВИЗНАЧЕННЯ БЕЗПЕЧНОСТІ УДОСКОНАЛЕНИХ КАБАНОСІВ В УМОВАХ IN VIVO

Анотація. Безпечне та оздоровче харчування, за висновками фахівців з фармаконутріціології, в сучасних військових умовах є запорукою відновлення й підтримання на належному рівні здоров'я кожного бійця та є гарантом збереження генофонду нації. Дотримання встановлених норм нутрієнтної цінності та належного рівня гідратації є базовою умовою підтримки боєздатності та когнітивних функцій військовослужбовців. Додавання кабаносів до сухпайків для військових може суттєво покращити харчову цінність раціону та задовольнити смакові потреби Захисників.

Розроблено оздоровчий продукт для харчування військовослужбовців в екстремальних умовах. Удосконалено рецептуру м'ясних кабаносів із додаванням 10% неактивних білкових дріжджів та проведено апробацію. Визначено харчову цінність сухих неактивних дріжджів, та встановлено, що вони містять 55% – білка, 1.4% – жиру, 8.2% – вуглеводів, 11% – клітковини, а також вітаміни В, залізо, цинк та магній, амінокислоти та глутатіону міститься 2.5 – 3.5%, який блокує негативний вплив токсичних речовин на клітини головного мозку і печінки, підвищує витривалість організму, зміцнює імунітет, запобігає депресії і покращує роботу головного мозку, знижуючи ризик розвитку захворювань нервової системи.

На білих мишах було проведено вивчення токсичності кабаносів згідно «Методики визначення токсичності шротів, жмхивів і кормових дріжджів», який базується на екстракції токсичних речовин з кормів та круп; токсини, за умов внутрішньо-шлункового введення, викликають геморагічне запалення шлунково-кишкового тракту, або загибель мишей.

При вивченні токсичності кабаносів загибелі білих мишей протягом трьох діб не спостерігали. У приспаних ефіром тварин на патологоанатомічному розтині не виявлено жодних патологічних змін, як в дослідних, так і в контрольній групі, тому проби кабаносів можна віднести до не токсичних речовин.

Ключові слова: токсичність, кабаноси, in vivo, харчування військовослужбовців.

Masliichuk O. B.,

maslijchukolia@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-2045-9284,

Associate Professor at the Department of Hotel and Restaurant Business and Food Technologies, Ivan Franko National University of Lviv, Lviv

Simakhina G. O.,

galinasimahina@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7836-3114,

*Professor, Head of the Department of Health Products Technology,
National University of Food Technologies, Kyiv*

DETERMINATION OF THE SAFETY OF IMPROVED CABANOS IN VIVO

Abstract. According to experts in pharmac nutrition, safe and healthy nutrition in modern military conditions is the key to restoring and maintaining the health of every soldier and guarantees the preservation of the nation's gene pool. Compliance with established standards for nutritional value and adequate hydration is a basic requirement for maintaining the combat readiness and cognitive functions of military personnel.

Adding cabanos to military rations can significantly improve the nutritional value of the diet and satisfy the taste preferences of defenders.

A health-promoting product has been developed for feeding military personnel in extreme conditions. The recipe for meat cabanos was improved by adding 10% inactive protein yeast, and testing was carried out.

The nutritional value of dry inactive yeast has been determined, and it was found that they contain 55% protein, 1.4% fat, 8.2% carbohydrates, 11% fiber, as well as B vitamins, iron, zinc, and magnesium, amino acids, and 2.5–3.5% glutathione, which blocks the negative effects of toxic substances on brain and liver cells, increases the body's endurance, strengthens the immune system, prevents depression, and improves brain function, reducing the risk of developing diseases of the nervous system.

The toxicity of cabanos was studied in white mice in accordance with the "Methodology for determining the toxicity of meal, oilcake, and feed yeast", based on the extraction of toxic substances from feed and cereals; toxins, when administered intragastrically, cause hemorrhagic inflammation of the gastrointestinal tract or death in mice.

When studying the toxicity of cabanos, no deaths of white mice were observed within three days. No pathological changes were found in animals anesthetized with ether during autopsy, both in the experimental and control groups, therefore, cabanos samples can be classified as non-toxic substances.

Key words: toxicity, cabanos, in vivo, nutrition of military personnel.

JEL Classification: L 66

DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2025-44-08>

Постановка проблеми. Забезпечення військовослужбовців якісним і доступним харчуванням є критичною потребою. Таке харчування повинно не тільки покривати енергетичні витрати, але й сприяти нормалізації життєдіяльності організму [1]. На думку фахівців з фармаконутріціології, саме відповідний раціон у сучасних військових умовах є ключовою умовою для відновлення та підтримання здоров'я бійців, а також для збереження генофонду нації [2–4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Боездатність Збройних Сил України та успішність виконання ними завдань значною мірою залежать від фізичної та психоемоційної витривалості, працездатності та концентрації уваги бійців. Функціональні резерви організму, які визначають ці якості, залежать від якості харчування.

В умовах поточної агресії проти України існує гостра потреба в забезпеченні військовослужбовців безпечним та якісним раціоном [1, 3, 6].

Оптимізація харчування військовослужбовців Збройних Сил України відбувається завдяки впровадженню інноваційних технологій та різноманітності раціонів пайків. Використання технологічних рішень, таких як реторт-пакети та безполуменеві нагрівачі, є значним кроком вперед у забезпеченні зручності та якості харчування в польових умовах. Відповідна якість, безпечність та кількість їжі, у поєднанні з адекватною гідратацією, є необхідними умовами для підтримки оптимального рівня фізичної здатності та

розумової працездатності військовослужбовців [1, 5, 7].

Постановка завдання. Метою роботи є дослідження безпечності вдосконаленого м'ясного продукту (ковбасок-кабаносів) в умовах in vivo.

Це проводилося для потенційного розширення асортименту сухих пайків, призначених для військовослужбовців. Особлива увага приділялася придатності цього продукту для споживання в екстремальних умовах несення служби.

Метод визначення безпечності в умовах in vivo. Безпечність ковбасок досліджувалася на білих лабораторних мишах. Метод базується на екстракції токсичних речовин із кормів та круп; токсини, за умов внутрішньо-шлункового введення, викликають геморагічне запалення шлунково-кишкового тракту або загибель мишей. Згідно з даною методикою, наважку сировини (ковбасок) масою 100 г засипали в колбу з притертим корком, заливали оцетом (300 мл) та екстрагували при струшуванні на шутель-апараті 3 години. Екстракт фільтрували через паперові фільтри в чашку для випарювання і додавали до нього 2,5 мл соняшникової олії. Випаровували оцетон на водяній бані при температурі 50 С під витяжною шафою до зникнення запаху ацетону.

Метод визначення безпечності ковбасок. Визначення безпечності проводили методом згодовування ковбасок білим мишам масою 20–23 г. Ковбаски вводили в добовий раціон, кількісно замінюючи ними корм у складі раціону. Згодовування проводили 10 днів поспіль. Мишей перед

дослідом витримували 5 годин без корму (воду не обмежували). Для досліду взяли 20 тварин (10 дослідних і 10 контрольних), за якими вели щоденні клінічні спостереження.

Показниками токсичності є: втрата живої маси, розлади шлунково-кишкового тракту і центральної нервової системи (пригнічення чи збудження, порушення координації рухів, судоми, параліч). Якщо після згодовування за 10 днів загибель піддослідних тварин не настає, то їх забивають і проводять патологоанатомічні дослідження. При отруєнні виявляють наявність катарального запалення шлунково-кишкового тракту, крововиливи, а також дегенеративні зміни паренхіматозних органів.

Гематологічні дослідження. Морфофункціональний стан організму дослідних тварин встановлювали за морфологічними та біохімічними показниками крові, які визначали згідно із загальноприйнятими методиками. Для морфологічних досліджень використовували кров стабілізовану ЕДТА (етиленадіамінтетраацетатна кислота), а для біохімічних досліджень – сироватку крові (СК). У стабілізованій крові визначали: вміст гемоглобіну, число еритроцитів, лейкоцитів, гематокрит, лейкоформулу, індекси червоної крові (МСV, МСН, МСНС) за допомогою автоматичного гематологічного аналізатора Mythic 18-Vet. У сироватці крові визначали: загальний білок, вміст креатиніну, сечовини, глюкози, активність ферментів АсАТ (аспартатамінотрансферази), АлАТ (аланінамінотрансферази), ЛФ (лужної фосфатази) та альфа-амілази за допомогою напівавтоматичного біохімічного аналізатора (HumaLyzer 3000) з використанням тест-наборів фірми Human. Загальний вміст білка в сироватці крові визначали за допомогою рефрактометра ІРФ-22. Коефіцієнт маси внутрішніх органів визначали за формулою: маса органу/ маса тіла тварини $\times 1000$. Статистична обробка отриманих даних проводилася з використанням MS Excel. Дані наводили як середнє значення \pm похибка середнього значення ($M \pm m$). Аналіз вірогідності результатів експерименту проводився з використанням однофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA). Різницю між показниками вважали статистично вірогідною при значенні $p < 0,05$ [9, 10].

Виклад основного матеріалу дослідження. Загальноприйняті стандарти вимагають проведення тривалих (хронічних) випробувань нешкідливості продукту в умовах біологічного експерименту Для виконання цих наукових завдань

дослідники провели експерименти, використовуючи лабораторних білих мишей як модель. Це дозволило оцінити потенційний вплив продукту на живий організм згідно з встановленими положеннями.

Нами розроблено рецептуру дегідратованих м'ясних ковбасок із заміною 10% м'яса яловичини на білкові неактивні дріжджі. Складено технологічну схему виробництва та проведено волонтерську апробацію. Стабілізація кольору продукту досягнена додаванням порошку виноградних шкірок, шовковиці, соку червоного буряка та нітритної солі (0,6%) компанії Pro-Fiber.

Як альтернативу збагачення білком нами було обрано неактивні білкові дріжджі ExtraCell GSH-НС ПрАТ «Компанія Ензим» Україна. Продукт порошкоподібний, від світло-бежевого до жовтого кольору, має пікантний смак з горіховими нотками. Не містить глютену. Нами визначено харчову цінність в 100 г: калорійність – 287 кКал, білка – 55%, жиру – 1.4%, вуглеводи – 8.2%, клітковина – 11%, глутатіон – 2.5 – 3.5%. Вологість 8%.

Продукт збагачений комплексом вітамінів та мікроелементів, які підтримують ключові функції організму. Він містить вітаміни групи В, залізо, цинк та магній, а також амінокислоти, що сприяють зміцненню імунної системи та нормалізації роботи шлунково-кишкового тракту. Ключовим компонентом є глутатіон, який блокує токсичний вплив речовин на клітини мозку та печінки; підвищує загальну витривалість організму; зміцнює імунітет та допомагає запобігати депресивним станам; покращує роботу головного мозку, знижуючи ризик розвитку захворювань нервової системи [8].

На білих мишах було проведено вивчення токсичності кабаносів згідно «Методики визначення токсичності шротів, жмихів і кормових дріжджів» [9,10]. Для досліду використали по 5 білих мишей масою 19-21 г, яких тримали на голодній дієті 5 годин і яким за допомогою зонда вводили одноразово через рот в шлунок 0,5 мл екстракту. Контрольній групі білих мишей (5 голів) вводили олію, яка використовувалась для розведення екстракту. Через 3 доби спостереження, білих мишей присипали (ефіром) і проводили патологоанатомічний розтин.

Токсичність оцінювали за такими критеріями: кабаноси не токсичні – миші живі, на розтині у забитих тварин патологоанатомічних змін не виявлено; кабаноси слаботоксичні – миші живі, на розтині у вбитих тварин виявляють

геморагічне запалення шлунково-кишкового тракту, частіше вогнищеве; кабаноси токсичні – гинуть всі, або хоч одна біла миша і на розтині загинувших і приспаних ефірним наркозом тварин спостерігають геморагічне запалення шлунково-кишкового тракту, яке в більшості випадків супроводжується дегенерацією печінки, нирок або крововиливами в паренхіматозні органи.

У тварин, яким вводили витяжку з кабаносів, не виявили жодних видимих патологічних змін у внутрішніх органах під час розтину. Протягом усього дослідження поведінка мишей в обох групах (дослідній та контрольній) залишалася незмінною. Усі тварини були активними, мали збережений апетит і не проявляли ознак агресії чи порушень координації рухів. Рівень виживання (збереженості) тварин у всіх групах склав 100%.

У лабораторних мишей усіх дослідних груп шерсть була гладка, блискуча, без забруднень. Видимі слизові оболонки та природні отвори не мали пошкоджень.

Під час патологоанатомічного огляду було встановлено, що розташування внутрішніх органів відповідає анатомічній нормі. Печінка мала темно-червоний колір, гострі краї та характерну структуру на розрізі. Селезінка була темно-вишневого кольору, однорідна, з гострими краями та збереженою структурою. Нирки були бобоподібної форми, пружної консистенції, не збільшені, з чіткою межею між кірковою та мозковою зонами. Легені мали пухку консистенцію, блідо-рожевий колір і не мали видимих макроскопічних змін. Серце було конусоподібної форми з пружним темно-червоним міокардом. Підшлункова залоза була блідо-рожевою, часточкової будови, без видимих змін. Шлунково-кишковий тракт: шлунок був незначно заповнений, слизова оболонка без змін. Тонкий кишечник помірно заповнений однорідними масами, а вміст товстого кишечнику був пастоподібної консистенції. Слизова оболонка кишечників була блідо-рожева, гладенька та волога, без нашарувань.

Після завершення 10-добового експерименту було проведено комплексний аналіз показників у дослідній групі тварин, яким згодовували кабаноси. Основним етапом було визначення морфологічних і біохімічних показників крові, а також вагових коефіцієнтів внутрішніх органів мишей. Отримані дані порівнювали з результатами контрольної групи тварин, які отримували лише стандартний основний раціон.

Зміна маси тіла та внутрішніх органів є важливим індикатором, який відображає інтенсивність

обмінних процесів в організмі тварин, особливо у випадку інтоксикації. Цей показник використовується для оцінки впливу різних речовин на метаболізм.

Показовими є коефіцієнти маси внутрішніх органів. Так, у табл. 1 представлені коефіцієнти маси внутрішніх органів мишей контрольної та піддослідної груп.

У ході дослідження було встановлено, що маса тіла мишей дослідної групи мала тенденцію до збільшення, однак ця різниця не була статистично вірогідною. При аналізі коефіцієнтів маси внутрішніх органів було зафіксовано достовірне збільшення маси печінки. Також відмічалось достовірне зменшення маси легень у мишей після 10-добового згодовування кабаносів.

Таблиця 1
Коефіцієнт маси внутрішніх органів мишей за застосування кабаносів ($M \pm m$, $n=10$)

Показники	Контрольна група	Дослідна група
Печінка	43,9±1,68	51,5±2,14*
Легені	16,1±1,87	11,6±1,17*
Нирки	16,2±1,21	15,3±1,16
Селезінка	7,4±0,96	8,2±0,58
Серце	4,7±0,63	5,2±0,31
Маса тіла, г	21,1±0,86	22,8±0,76

Примітки: різниця статистично вірогідна порівняно до контролю: * – $p \leq 0,05$

Була зафіксована тенденція до збільшення коефіцієнтів селезінки та серця, а також до зменшення коефіцієнтів нирок, порівняно з контрольною групою. На нашу думку, ці зміни можна пояснити введенням до раціону мишей м'ясої сировини, яка є значно калорійнішою, ніж їхній звичайний корм.

При аналізі гематологічних показників мишей, які отримували кабаноси, нами не встановлено достовірної різниці порівняно з тваринами контрольної групи. Як видно з даних таблиці 2, у мишей, яким згодовували кабаноси, відмічалась тенденція до збільшення кількості гемоглобіну, еритроцитів, гематокриту і тромбоцитів та зменшення лейкоцитів.

Проведеними біохімічними дослідженнями на 10-ту добу експерименту у тварин дослідної групи відзначене достовірне підвищення вмісту загального білка, зафіксована тенденція до незначного підвищення активності трансаміназ, альфа-амілази та вмісту сечовини, що свідчило

про більш активний білковий обмін в організмі мишей, яким додатково з кормом згодовували кабаноси (табл. 3).

Таблиця 2

Гематологічні показники мишей за застосування кабаносів (M±m, n=5)

Показники	Контрольна група	Дослідна група
Гемоглобін, г/л	128,5±7,63	138,7±7,17
Еритроцити, Т/л	7,4±0,58	8,4±0,67
Гематокрит, %	36,3±2,13	38,7±2,18
Середній об'єм еритроцита (MCV), мкм ³	44,3±1,65	45,4±2,11
Середня маса гемоглобіну в еритроциті (MCH), пг	16,5±1,87	15,6±1,13
Середня концентрація гемоглобіну в еритроциті (MCHC), г/дл	35,3±1,18	36,2±1,19
Лейкоцити, Г/л	8,1±0,59	7,5±0,52
Тромбоцити, Г/л	724±114	802±124

Таблиця 3

Біохімічні показники мишей за застосування кабаносів (M±m, n=5)

Показники	Контрольна група	Дослідна група
Загальний білок, г/л	55,9±2,13	60,4±2,11*
АлАТ, Од/л	53,2±1,34	54,7±1,59
АсАТ, Од/л	231,2±5,24	250,8±7,85
ЛФ, Од/л	434,5±12,89	451,8±13,37
Альфа-амілаза, Од/л	1783±143,6	1892±106,7
Глюкоза, ммоль/л	5,09±0,79	5,14±0,42
Сечовина, ммоль/л	7,7±0,34	8,0±0,42
Креатинін, мкмоль/л	44,8±2,24	42,7±2,81

Примітки: різниця статистично вірогідна порівняно до контролю: * – $p \leq 0,05$

Згодовування білим мишам кабаносів впродовж 10-ти діб не спричиняло видимих ознак інтоксикації та загибелі тварин.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Результатами лабораторних досліджень доведена відсутність негативного впливу на морфологічні та біохімічні показники крові, а також макроскопічних змін у внутрішніх органах мишей дослідної групи, що підтверджує нетоксичність досліджуваних кабаносів. Отримані дані дозволяють вважати, що, завдяки розробці рецептури удосконалених кабаносів із заміною 10% м'яса яловичини на білкові неактивні дріж-

жі можна розширити асортимент продуктів для військовослужбовців, які перебувають у екстремальних умовах війни.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Харчування військовослужбовців : навчальний посібник / У.Б. Лотоцька-Дудик та ін. Львів-Вінниця: ТОВ «Твори». 2023. 76 с.

2. Лотоцька-Дудик У. Б., Крупка, Н. О., Чорна В. В. Сучасний стан та організація харчування військовослужбовців Збройних Сил України в умовах російської агресії проти України. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Медицина*. 2023. 1 (67). С. 89-94. <https://doi.org/10.32782/2415-8127.2023.67.16>

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*. 2024. (6). С. 120-131. <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.6.14>

4. Сімахіна Г. О., Науменко Н. В., Михайлова Р. В., Маслійчук О. Б. Концептуальні засади формування комбінованого харчового раціону для екстремальних умов життєдіяльності. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2024. 30 (3). С. 144-155. Вилучено <https://dspace.nuft.edu.ua/bitstreams/d8738736-1d77-4707-bebfcd3b43678554/download>

5. Kullen Ch., Mitchell L., O'Connor H., Gifford J. A, Beck K. L. Effectiveness of nutrition interventions on improving diet quality and nutrition knowledge in military populations: a systematic review. *Nutrition Reviews*. 2022. 80(6). P. 1664-1693.

6. Чорна В. В., Лотоцька-Дудик У. Б., Подоляк В. М., Томашевський А. В. Вимоги до новітніх індивідуальних раціонів харчування військовослужбовців ЗС України та країн НАТО. *Український журнал військової медицини*. 2023. 4(1). С. 83-93. DOI:10.46847/ujmm.2023.1(4)-083

7. Forsys-Donahue K. L., Brooks R. D., Beymer M. R. The association between nutrition and behavioural health in a US Army population. *Public health nutrition*. 2020. 23(17). 3059-66. DOI: 10.1017/S1368980020001238

8. Masliyuchuk O., Naumenko N., Mezhubovsky O., Simakhina G. Dietary supplements from button mushrooms for the diets of military personnel. *European Science*. 2024. 1(sge26-01). P. 140-148. <https://doi.org/10.30890/2709-2313.2024-26-00-028>

9. Токсикологічний контроль кормів та кормових добавок: Методичні рекомендації / М. В. Косенко, І. Я. Коцюмбас, В. О. Величко та ін. Львів: Тріада плюс, 1999. 118 с.

10. Доклінічні дослідження ветеринарних лікарських засобів / І. Я. Коцюмбас, О. Г. Малик, І. П. Патерега та ін.; За ред. І. Я. Коцюмбаса. Львів: Тріада плюс, 2006. 360 с.

REFERENCES:

1. Kharchuvannia viiskovosluzhbovtiv : navchalnyi posibnyk (2023). U.B. Lototska-Dudyk ta in., Lviv-Vinnytsia. 76 s.
2. Lototska-Dudyk U. B., Krupka N. O., Chorna V. V. (2023). Suchasnyi stan ta orhanizatsiia kharchuvannia viiskovosluzhbovtiv Zbroinykh Syl Ukrainy v umovakh rosiiskoi ahresii proty Ukrainy. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Seriia "Medytsyna"*. 1(67). 89-94 s.
3. Masliichuk O. B., Simakhina H. O., Naumenko N. V. (2024). Naukovi zasady rosoblennia produktiv z pidvyshchenym vmistom bilka v ratsioni kharchuvannia viiskovosluzhbovtiv. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriia: Tekhnichni nauky*. (6). 120-131 s.
4. Simakhina H. O., Naumenko N. V., Mykhailova R. V., Masliichuk, O. B. (2024). Kontseptualni zasady formuvannia kombinovanoho kharchovoho ratsionu dlia ekstremalnykh umov zhyttiediialnosti. *Naukovi pratsi Natsionalnoho universytetu kharchovykh tekhnolohii*. 30 (3). 144-155 s. <https://dspace.nuft.edu.ua/bitstreams/d8738736-1d77-4707-bebf-cd3b43678554/download>
5. Kullen Ch., Mitchell L., O'Connor H., Gifford J. A., Beck K. L. (2022). Effectiveness of nutrition interventions on improving diet quality and nutrition knowledge in military populations: a systematic review. *Nutrition Reviews*. 80(6). P. 1664-93.
6. Chorna V. V., Lototska-Dudyk U. B., Podoliak V. M., Tomashevskiy A. V. (2023). Vymohy do novitnykh individualnykh ratsioniv kharchuvannia viiskovosluzhbovtiv ZS Ukrainy ta krain NATO. *Ukrainskyi zhurnal viiskovoi medytsyny*. 4(1). 83- 93 DOI:10.46847/ujmm.2023.1(4)-083
7. Forys-Donahue K. L., Brooks R. D., Beymer M. R. (2020) The association between nutrition and behavioural health in a US Army population. *Public health nutrition*. 23(17). 3059-66. DOI: 10.1017/S1368980020001238
8. Masliychuk O., Naumenko N., Mezhubovsky O., Simakhina, G. (2024). Dietary supplements from button mushrooms for the diets of military personnel. *European Science*. 1(sge26-01), 140–148 s. <https://doi.org/10.30890/2709-2313.2024-26-00-028>
9. Toksykologichni kontrol kormiv ta kormovykh dobavok: Metodychni rekomendatsii (1999). M. V. Kosenko, I. Ya. Kotsiumbas, V. O. Velychko ta in. Lviv: Triada plus, 118 s.
10. Doklinichni doslidzhennia veterynarnykh likarskykh zasobiv (2006). I. Ya. Kotsiumbas, O. H. Malyk, I. P. Patereha ta in.; Za red. I. Ya. Kotsiumbasa. Lviv: Triada plus, 360 s.

Дата першого надходження статті до видання: 21.11.2025

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 12.12.2025

Дата публікації (оприлюднення) статті: 31.12.2025

УДК 330.567.224

Петлін І. В.,

petlinirina@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0198-588X,

*к.е.н., доц., доцент кафедри готельно-ресторанної справи та харчових технологій,
Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів*

НАССР ЯК ОСНОВА СИСТЕМИ МЕНЕДЖМЕНТУ БЕЗПЕКИ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Анотація. У статті розкрито сутність системи НАССР (Hazard Analysis and Critical Control Points) як ключового інструменту управління безпечністю харчових продуктів у сучасному ресторанному бізнесі. З урахуванням зростаючих вимог до якості та безпеки харчової продукції, а також глобалізації стандартів харчової безпеки, система НАССР виступає не лише як інструмент контролю, але як методологічна основа формування превентивної моделі управління ризиками на всіх етапах виробничого циклу – від приймання сировини до подавання страв кінцевому споживачеві.

Проаналізовано історичні передумови створення системи НАССР, її розвиток у міжнародному контексті, нормативно-правову базу впровадження в Україні відповідно до положень Закону України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів». Особливу увагу приділено практичному застосуванню системи у закладах ресторанного господарства, зокрема формуванню НАССР-плану, визначенню критичних контрольних точок (ККТ), встановленню критичних меж, методів моніторингу, а також алгоритмам коригувальних дій.

У межах дослідження висвітлено типові помилки при впровадженні системи на підприємствах HoReCa, труднощі, з якими стикаються малі заклади, зокрема кадрові, фінансові та організаційні обмеження. Запропоновано підходи до оптимізації процесу адаптації системи НАССР у ресторанному середовищі, включаючи типові шаблони ККТ, спрощені моделі для малого бізнесу та інструменти документування. Підкреслено, що ефективна реалізація принципів НАССР сприяє не лише безпечності продукції, а й покращенню репутації закладу, формуванню споживчої довіри, підвищенню конкурентоспроможності та оптимізації виробничих процесів.

Результати дослідження можуть бути використані як методична основа для удосконалення управлінських підходів до безпеки харчових продуктів у HoReCa-секторі, а також як практичний орієнтир для керівників підприємств громадського харчування, технологів, фахівців з контролю якості та студентів профільних спеціальностей.

Ключові слова: НАССР, безпечність харчових продуктів, критичні контрольні точки, система управління якістю, ресторанний бізнес, стандарти, харчовий ланцюг.

Petlin I. V.,

petlinirina@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0198-588X,

*Ph.D., Associate Professor; Associate Professor at the Department of Hotel and Restaurant Business and Food Technologies,
Ivan Franko National University of Lviv, Lviv*

HACCP AS THE BASIS OF THE FOOD SAFETY MANAGEMENT SYSTEM

Abstract. The article reveals the essence of the HACCP system (Hazard Analysis and Critical Control Points) as a key tool for managing food safety in the modern restaurant business. Considering the increasing requirements for food quality and safety, as well as the globalization of food safety standards, the HACCP system serves not only as a control tool but also as a methodological basis for forming a preventive risk management model at all stages of the production cycle – from the acceptance of raw materials to serving dishes to the end consumer.

The historical background of the creation of the HACCP system, its development in an international context, and the regulatory framework for implementation in Ukraine in accordance with the provisions of the Law of Ukraine "On the Basic Principles and Requirements for Food Safety and Quality" have been analyzed. Special attention is paid to the practical application of the system in catering establishments, in particular

the development of the HACCP plan, identification of critical control points (CCPs), establishment of critical limits, monitoring methods, as well as corrective action procedures.

The study highlights common mistakes in implementing systems in HoReCa enterprises, difficulties faced by small establishments, particularly staffing, financial, and organizational constraints. Approaches for optimizing the HACCP system adaptation process in the restaurant environment are proposed, including typical cash register templates, simplified models for small businesses, and documentation tools. It is emphasized that effective implementation of HACCP principles contributes not only to product safety but also to improving the establishment's reputation, building consumer trust, enhancing competitiveness, and optimizing production processes.

The research results can be used as a methodological basis for improving management approaches to food safety in the HoReCa sector; as well as a practical guide for catering business managers, food technologists, quality control specialists, and students of relevant specialties.

Key words: HACCP, food safety, critical control points, quality management system, restaurant business, standards, food chain.

JEL Classification: L6, L8

DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2025-44-09>

Постановка завдання. Забезпечення безпечності харчових продуктів є одним із ключових пріоритетів сучасної харчової промисловості та закладів ресторанного господарства. З огляду на зростання вимог споживачів, підвищення ризиків мікробіологічного, хімічного та фізичного забруднення, а також активну глобалізацію харчових ринків, впровадження ефективних систем контролю якості стає невід’ємною умовою діяльності підприємств галузі.

Система HACCP є міжнародно визнаним інструментом превентивного управління небезпечними факторами на всіх етапах виробництва та обігу харчової продукції. Її застосування дозволяє забезпечити простежуваність, прогнозування ризиків і мінімізацію можливих загроз безпечності. У сучасних умовах, коли українські підприємства орієнтуються на європейські стандарти та прагнуть підвищити конкурентоспроможність, використання HACCP набуває особливої актуальності.

Крім того, законодавче регулювання зобов’язує операторів ринку харчових продуктів упроваджувати систему HACCP, що робить дослідження теоретичних основ і практичних аспектів її реалізації вкрай необхідним. Удосконалення та розширення підходів до впровадження HACCP сприяє підвищенню рівня безпеки продукції, зміцненню довіри споживачів та гармонізації національної системи контролю з міжнародними вимогами.

Таким чином, дослідження HACCP як основи системи менеджменту безпеки харчових продуктів є актуальним у контексті забезпечення здоров’я населення, розвитку харчової галузі та інтеграції України у світовий ринок.

Метою дослідження є аналіз принципів, механізмів функціонування та практична значимість HACCP як основи системи менеджменту безпеки харчових продуктів у закладах ресторанного бізнесу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Тема HACCP привертає значну увагу науковців, оскільки вона стосується фундаментальної проблеми – забезпечення безпечності харчових продуктів у всьому ланцюгу виробництва та споживання. Сучасні умови розвитку харчової промисловості, інтенсифікація технологічних процесів, глобалізація торгівлі та підвищення вимог до якості продукції формують нові виклики, які потребують наукового обґрунтування та пошуку ефективних інструментів контролю.

Серед вітчизняних науковців, які займаються дослідженнями зазначеної проблематики варто назвати Безрученкова Ю.В. [1], Линку О., Фурман, С. [2], Лозову Т.М. [3], Петровську І.О., Мітал О.Г., Мітал С.А. [4], Ткаченко В. [5] та інших.

Дослідження науковців у цій царині зумовлені тим, що HACCP є основою превентивного підходу, що дозволяє попереджати, а не лише реагувати на небезпеки. Саме тому науковці зацікавлені у вдосконаленні методів ідентифікації ризиків, оцінюванні їх впливу та розробленні більш точних моделей управління критичними точками контролю.

По-друге, у сучасному харчовому виробництві впроваджуються нові технології – автоматизація, цифрові системи моніторингу, сенсорні мережі, інтернет речей, лабораторна діагностика швидкого реагування. Це відкриває широкі можли-

вості для дослідження інтеграції HACCP із інноваційними рішеннями, що робить тему особливо актуальною з наукової точки зору.

По-третє, в умовах глобалізації та євроінтеграції важливо адаптувати національні системи контролю до міжнародних вимог. Науковці досліджують шляхи гармонізації HACCP з міжнародними стандартами (ISO 22000, BRC, IFS), що є основою для підвищення конкурентоспроможності підприємств і виходу на міжнародні ринки.

Виклад основного матеріалу дослідження. Система HACCP була розроблена в 1960-х роках для NASA з метою забезпечення безпеки харчових продуктів для космонавтів. З того часу вона стала основою для побудови систем управління безпекою харчових продуктів у всьому світі.

Основною метою HACCP є ідентифікація, оцінка та контроль небезпечних чинників (біологічних, хімічних та фізичних), які можуть впли-

нути на безпеку харчової продукції.

Система HACCP базується на семи принципах, представлених у таблиці 1.

Ефективне впровадження системи HACCP вимагає:

- створення міждисциплінарної HACCP-групи;
- розробки схеми технологічного процесу;
- аналізу потенційних ризиків;
- постійного навчання персоналу;
- адаптації внутрішніх процедур до вимог ISO 22000.

Підприємства, що впровадили HACCP, мають переваги в доступі до міжнародних ринків, зниженні рівня рекламаций, економії на витратах через зниження кількості бракованої продукції.

Впровадження системи HACCP на підприємствах харчової промисловості включає декілька етапів, узагальнених у таблиці 2.

Таблиця 1

Принципи HACCP

№	Принцип	Опис
1	Аналіз небезпечних факторів	Визначення біологічних, хімічних, фізичних небезпек на всіх етапах
2	Визначення критичних точок	Ідентифікація етапів, на яких можна контролювати безпеку
3	Встановлення критичних меж	Визначення параметрів (температура, час, рН тощо)
4	Моніторинг	Систематичне спостереження за ККТ
5	Коригувальні дії	Дії при порушенні встановлених меж
6	Верифікація	Перевірка ефективності системи
7	Документування	Фіксація процедур, результатів та дій

*джерело: сформовано автором

Таблиця 2

Етапи впровадження HACCP на підприємствах харчової промисловості

№	Етап	Стислий опис
1	Формування групи HACCP	Створення команди фахівців, призначення координатора, навчання персоналу.
2	Опис продукції	Характеристика продукту: склад, обробка, упаковка, зберігання, термін придатності.
3	Визначення передбачуваного використання	Як і ким буде споживатися продукт.
4	Побудова блок-схеми виробничого процесу	Складання технологічної схеми з усіма етапами обробки продукту.
5	Підтвердження блок-схеми на місці	Перевірка відповідності схеми реальному процесу на виробництві.
6	Аналіз небезпечних факторів (Hazard Analysis)	Ідентифікація біологічних, хімічних, фізичних небезпек на кожному етапі.
7	Визначення критичних контрольних точок (ККТ / CCP)	Визначення точок, де необхідний контроль для запобігання небезпеці.
8	Встановлення критичних меж для кожної ККТ	Визначення допустимих параметрів безпечності (температура, час тощо).
9	Розробка процедур моніторингу ККТ	Визначення способу, частоти та відповідальних за контроль ККТ.
10	Визначення коригувальних дій	Дії у випадку порушення критичних меж (наприклад, вилучення продукції).
11	Розробка процедур верифікації	Перевірка ефективності функціонування системи HACCP.
12	Ведення документації та записів	Збір та збереження даних про всі етапи контролю та перевірок.

*джерело: сформовано автором

Передумови впровадження HACCP на підприємствах включають: санітарію та гігієну, контроль шкідників, контроль водопостачання, обслуговування обладнання, навчання персоналу.

Санітарія та гігієна включає: прибирання та дезінфекцію приміщень і обладнання (регулярне миття та обробка дезінфектантами всіх поверхонь, що контактують із їжею, підлоги, стіни, холодильники, витяжки); особисту гігієну персоналу (обов'язкове миття рук, носіння чистого одягу, шапок, рукавичок; правила щодо прикрас, нігтів, бороди); ведення графіків прибирання та дезінфекції (визначення відповідальних осіб, регулярність процедур, контроль ефективності); контроль залишків миючих та дезінфікуючих засобів (уникнення хімічного забруднення продуктів).

Контроль шкідників (Пест-контроль) передбачає профілактику проникнення комах і гризунів; моніторинг та своєчасна обробка; ведення документації щодо заходів боротьби зі шкідниками.

Контроль водопостачання включає перевірку якості питної води; санітарний стан водопроводів; регулярну лабораторну перевірку води, якщо це передбачено законодавством.

Обслуговування обладнання включає технічну справність технологічного обладнання; попереджувальне технічне обслуговування; калібрування приладів контролю (термометри, ваги тощо).

Навчання персоналу реалізується через підготовку працівників щодо гігієни, санітарії та принципів HACCP; регулярні інструктажі та підвищення кваліфікації; перевірку знань і запис навчальних заходів.

Впровадження системи управління безпекою харчових продуктів на основі принципів HACCP у закладах HoReCa є обов'язковою вимогою чинного законодавства України та міжнародних стандартів безпеки харчування. Однак на практиці процес реалізації системи супроводжується низкою помилок та ускладнень, особливо у малих підприємствах, які мають обмежені ресурси. Розгляд цих проблем дає можливість більш глибоко зрозуміти специфіку запровадження HACCP у сфері громадського харчування та визначити напрями оптимізації.

У таблиці 3 відображено типові помилки під час впровадження системи HACCP у закладах HoReCa.

Таблиця 3

Типові помилки під час впровадження системи HACCP у закладах HoReCa

Типова помилка	Суть помилки	Можливі наслідки
Недостатній аналіз небезпечних факторів	Поверхнєве або формальне визначення біологічних, хімічних і фізичних ризиків; відсутність оцінки їх значущості.	Невірне визначення ККТ, підвищення ризику потрапляння небезпечних факторів у готові страви.
Формальне документування системи	Оформлення документів лише «для перевірок», без фактичного виконання процедур та моніторингу.	Відсутність простежуваності, помилки у виробничих процесах, штрафи за невідповідність.
Недоліки у програмах-передумовах	Неналежне прибирання, відсутність системного контролю шкідників, неправильне обслуговування обладнання.	Накопичення забруднень, ризик інфікування, нестабільність технологічних процесів.
Невірне визначення критичних контрольних точок (ККТ)	Плутанина між ККТ та звичайними контрольними заходами; встановлення надмірної або недостатньої кількості ККТ.	Ускладнення моніторингу або відсутність контролю над ключовими ризиками.
Порушення моніторингу ККТ	Нерегулярне вимірювання температур, часу, санітарних параметрів; відсутність відповідальних осіб.	Пропущені відхилення, неможливість вжити коригувальних дій.
Неправильне ведення записів	Заповнення журналів заднім числом, відсутність підписів, неточні або нерегулярні записи.	Втрата доказів дотримання процедур, проблеми під час внутрішнього чи зовнішнього аудиту.
Недостатня підготовка персоналу	Працівники не знають принципів HACCP, правил гігієни, обов'язків у межах системи.	Порушення гігієнічних норм, помилки у приготуванні і зберіганні страв.
Відсутність коригувальних дій	Виявлені відхилення не аналізуються й не супроводжуються заходами усунення причин.	Повторення порушень, накопичення невідповідностей.
Невірне калібрування обладнання	Вимірювальні прилади (термометри, ваги) не перевіряються та не калібруються.	Неправильні показники температури чи ваги, що впливають на безпечність продуктів.
Низька культура безпеки харчових продуктів	Власники та працівники не сприймають HACCP як важливу систему, зводять контроль до мінімуму.	Хронічні порушення, зростання ризиків харчових отруєнь, втрати репутації.

*джерело: сформовано автором на підставі проведених досліджень

Незалежно від типу закладу – кафе, ресторану чи закладу швидкого обслуговування – малі підприємства стикаються з подібними перешкодами при запровадженні системи HACCP, а саме:

Кадрові обмеження. Більшість малих закладів мають обмежену кількість працівників, серед яких відсутній спеціаліст із безпеки харчових продуктів. Часто функції відповідальної особи виконує адміністратор або кухар, які не мають достатньої підготовки. Низька стабільність персоналу, сезонність роботи та висока плинність кадрів також ускладнюють проведення регулярного навчання.

Фінансові труднощі. Впровадження HACCP потребує певних інвестицій – закупівлі обладнання для контролю температури, матеріалів для санітарії, послуг лабораторій, а також розроблення документації. Для малих підприємств, особливо тих, що працюють з невеликою рентабельністю, навіть ці мінімальні витрати можуть стати суттєвим бар'єром.

Організаційні обмеження. Малі підприємства часто мають компактні виробничі площі, що ускладнює розділення потоків «чистого» та «брудного» посуду, сирих і готових продуктів. Відсутність чітко визначених функцій та обов'язків персоналу веде до хаотичного виконання гігієнічних процедур. У деяких закладах робочі процеси змінюються залежно від завантаження, що робить складним структурований підхід, характерний для системи HACCP.

Низька культура безпеки харчових продуктів. Багато малих закладів не розглядають безпеку харчування як стратегічний елемент діяльності. Власники орієнтуються на зниження витрат і швидкість обслуговування, а питання гігієни відсуваються на другий план. Це призводить до невиконання навіть базових процедур.

Недоліки у впровадженні HACCP у HoReCa можуть призвести до таких негативних наслідків:

- підвищення ризику харчових отруєнь та інфекційних захворювань;
- погіршення репутації закладу та зниження лояльності споживачів;
- фінансові збитки внаслідок штрафів і невідповідностей;
- зниження якості продукції та нестабільність технологічних процесів;
- ризику закриття підприємства через грубі порушення гігієнічних норм.

Таким чином, успішне впровадження системи HACCP у закладах HoReCa прямо залежить від належної підготовки персоналу, відповідного фінансового забезпечення, організаційної дисципліни та правильно налагоджених програм-передумов. Для малих підприємств особливо важ-

ливо адаптувати систему з урахуванням наявних ресурсів, спростивши її до раціонального, але ефективного рівня.

Типові технологічні процеси у HoReCa дозволяють застосовувати стандартизовані рішення щодо визначення критичних контрольних точок (ККТ). Це значно спрощує побудову системи HACCP і знижує ймовірність помилок під час аналізу небезпек. До найбільш поширених шаблонів ККТ належать:

ККТ «Приймання продуктів»

– Контроль температури швидкопсувних продуктів.

– Візуальна перевірка цілісності упаковки.

– Виявлення ознак псування або забруднення.

ККТ «Термічна обробка»

– Досягнення мінімально необхідної внутрішньої температури.

– Контроль часу обробки для ключових категорій продуктів (м'ясо, птиця, яйця, риба).

ККТ «Охолодження та зберігання»

– Дотримання температурних режимів у холодильниках/морозильних камерах.

– Попередження перехресного забруднення завдяки розділеному зберіганню.

ККТ «Підігрів і подача»

– Дотримання температур гарячих страв на момент видачі.

– Контроль часу перебування страв на «лінії роздачі».

Застосування таких шаблонів дозволяє усунути складність індивідуального визначення ККТ у малих закладах, де відсутні фахівці-технологи.

Малі заклади HoReCa можуть ефективно впроваджувати систему на основі спрощених моделей HACCP, запропонованих Codex Alimentarius та європейськими рекомендаціями щодо малих підприємств. Основні елементи спрощених моделей включають (табл. 4):

Документація є базою системи HACCP, однак для закладів HoReCa можна застосовувати оптимізовані інструменти, що зменшують навантаження на персонал:

1. Скорочені журнали моніторингу. Замість окремих журналів по кожній ККТ – один комбінований журнал, що включає: температуру холодильників; контроль чистоти; контроль термічної обробки; виявлені відхилення та коригувальні дії.

2. Цифрові журнали та мобільні додатки. Заклади можуть використовувати: додатки для контролю температури; електронні чек-листи; QR-системи для фіксації відхилень. Електронна документація значно підвищує простежуваність і знижує кількість помилок.

3. Стандартні операційні процедури (SOPs). Використання шаблонів SOP дозволяє персоналу швидко опанувати правила: миття та дезінфекції поверхонь; роботи з сирими продуктами; очищення обладнання; поводження з відходами.

4. Візуальні інструкції. Схеми, плакати, піктограми на робочих місцях спрощують дотримання вимог персоналом, який не має спеціальної підготовки.

Оптимізація процесу адаптації системи НАССР забезпечує:

1. Зниження фінансових витрат на впровадження та підтримку системи. Оптимізовані моделі НАССР, засновані на типових ККТ, скорочених журналах й чек-листах, дозволяють уникнути зайвих витрат на розробку громіздкої документації, придбання надлишкового обладнання та залучення сторонніх консультантів. Це особливо важливо для малих закладів HoReCa, які працюють із мінімальними бюджетами та не

можуть дозволити собі повномасштабні системи контролю.

2. Спрощення роботи персоналу та підвищення відповідальності. Завдяки стандартизації процедур, використанню коротких інструкцій (SOPs), візуальних схем і щоденних чек-листів персонал легше освоює вимоги системи. Зменшується кількість дій, які потрібно запам'ятати, і збільшується дисципліна виконання. Працівники чіткіше розуміють свої завдання, що сприяє більшій відповідальності за результати роботи.

3. Підвищення простежуваності виробничих процесів. Оптимізовані інструменти документування – скорочені журнали, цифрові форми, автоматичний контроль температур – забезпечують швидке відстеження кожного етапу виробництва. Це дозволяє своєчасно виявляти відхилення, підтверджувати виконання гігієнічних норм і забезпечувати прозорість дій персоналу.

Таблиця 4

Спрощені моделі НАССР для малого ресторанного бізнесу

№	Модель/підхід	Суть моделі	Ключові елементи	Переваги для малих закладів
1	Групування процесів за категоріями ("Process Approach НАССР")	Страви групуються за типом обробки, а не аналізуються окремо.	- No Cook (без термообробки) - Cook & Serve (приготування і подача) - Cook-Chill-Serve (приготування, охолодження, подача)	Зменшує обсяг аналізу небезпек і документації; дозволяє застосовувати типові ККТ.
2	Використання типових (готових) переліків небезпечних факторів	Заклад користується стандартними ризиками для м'ясних, рибних, молочних, овочевих страв.	- Типові біологічні ризики - Шаблони хімічних і фізичних небезпек	Спрощує аналіз; не потребує спеціаліста-технолога.
3	Стандартизовані ККТ для HoReCa	Використання шаблонних критичних точок, характерних для ресторанів.	- Приймання - Термічна обробка - Охолодження - Зберігання - Подача	Чіткі готові рішення для контролю ризиків; простий моніторинг.
4	Чек-листовий моніторинг	Замість кількох журналів використовується один щоденний чек-лист.	- Температура холодильників - Чистота поверхонь - Контроль обробки - Виявлені відхилення	Економія часу, легкість ведення документації, мінімум помилок.
5	Скорочені SOPs (стандартні операційні процедури)	Короткі, візуалізовані інструкції для персоналу.	- Миття рук - Дезінфекція поверхонь - Розмежування сирих/готових продуктів	Працівники легко запам'ятовують і виконують; знижує кількість порушень.
6	Мінімальний набір журналів	Замість численних форм використовується 2–3 універсальні журнали.	- Журнал температур - Журнал вхідного контролю - Журнал прибирання	Менше навантаження; зручність для закладів із 3–6 працівниками.
7	Цифрові інструменти НАССР	Використання мобільних додатків та електронних журналів.	- Автоматичний контроль температури - QR-коди для фіксації відхилень	Підвищує точність; мінімізує людський фактор; економить час.
8	Типові схеми потоків (flow diagrams)	Використання стандартних схем виробничих процесів.	- Приймання → зберігання → обробка → приготування → подача	Спрощує аналіз процесів та визначення ККТ.

*джерело: сформовано автором на підставі проведених досліджень

4. Скорочення кількості виробничих відхилень та помилок. Завдяки спрощеним схемам контролю та мінімізації людського фактору зменшується кількість невідповідностей, пов'язаних з недотриманням температурних режимів, неправильним зберіганням продуктів, порушенням гігієни чи переохолодженням забрудненням. Це напряму підвищує стабільність виробничих процесів і якість готової продукції.

5. Підвищення рівня безпечності та якості страв. Оптимізована система НАССР дає змогу зосередитися на ключових критичних точках та найбільш значущих ризиках. У результаті забезпечується ефективний контроль страв на всіх етапах – від приймання продуктів до подачі споживачеві. Це мінімізує небезпеку харчових отруєнь, покращує органолептичні показники страв і підвищує загальну довіру споживачів.

6. Відповідність вимогам законодавства при мінімальному навантаженні на підприємство. Застосування адаптованої моделі НАССР дозволяє підприємству виконувати норми українського та міжнародного законодавства без створення надмірної бюрократії. Оптимізовані форми підтверджують дотримання гігієнічних вимог, забезпечують готовність до перевірок та аудиту, але при цьому не вимагають значних ресурсів чи надмірного обсягу документації.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. У результаті аналізу підходів до оптимізації процесу адаптації системи НАССР у ресторанному середовищі встановлено, що ефективність впровадження значною мірою залежить від раціонального поєднання стандартизованих рішень і ресурсних можливостей підприємства. Застосування типових шаблонів критичних контрольних точок, спрощених моделей НАССР і оптимізованих інструментів документування дає змогу суттєво зменшити складність процесу, не знижуючи при цьому рівня контролю та відповідності законодавчим вимогам.

Оптимізація системи сприяє зниженню фінансових витрат, підвищенню дисципліни персоналу та покращенню простежуваності виробничих процесів. Використання чек-листів, скорочених SOP та цифрових інструментів дозволяє зменшити кількість виробничих відхилень і підвищити рівень безпечності та якості готових страв. Для малих закладів HoReCa такі адаптовані рішення є особливо цінними, адже забезпечують можливість відповідати вимогам харчового законодавства при мінімальному адміністративному та фінансовому навантаженні.

Таким чином, оптимізована система НАССР у ресторанному бізнесі виступає ефективним

інструментом управління ризиками, що поєднує простоту впровадження, практичність використання та високий рівень захисту споживачів.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Безрученков Ю. В. Системи НАССР у закладах готельно-ресторанного господарства: навчально-методичний посібник для ЗВО / за ред. Ю. В. Безрученкова. Київ: ФО-П Мірошніченко А. В., 2021. 160 с. URL: <https://dspace.luguniv.edu.ua/xmlui/bitstream/handle/123456789/8002/2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

2. Линка О., Фурман С. Елементи НАССР як інструмент підвищення безпечності харчових продуктів у супермаркетах. *Ukrainian Science Hub Journal*, 1(1), 2025. URL: <https://journals.iriush.com/index.php/j/article/view/3/3>

3. Лозова Т. М. Управління безпечністю харчових продуктів (НАССР) на підприємствах роздрібно торгівлі. *Вісник Львівського торговельно-економічного університету. Технічні науки*, 2021. №25. С. 143-148. URL: <http://journals-lute.lviv.ua/index.php/visnyk-tech/article/view/815/774>

4. Петровська І.О., Мітал О.Г., Мітал С.А. Впровадження системи НАССР у закладах швидкого харчування. *Держава та регіони. Економіка та підприємництво*, 2020. № 1(112). С. 119–124. URL: http://www.econom.stateandregions.zp.ua/journal/2020/1_2020/22.pdf

5. Tkachenko V. Features of Quality Management of Non-conforming Products in Ukraine. *Економіка та суспільство*, 2021. (26). URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-26-45>

REFERENCES:

1. Bezruchenkov Yu. V. Systemy (2021) HACCP u zakladakh hotelno-restorannoho hospodarstva: navchalno-metodychnyi posibnyk dlia ZVO / za red. Yu. V. Bezruchenkova. Kyiv: FO-P Miroshnychenko A. V., 2021. 160 p. URL: <https://dspace.luguniv.edu.ua/xmlui/bitstream/handle/123456789/8002/2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

2. Lynka, O., & Furman, S. (2025). Elementy NASSR yak instrument pidvyshchennia bezpechnosti kharchovykh produktiv u supermarketakh. *Ukrainian Science Hub Journal*, 1(1). URL: <https://doi.org/10.64378/iriush.journals.2025.1.3>

3. Lozova, T. M. (2021). Upravlinnia bezpechnistiu kharchovykh produktiv (HACCP) na pidpryemstvakh rozdribnoi torhivli. *Visnyk Lvivskoho torhovelno-ekonomichnoho universytetu. Tekhnichni nauky*, 2021. №25. S. 143-148. URL: <http://journals-lute.lviv.ua/index.php/visnyk-tech/article/view/815/774>

4. Petrovska I.O., Mital O.H., Mital S.A. (2020) Vprovadzhennia systemy HACCP u zakladakh shvydkoho kharchuvannia. *Derzhava ta rehiony. Ekonomika ta pidpryemnytstvo*. № 1(112). pp. 119–124. URL: http://www.econom.stateandregions.zp.ua/journal/2020/1_2020/22.pdf

5. Tkachenko, V. (2021). Osoblyvosti upravlinnia yakistiu nevidpovidnoi produktsii v Ukraini. *Економіка та суспільство*, (26). URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-26-45>

Дата першого надходження статті до видання: 12.11.2025

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 08.12.2025

Дата публікації (оприлюднення) статті: 31.12.2025

ВІСНИК
ЛЬВІВСЬКОГО ТОРГОВЕЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ

Збірник наукових праць

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

Випуск 44

Літературний редактор – Муравицька Н. О.

Коректор – Мох О. П.

Комп'ютерний макет видавництва

Львівського торговельно-економічного університету

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

Формат 60×84/8. Гарнітура Times New Roman.

Папір офсетний. Цифровий друк. Обл.-вид. арк. 6,65. Ум. друк. арк. 8,37. Зам. № 0326/213

Підписано до друку 31.12.2025. Наклад 300 прим.

Віддруковано в друк. видавництва Львівського торговельно-економічного університету
79005, м. Львів, вул. Туган-Барановського, 10. Тел. 244-40-19. e-mail drook@ukr.net
Свідоцтво Держкомітету інформаційної політики, телебачення та радіомовлення України
серія ДК № 5149 від 15.07.2016 р.