

ISSN: 2312-3990X (Print)
2519-2922 (Online)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**ПРОГРЕСИВНІ ТЕХНІКА ТА ТЕХНОЛОГІЇ
ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ
РЕСТОРАННОГО ГОСПОДАРСТВА І ТОРГІВЛІ**

**PROGRESSIVE TECHNIQUE AND TECHNOLOGIES
OF FOOD PRODUCTION ENTERPRISES,
CATERING BUSINESS AND TRADE**

**Збірник наукових праць
Collection of research papers**

Видається з 2005 року
Published since 2005

Випускається 2 рази на рік
Published 2 times a year

Випуск 2 (38)
Issue 2 (38)

Харків
ДБТУ
2025

УДК 657.1:642.5.024.3/.5:339

Відповідно до наказу Міністерства освіти і науки збірник включено до Переліку наукових фахових видань України, категорія «Б» (наказ № 1035 від 23.08.2023).

Свідectво про реєстрацію KB № 25441-15381ПР.

Внесено до Реєстру суб'єктів у сфері друкованих медіа R30-02015.

Збірник включено до НМБД: Index Copernicus, Google Scholar, Academic Resource Index (Research Bib).

Рекомендовано до видання вченою радою Державного біотехнологічного університету, протокол засідання № 7 від 27.11.25 р.

Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. / [редкол. : В. М. Михайлов (відпов. ред.) та ін.]. – Харків : ДБТУ, 2025. – Вип. 2 (38). – 171 с.

У збірнику публікуються статті за результатами фундаментальних теоретичних і прикладних досліджень у галузі технічних наук.

Збірник є науковим виданням з прогресивних технологій харчових виробництв та ресторанного господарства. Розглядаються питання інноваційних технологій харчових продуктів, харчових інгредієнтів та добавок, повноцінного харчування та сталих дієт, харчової безпеки та експертизи харчових продуктів, інженерно-технічного забезпечення технологій харчової індустрії.

УДК 657.1:642.5.024.3/.5:339

©Державний
біотехнологічний
університет, 2025

УДК 657.1:642.5.024.3/5:339

In accordance with the order of the Ministry of Education and Science of Ukraine, the collection is included in the List of Scientific Professional Publications of Ukraine, category 'B' (order No. 1035 of 23.08.2023)..

Certificate of registration KB № 25441-15381ПР.

The Collection is indexed in scientometric databases: Index Copernicus, Google Scholar, Academic Resource Index (Research Bib).

Recommended for publication by the Academic Council of the State Biotechnological University, minutes of the meeting № 7 from 27.11.25

Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. / [редкол. : В. М. Михайлов (відпов. ред.) та ін.]. – Харків : ДБТУ, 2025. – Вип. 2 (38). – 171 с.

The collection publishes articles based on the results of fundamental theoretical and applied research in the field of technical sciences.

The collection is a scientific publication on advanced technologies of food production and the catering business. The issues of innovative food technologies, food ingredients and additives, adequate nutrition and sustainable diets, food safety and food expertise, engineering and technical support of food industry technologies are considered.

УДК 657.1:642.5.024.3/5:339

© State Biotechnological University, 2025

Редакційна колегія:

Головний редактор

Михайлов В.М., д.т.н., проф. (ДБТУ, Україна)

Заступник головного редактора

Янчева М.О., д.т.н., проф. (ДБТУ, Україна)

Відповідальний секретар

Прасол С.В., к.т.н., доц. (ДБТУ, Україна)

Члени редакційної колегії:

Богомолів О.В., д.т.н., проф. (ДБТУ, Україна);

Гавриш Т.В., д.т.н., доц. (ДБТУ, Україна);

Головко Т.М., д.т.н., проф. (ДБТУ, Україна);

Гринченко Н.Г., д.т.н., доц. (ДБТУ, Україна);

Гринченко О.О., д.т.н., проф. (ДБТУ, Україна);

Губський С.М., к.хім.н., доц. (ДБТУ, Україна);

Дейниченко Г.В., д.т.н., проф. (ДБТУ, Україна);

Євлаш В.В., д.т.н., проф. (ДБТУ, Україна);

Загорулько А.М., к.т.н., доц. (ДБТУ, Україна);

Загорулько О.М., к.т.н., доц. (ДБТУ, Україна);

Касабова К.Р., к.т.н., доц. (ДБТУ, Україна);

Ковбаса В.М., д.т.н., проф. (НУХТ, Україна);

Колесник А.О., к.т.н., доц. (ДБТУ, Україна);

Олійник С.Г., к.т.н., проф. (ДБТУ, Україна);

Онищенко В.М., д.т.н., доц. (ДБТУ, Україна);

Пасічний В.М., д.т.н., проф. (НУХТ, Україна);

Погарська В.В., д.т.н., проф. (ДБТУ, Україна);

Сукманов В.О., д.т.н., проф. (ПДАУ, Україна);

Черевко О.І., д.т.н., проф. (ДБТУ, Україна);

Равшанбек Алибеков, к.т.н., доц. (Південно-Казахстанський

державний університет ім. М. Ауєзова, Казахстан);

Тетяна Кінце, д.т.н., проф. (Латвійський університет природничих наук і технологій, Латвія);

Узаков Ясин Маликович, д.т.н., проф. (Алматинський технологічний університет, Казахстан).

Editorial Board:

Editor-in-Chief

Mykhailov V.M., Dr. Sci. (Eng.), Prof. (SBTU, Ukraine)

Deputy Editor-in-Chief

Yancheva M.O., Dr. Sci. (Eng.), Prof. (SBTU, Ukraine)

Executive Secretary

Prasol S.V., Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Prof. (SBTU, Ukraine)

Editorial Board Members:

Bohomolov O.V., Dr. Sci. (Eng.), Prof. (SBTU, Ukraine)

Gavrysh T.V., Dr. Sci. (Eng.), Assoc. Prof. (SBTU, Ukraine)

Holovko T.M., Dr. Sci. (Eng.), Prof. (SBTU, Ukraine)

Hrynchenko N.H., Dr. Sci. (Eng.), Assoc. Prof. (SBTU, Ukraine)

Hrynchenko O.O., Dr. Sci. (Eng.), Prof. (SBTU, Ukraine)

Hubskiy S.M., Cand. Sci. (Chem.), Assoc. Prof. (SBTU, Ukraine)

Deinychenko H.V., Dr. Sci. (Eng.), Prof. (SBTU, Ukraine)

Yevlash V.V., Dr. Sci. (Eng.), Prof. (SBTU, Ukraine)

Zahorulko A.M., Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Prof. (SBTU, Ukraine)

Zahorulko O.M., Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Prof. (SBTU, Ukraine)

Kasabova K.R., Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Prof. (SBTU, Ukraine)

Kovbasa V.M., Dr. Sci. (Eng.), Prof. (NUFT, Ukraine)

Kolesnyk A.O., Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Prof. (SBTU, Ukraine)

Oliinyk S.H., Cand. Sci. (Eng.), Prof. (SBTU, Ukraine)

Onyshchenko V.M., Dr. Sci. (Eng.), Assoc. Prof. (SBTU, Ukraine)

Pasichnyi V.M., Dr. Sci. (Eng.), Prof. (NUFT, Ukraine)

Poharska V.V., Dr. Sci. (Eng.), Prof. (SBTU, Ukraine)

Sukmanov V.O., Dr. Sci. (Eng.), Prof. (PSAU, Ukraine)

Cherevko O.I., Dr. Sci. (Eng.), Prof. (SBTU, Ukraine)

Alibekov Ravshanbek, Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Prof. (M. Auezov South Kazakhstan State University, Kazakhstan)

Kince Tetyana, Dr. Sci. (Eng.), Prof. (Latvia University of Life Sciences and Technologies, Latvia)

Uzakov Yasin Malikovich, Dr. Sci. (Eng.), Prof. (Almaty Technological University, Kazakhstan)

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

УДК 664-404.8:635.657

DOI 10.5281/zenodo.18219255

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ СТВОРЕННЯ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ З ПІННОЮ СТРУКТУРОЮ НА ОСНОВІ АКВАФАБИ НУТОВОЇ

Є.В. Лазурко, А.Е. Радченко, О.О. Гринченко

Досліджено вплив масової частки сухих речовин, рН та стабілізаторів на піноутворення харчових систем на основі аквафаби нутової – в'язкої рідини, отриманої під час варіння бобових, виробництво якої відповідає принципам сталого розвитку. Розроблено модель технологічної схеми виробництва харчової продукції з пінною структурою на її основі.

Ключові слова: *пінна структура, рослинні білки, піноутворювальна здатність, стійкість піни, аквафаба нутова, технологічні чинники*

TECHNOLOGICAL FOUNDATIONS FOR THE DEVELOPMENT OF FOOD PRODUCTS WITH A FOAMY STRUCTURE BASED ON CHICKPEA AQUAFABA

Y. Lazyrko, A. Radchenko, O. Hrynchenko

In recent years, plant-based proteins have garnered considerable attention from researchers and practitioners due to their lack of allergenicity, alignment with diverse consumer dietary preferences, and contributions to sustainability issues. The article characterizes the features of the foaming process in food systems and traditional foaming agents. The experience of scientists in utilizing plant-based proteins is analyzed, with their functional properties as foaming agents in food systems examined, emphasizing traditional sources (soy, peas, chickpeas, wheat) and alternative raw materials—aquafaba. Aquafaba, a viscous liquid obtained during the cooking of legumes, aligns with sustainability principles in its production and focuses the attention of theorists and practitioners owing to its ability to replicate the functional properties of egg whites.

The influence of extraction, protein modification, and optimization of aquafaba's foaming capacity depending on preparation conditions is considered. The overall chemical composition of chickpea aquafaba under typical hydrothermal processing parameters, which determines its surface-active properties, has been investigated. The dependence of foaming capacity and foam stability in food systems based on chickpea aquafaba on dry matter content, pH, and the presence of foam structure stabilizers has been studied. The feasibility and appropriateness of using

chickpea aquafaba as an effective foaming agent in food products have been demonstrated. The obtained results enabled the development of a model technological scheme for producing food products with a foam structure based on chickpea aquafaba.

Keywords: *foam structure, plant-based proteins, foaming capacity, foam stability, chickpea aquafaba, technological factors*

Постановка проблеми у загальному вигляді. В останні роки рослинні білки привертають увагу науковців та практиків з огляду на їх багатофункціональність у складі харчових систем. Стійке виробництво, низька ціна та великі обсяги вирощування та переробляння бобових сприяють промислового використанню їх білків в харчовій індустрії. Інтерес викликано також підвищенням усвідомлення екологічності та здоров'я як з точки зору сучасного споживача, так і харчової промисловості. Завдяки цим властивостям рослинні білки є перспективною основою для створення нових харчових продуктів, зокрема, з пінною структурою.

Харчові продукти з пінною структурою представлено в різних групах кулінарної та кондитерської продукції. Мусові десерти та тістечка, морозиво, самбуки, креми білкові та вершкові як оздоблювальні напівфабрикати, бісквіт, суфле /пудинги овочеві, рибні, м'ясні – далеко не повний перелік кулінарної продукції, технологічний процес чи окремі технологічні етапи виробництва яких передбачають реалізацію процесу піноутворення [1].

Процес піноутворення в харчових системах полягає в диспергуванні газової фази (переважно повітря) у рідкій або желеподібній матриці з утворенням стабільної пінної структури, де поверхнево-активні речовини, переважно білки чи полісахариди, адсорбуються на межі повітря-вода, знижуючи поверхневий натяг і запобігаючи коалесценції дисперсної фази [2]. Особливості цього процесу включають залежність від таких чинників, як вид та концентрація поверхнево-активних речовин (ПАВ), рН, температура, спосіб оброблення (збивання, ультразвукове оброблення та інш.) [3]. Реалізація процесу піноутворення забезпечує легку текстуру, об'єм та сенсорну привабливість продуктів, але вимагає додержання технологічних параметрів для запобігання руйнуванню піни внаслідок дренажу або коалесценції [4].

Традиційно як піноутворювачі в харчових технологіях використовуються продукти тваринного походження, зокрема, ячний білок, желатин, молочні концентрати – молочна сироватка, сухе молоко чи казеїнові фракції. Серед синтетичних чи напівсинтетичних харчових

піноутворювальних добавок найбільш поширеними є лактати (наприклад, натрію чи кальцію лактат), метилцелюлоза [2].

Проте динамічний розвиток нових харчових продуктів, який сьогодні орієнтується на принципи сталості, веганські раціони харчування та концепцію "чистої етикетки", потребує дослідження ринку функціональних інгредієнтів, включаючи альтернативні джерела сировини, що дозволяють знизити екологічне навантаження та усунути алергенні ризики [3]. У цьому контексті в останні роки увагу науковців та практиків привертають піноутворювачі рослинного походження, серед яких білки бобових у вигляді концентратів і ізолятів, які забезпечують показники піноутворювальної здатності (ПЗ) 100–400% та стійкості піни (СП) до 90% завдяки амфіфільним властивостям глобулінів і альбумінів. Такі компоненти вже доступні у зручних товарних формах, таких як порошки чи емульсії для промислового застосування [4]. Особливе місце серед них посідає аквафаба – побічний продукт варіння бобових, яка демонструє піноутворювальні властивості, подібні до яєчного білка, зумовлені вмістом розчинних білків (0,95–1,50%), сапонінів та полісахаридів [5].

Поряд з цим, зацікавленість в аквафабі як ресурсоефективного інгредієнта зумовлено її доступністю, низькою енергетичною цінністю та потенціалом для заміни компонентів тваринного походження у складі меренгів, мусів, соусів для веганів з покращенням стабільності піни після ультразвукового оброблення чи введення гідроколоїдів [6]. Проте відсутні системні дані щодо піноутворювальних властивостей аквафаби у взаємозв'язку як з параметрами її одержання (співвідношення зерен до води, температура варіння), так і з подальшим використанням у складі харчової продукції [7]. Зокрема, бракує експериментальної оцінки її здатності до піноутворення в гібридних системах з іншими стабілізаторами, що ускладнює стандартизацію для промислових технологій і вимагає комплексних досліджень для оптимізації технологічних передумов створення пінних структур [5]. Процес піноутворення та формування стабільних харчових систем є складним технологічним завданням, вирішення якого є ключовою передумовою для розроблення інноваційних продуктів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасних харчових технологіях, спрямованих на створення продуктів з пінною структурою, рослинні білки набувають статусу ключових інгредієнтів завдяки їх доступності, низькій екологічній вазі та потенціалу для модифікації. Накопичено достатній досвід з використання рослинних білків, який узагальнено в роботах Д. Дж. Макклемента, Рут Намбі та інших учених

[8, 9]. Традиційні підходи до їх отримання, зокрема, лужна екстракція з подальшим осадженням, дозволяють отримувати високофункціональні ізоляти, які водночас є технологічно складними та мають значні недоліки. До основних недоліків відносять використання хімічних екстрагентів, що призводить до утворення великих обсягів промислових стічних вод, та втрату цінних біологічно активних компонентів, які містяться в сировині [8-10]. Найбільш дослідженими джерелами рослинних білків є соя, нут, горох та пшениця, які широко застосовуються як піноутворювачі, емульгатори та вологозв'язуючі компоненти [11, 12]. Дослідження зосереджено на вивченні механізмів піноутворення та стабільності пінних систем на основі білків з різних рослинних джерел. Функціональність цих білків зумовлено здатністю до швидкої адсорбції на межі розділу фаз «повітря-вода» та формуванням міцних міжфазних плівок [2-4, 12]. Дослідження демонструють, що ультразвукове оброблення, глікозилювання та високотискова гомогенізація значно посилюють функціональні властивості, але вимагають оптимізації залежно від конкретного джерела.

Білки пшениці, переважно пролін та глютелін, традиційно застосовується в хлібопекарстві, але їх піноутворювальні властивості обумовлюють перспективність їх використання для продуктів з пінною структурою. У лужному середовищі (рН вище 8,0) нативний проламін утворює стійкі піни з високим показником ПЗ, а глікозилювання з фруктозою посилює емульгувальні властивості та стійкість піни.

Білок сої, зокрема, фракції гліциніну та β -конгліциніну є еталоном серед рослинних джерел завдяки високій дослідженості в контексті харчових емульсій та пінних систем. Піни на основі білка сої мають високу стабільність, особливо після глікозилювання білку з глюкозою чи лентинаном за допомогою Майяра з використанням ультразвуку. Ультразвукове оброблення прискорює глікозилювання у 5–10 рази за температури 50–70 °С, покращує розчинність білка, підвищує ПЗ, що покращує розчинність та термічну стійкість. Недоліками у використанні білку сої є чутливість до високих температур, що призводить до агрегації молекул та зниження функціональності [14].

З огляду на екологізацію бобові є стійкою культурою з низьким водним слідом порівняно з соєю, сприяючи зменшенню вуглецевого сліду в ланцюгах постачання. Гороховий білок набирає популярності через гіпоалергенність та сталість виробництва і розглядається як веганська альтернатива молочним білкам, оскільки демонструє високі

піноутворювальні властивості та стабільність піни [15]. Однак, функціональні властивості білків бобових можуть варіювати залежно від методів екстракції та подальшого оброблення. Жорсткі методи екстракції знижують розчинність нативного білка (до 75% нерозчинних фракцій), що обмежує ПЗ при нейтральному рН, оптимальні показники досягаються лише в кислому середовищі.

Білок переважно у формі ізолятів чи концентратів характеризується помірною ПЗ у діапазоні 30–47% для борошна та до 228% для знежиреного нутового борошна, з високою СП (>91,8% після 2 годин зберігання) в широкому температурному діапазоні (25–40°C) [16]. Недоліками є чутливість до методів сушіння та менша дослідженість порівняно з соєю.

Однак, з огляду на стале виробництво та мінімізацію відходів сучасні дослідження зосереджено на альтернативних джерелах, що не потребують глибокого перероблення. У цьому контексті аквафаба, як побічний продукт варіння бобових культур, виявляє високий функціональний потенціал у харчових системах завдяки комплексним емульгувальним, піноутворювальним та гелеутворювальним властивостям. Аквафаба містить 5–8% сухих речовин, включаючи низькомолекулярні білки, вуглеводи, сапоніни та фенольні сполуки, демонструє здатність утворювати піни, емульсії та гелі [4, 5, 7, 17].

Накопичений науковий досвід базується на багатьох дослідженнях; вперше дане питання висвітлено в роботах Жоеля Росселя [18], в яких наведено результати технологічних відпрацювань. Одержані результати свідчать про мультифункціональність аквафаби, але також підкреслюють необхідність оптимізації параметрів виготовлення для подолання обмежень. Авторами [19] детально досліджено процес формування стійких емульсійних систем на основі аквафаби. У роботі [20] обґрунтовано технологічні параметри, які забезпечують раціональні показники структурної стабільності продуктів з гетерогенною структурою з використанням аквафаби горохової. Згідно з останніми публікаціями, піноутворювальні властивості аквафаби залежать від низки чинників, включаючи концентрацію білків та вуглеводів, рН середовища, а також умови отримання (гідромодуль, тривалість та температура варіння) [3, 4–7, 12, 13]. Проте попри зростаючий інтерес, більшість наявних досліджень зосереджено на аквафабі, яку отримано з комерційних консервованих бобових [21, 22]. Наразі бракує детальних наукових даних щодо функціонально-технологічних властивостей аквафаби, що

накопичується під час технологічного процесу приготування бобових, та її впливу на формування пінних систем.

Мета статті. Метою досліджень, наведених в даній статті, є вивчення впливу технологічних чинників (масова частка сухих речовин, рН харчових систем, наявність стабілізаторів пінної структури) на піноутворення харчових систем на основі аквафаби як передумова щодо визначення технологічних принципів її використання у складі харчової продукції.

Матеріали та методи. У дослідженні використано зразки аквафаби, яку одержували під час варіння зерен нуту (тип «Кабулі», сорт «Розанна», регіон вирощування Полтавська область, Україна, врожай 2024 року).

Для визначення ПЗ та СП використано метод Ванга [23], СП визначали через 30 хв. після приготування. Масову частку сухих речовин в аквафабі визначали рефрактометричним методом згідно з ДСТУ 8402:2015 [24] на автоматичному рефрактометрі Abbemat 200, на програмі Brix. Значення рН харчових систем вимірювали за стандартною методикою, шляхом занурення електродів рН-метра іонометра в суміш за температури 19,5–20,5 °С. Масову частку білка в зразках аквафаби кількісно визначали за допомогою спектрометрії. УФ-поглинання вимірювали за 540 нм на спектрометрі UV-1200. Як контрольний білок використовували бичачий сироватковий альбумін [25]. Масову частку вуглеводів в аквафабі визначали поляриметричним методом, масову частку золи – шляхом спалювання наважки зразка в муфельній печі за температури 525–575 °С згідно з ДСТУ ISO 928 [26].

Аквафабу нутову отримували шляхом варіння зерен нуту основним способом у наплитному посуді. Зерна нуту перебирали, пошкоджені зерна видаляли, залишаючи візуально однакові за розміром і формою. Гідромеханічне оброблення здійснювали шляхом замочування зерен нуту у воді питній протягом $(7,0-8,0) \cdot 60^2$ с за температури 15–18 °С. Гідротермічне оброблення регідратованих зерен нуту здійснювали за температури 98–100 °С протягом $(60-70) \cdot 60$ с. Після цього аквафабу зливали, проціджували та використовували для подальших досліджень після остигання.

Виклад основного матеріалу дослідження. Передумовою створення науково обґрунтованих рекомендацій для використання аквафаби нутової у виробництві харчової продукції з пінною структурою є керований процес піноутворення та забезпечення СП, що можливо за визначеного впливу технологічних чинників на піноутворення. Піноутворювальні властивості аквафаби в основному

пов'язано з вмістом білків з низькою молекулярною масою, особливо альбуміну, полісахаридів і сапоніну. Дослідження загального хімічного складу аквафаби нутової показало, що за визначених параметрів гідротермічного оброблення масова частка сухих речовин складає $5,1 \pm 0,2\%$. При цьому масова частка білка дорівнює $1,2 \pm 0,1\%$, вуглеводів – $3,1 \pm 0,1\%$, мінеральних речовин – $0,77 \pm 0,10\%$. За реалізації типових параметрів термооброблення у складі аквафабри нутової накопичуються сухі речовини в інтервалі $4,3-5,3\%$, проте доцільність визначення закономірностей формування пінних систем залежно від масової частки сухих речовин спонукала до одержання аквафаби з різним вмістом сухих речовин. Зокрема, для дослідження використано аквафабу (рис. 1) з масовою часткою сухих речовин від $2,0 \pm 0,1\%$, до $7,0 \pm 0,1\%$.



Рис. 1. Зовнішній вигляд аквафаби нутової з різним вмістом сухих речовин (зліва направо – $2,0 \pm 0,1\%$; $4,3 \pm 0,1\%$; $7,0 \pm 0,2\%$)

Досліджено залежність піноутворювальної здатності та стійкості піни аквафаби нутової залежно від вмісту сухих речовин в аквафабі та рН системи (рис. 2, 3).

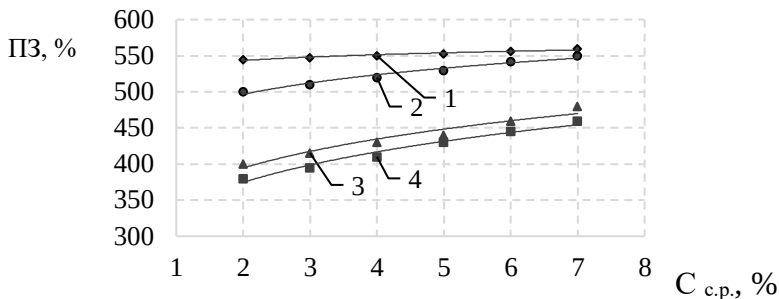


Рис. 2. Піноутворювальна здатність (ПЗ,%) аквафаби нутової залежно від вмісту сухих речовин (C_{с.р.}, %) за рН систем: 1– 4,0; 2 – 5,5; 3 – 6,7; 4 – 7,5

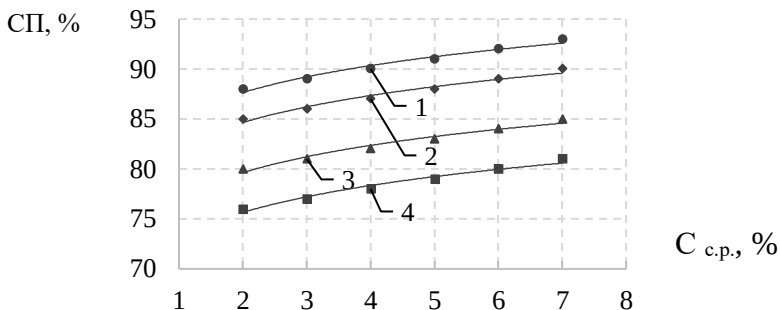


Рис. 3. Стійкість піни (СП, %) аквафаби нутової залежно від вмісту сухих речовин (C_{с.р.}, %) за рН систем: 1– 4,0; 2 – 5,5; 3 – 6,7; 4 – 7,5

Одержані результати дослідження ПЗ та СП пін на основі аквафаби нутової за різного вмісту сухих речовин та рН систем дозволяють сформулювати загальні рекомендації щодо можливості використання аквафаби нутової як ефективного піноутворювача у складі харчової продукції. Проте, незважаючи на те, що у визначеному діапазоні концентрацій сухих речовин в аквафабі системи мають достатньо високі значення ПЗ та СП, вони за текстурними ознаками є легкі, не міцні, пухкі, що недоцільно використовувати у складі харчової продукції. Проведено дослідження щодо можливості забезпечення більш високих значень ПЗ та СП (рис.4) та зміни їх текстурних характеристик за рахунок введення гідроколоїдів (камедь ксантанова), які додатково зможуть зв'язувати вільну вологу та підвищувати в'язкість системи.

Під час пошукових досліджень такими були камідь ксантану за концентрації 0,1-0,3%. Встановлено, що за використання гідроколоїду пінні системи характеризуються декілька меншою ПЗ (на 3-5%) порівняно з контролем, проте їх СП суттєво підвищується і коливалась в діапазоні 85-97%. За цих умов пінні системи набувають міцності, вершковості, що може бути використано як базова текстура широкого асортименту харчової продукції.

Проведені дослідження характеризують закономірності утворення тільки модельних систем. Під час створення реальних харчових продуктів до їх складу прогнозується введення інших інгредієнтів – подрібнені бобові, овочеві, плодово-ягідні наповнювачі та інші компоненти.

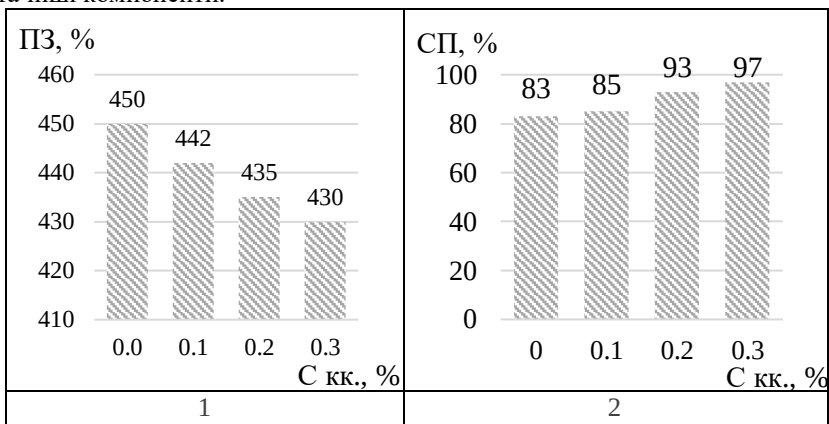


Рис. 4. Піноутворювальна здатність (ПЗ,%) – (1) та СП (СП,%) – 2 аквафаби нутової ($C_{с.р.}=5,1 \pm 0,2\%$) залежно від масової частки каміді ксантану (С кк) за рН 6,7

Зрозуміло, що залежно від рецептурного складу продукції, фізичних (щільність, розмірні характеристики часточок сировини) та фізико-хімічних (масова частка сухих речовин, рН, в'язкість, вологосв'язувальна та/ чи вологовиділяюча здатність та інші) показників окремих інгредієнтів можуть змінюватися порядок введення інгредієнтів, параметри піноутворення, масова частка стабілізаторів. Тож остаточне розроблення харчової продукції з пінною структурою на основі аквафаби нутової потребує подальших досліджень з урахуванням конкретизації харчової продукції, яку буде розроблено.

На підставі проведених досліджень розроблено модель технологічної схеми виробництва харчової продукції з пінною структурою (рис. 5). Вона передбачає механічне кулінарне оброблення

зерен нуту, яке полягає в промиванні та замочуванні. Надалі продукт необхідно піддати гідротермічному оброблянню з одержанням відварених зерен нуту та аквафаби нутової. Зерна нуту потребують подрібнення з одержанням тонкодисперсної пюреподібної маси. Аквафаба нутова взбивається за додавання стабілізаторів пінних систем. Це дозволить одержати стійку піну з визначеними текстурними характеристиками. Надалі подрібнені зерна нуту можуть з'єднувати з іншими рецептурними компонентами, наприклад, овочевими пюре, м'ясними наповнювачами, до них може додаватися збита аквафаба. Система підлягає перемішуванню з можливістю додаткового термооброблення чи дозування, фасування і реалізації. Проте це принципова технологічна схема (рис. 5), яка більшою мірою визначає послідовність технологічних операцій, не визначаючи конкретні технологічні параметри та рецептурні компоненти.

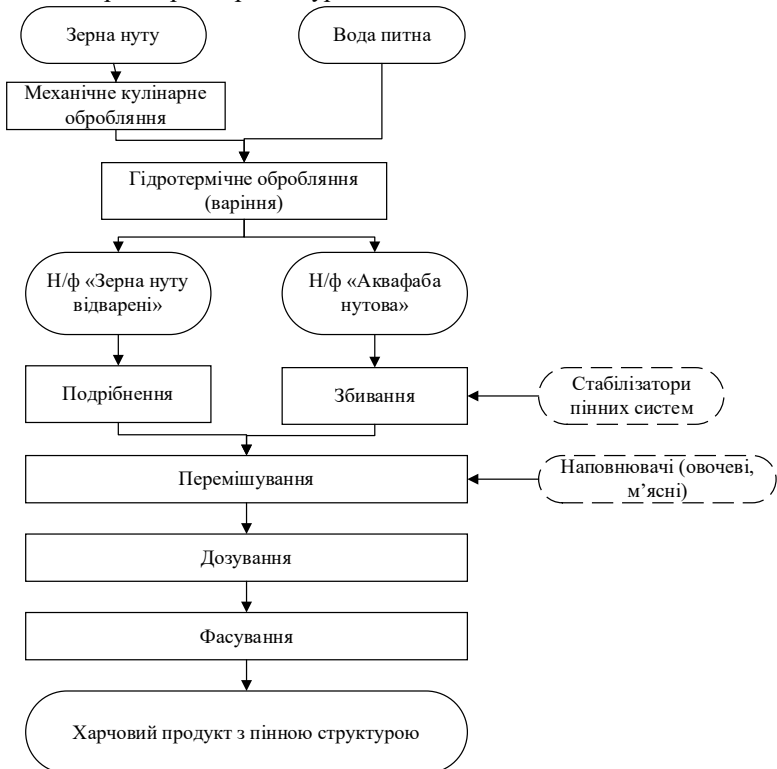


Рис. 5. Модель технологічної схеми виробництва харчової продукції з пінною структурою (закусочна продукція)

Висновки. Комплексними дослідженнями із застосуванням фізико-хімічних методів визначено вплив технологічних чинників на процес піноутворення та стійкість піни на основі аквафаби. Досліджено загальний хімічний склад аквафаби нутової, за типових параметрів гідротермічного оброблення. Доведено можливість і доцільність використання аквафаби нутової як ефективного піноутворювача у складі харчової продукції.

Досліджено залежність піноутворювальної здатності та стійкість піни харчових систем на основі аквафаби нутової залежно від вмісту сухих речовин в аквафабі, рН системи та наявності стабілізаторів пінної структури. У визначеному діапазоні концентрацій сухих речовин в аквафабі нутовій системи характеризуються достатньо високими значеннями показників піноутворювальної здатності та стійкості піни, проте за текстурними ознаками піни є легкими не міцними, пухкими, що зумовлює недоцільність використання їх у складі харчової продукції. Більш високих значень стійкості пінних систем (93–95%) на основі аквафаби нутової та зміни їх текстурних характеристик досягнуто за рахунок введення гідроколоїдів – камідь ксантану у концентрації 0,1-0,3% які надали їм іншої щільної текстури, пінні системи набули міцності, вершковості, що є придатним для харчової продукції.

Сформульовано загальні рекомендації щодо можливості використання аквафаби нутової як ефективного піноутворювача у складі харчової продукції. Розроблено модель технологічної схеми виробництва харчової продукції з пінною структурою з використанням подрібнених зерен нуту, овочів та інших компонентів.

Список джерел інформації / References

1. Li, J. Soy protein isolate: an overview on foaming properties and air–liquid interface / J. Li, X. Yang, M. S. Swallah [et al.] // International Journal of Food Science and Technology. 2022. Vol. 57, iss. 1. P. 188–200. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.15390>
2. Dickinson, E. Structuring edible oils using different foaming methods: the role of aquafaba in chickpea protein-based oleogels / E. Dickinson, A. B. McClements // eScholarship. 2024. 104 p. URL: https://escholarship.org/content/qt1k1385h7/qt1k1385h7_noSplash_96097d0dedf7f237d5af5b242b65baf4.pdf?t=srxkte
3. Mustafa, R. A new trend among plant-based food ingredients in food processing technology: Aquafaba / R. Mustafa, M. J. T. Reaney // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2021. Vol. 62, iss. 16. P. 4360–4380. DOI: 10.1080/10408398.2021.2002259

4. Stasiak, J. The Potential of aquafaba as a structure-shaping additive in plant-derived food technology / J. Stasiak, D.M Stasiak, J. Libera // *Applied Sciences*. 2023. Vol. 13, iss. 7. Art. no. 4122. DOI: 10.3390/app13074122.

5. Barros, M., Chickpea aquafaba: a systematic review of the different processes for obtaining and their nutritional and technological characteristics / M. Barros, B., Holanda, G.S., Raposo, A. et al. // *J Food Sci Technol*. 2024. Vol. 61. P. 1439–1456. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-023-05920-y>

6. Mehren, L. Foaming properties and olfactory profile of fermented chickpea aquafaba and its application in vegan chocolate mousse / L. Mehren, L. Elliger, H. May, A. Schieber, N. Schulze-Kaysers // *Current Research in Food Science*. – 2025. – Vol. 10. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2025.100988>

7. Agregán, R., Opportunities and challenges of egg substitutes: aquafaba as a foaming and emulsifying agent / R. Agregán, L. Rötter, J.M. Lorenzo, et al. // *Discover Food*. 2025. Vol. 5. Art. no. 00335. DOI: <https://doi.org/10.1007/s44187-025-00335-4>

8. McClements, D. J., A brief review of the science behind the design of healthy and sustainable plant-based foods / McClements, D.J., Grossmann, L. // *Sci Food* 5, 17 2023. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41538-021-00099-y>

9. Nambi, N. R. Food Technology: Innovations in Plant-Based Protein Sources / N. R. Nambi // *IAA Journal of Biological Sciences* 13(2):182-189, 2025 ISSN:2636-7254 – DOI <https://doi.org/10.59298/IAAJB/2025/132182189>

10. Anyiam, P. N., Potential plant proteins for functional food ingredients: Composition, utilization and its challenges / P. N. Anyiam, S. Phongthai, L. Grossmann, et. all // *NFS Journal*, Volume 38, 2025, 100216, ISSN 2352-3646, – DOI <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2025.100216>.

11. Arora, S. Comprehensive review on the role of plant protein as a possible meat analogue: framing the future of meat / S. Arora, P. Kataria // *ACS Omega*. – 2023. – Vol. 8, iss. 27. – DOI: 10.1021/acsomega.3c01373

12. Buhl, T. F. Aquafaba as an egg white substitute in food foams and emulsions: protein composition and functional behavior / Tina F. Buhl, Claus H. Christensen // *Food Hydrocolloids*. – 2019. – Vol. 96. – P. 215–222. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.05.041>

13. Crawford, K., Evaluation of processing conditions and hydrocolloid addition on functional properties of aquafaba / K. Crawford, C. Tyl // *Foods* – 2023. Vol. 4, iss. 12. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods12040775>.

14. Wen K., Effect of Mono- and Polysaccharide on the Structure and Property of Soy Protein Isolate during Maillard Reaction / K. Wen, Q. Zhang, J. Xie et. all // *Foods* . 2024. Vol. 13, iss. 17. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods13172832>

15. Moll, P., Homogenization improves foaming properties of insoluble pea proteins / P. Moll, H. Salminen, E. Griesshaber, et al. // *Food engineering, materials science, & nanotechnology*. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16320>

16. Wani, S. A., Comparative study of chickpea and green pea flour based on chemical composition, functional and pasting properties / S. A. Wani, P. Kumar // *National Conference on Innovative Techniques in the Development of Functional*

Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі, 2025. Вип. 2 (38). ISSN: 2312-3990X (Print) 2519-2922 (Online)

Foods and Nutraceuticals (NCFFN-14), Department of Food Engg. & Technology Sant Longowal Institute of Engg. & Tech. 2024. DOI: 10.13140/2.1.3470.4964

17. Qiu, H. Effects of Ultrasonic Treatment on the Structure, Functional Properties of Chickpea Protein Isolate and Its Digestibility In Vitro / H. Qiu, J. Zhang, X. Guo [et al.] // Foods. 2022. Vol. 11, iss. 6. Art. no. 880. DOI: 10.3390/foods11060880.

18. Roessel, J. Révolution végétale 2014. – URL: <http://www.revolutionvegetale.com/>

19. Dehtiar, V. Influence of Oil Content and Different Stabilizers on Microstructure and Rheological Characteristics of Food Emulsions Based on Beans Aquafaba / V. Dehtiar, A. Radchenko, O. Hrynchenko [et al.] // Engineering Proceedings. – 2025. <https://doi.org/10.3390/engproc2025087111>

20. Hrynchenko, O. Development of technology for food products with emulsion structure based on pea groats and pea aquafaba / O. Hrynchenko, A. Radchenko, V. Dehtiar [et al.] // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2025. Vol. 1/13 (133). P. 6–14. DOI: 10.15587/1729-4061.2025.323339.

21. Sachko, A., Canned beans aquafaba as an egg white substitute in the technology of low-fat mayonnaise / A. Sachko, O.Sema [et al.] // Eng. Proc. 2023, 56, 206. <https://doi.org/10.3390/ASEC2023-16291>

22. Shim, Y.Y., Composition and properties of aquafaba: water recovered from commercially canned chickpeas / Y.Y. Shim et al. // Journal of Visualized Experiments, No 134. 2018. DOI: 10.3791/56305

23. Wang, Y. Effects of combined treatment with ultrasound and pH shifting on foaming properties of chickpea protein isolate / Y. Wang, S. Wang, R. Li [et al.] // Food Hydrocolloids. 2022. Vol. 124. Art. no. 107351. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2021.107351.

24. ДСТУ 8402:2015. Продукти перероблення фруктів та овочів. Рефрактометричний метод визначання вмісту розчинних сухих речовин. Чинний від 2015-08-21. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2015. 9 с. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=82515

25. Gornall, A. G. Determination of serum proteins by means of the biuret reaction / A. G. Gornall, C. J. Bardawill, M. M. David // Journal of Biological Chemistry. 1949. Vol. 177, iss. 2. P. 751–766. DOI: 10.1016/S0021-9258(18)57021-6.

26. ДСТУ ISO 928:2015 Прянощі та приправи. Визначення загального вмісту золи (ISO 928:1997, IDT). Чинний від 2016-01-01. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2016. 9 с.

Лазурко Євген, здобувач ступеню доктор філософії, кафедра харчових технологій в ресторанній індустрії Державного біотехнологічного університету, eulazurko@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-7738-8919>

Yevhen Lazurko, PhD candidate, Department of food technology in the restaurant industry, State Biotechnological University, eulazurko@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-7738-8919>

Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі, 2025. Вип. 2 (38). ISSN: 2312-3990X (Print) 2519-2922 (Online)

Радченко Анна Едуардівна, к.т.н., доцентка, доцентка кафедри харчових технологій в ресторанній індустрії Державного біотехнологічного університету, gasanova.anna.edyardovna@gmail.com.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7101-6208>

Radchenko Anna, PhD, ass. professor, ass. professor of the department of food technology in the restaurant industry, State Biotechnological University, gasanova.anna.edyardovna@gmail.com.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7101-6208>

Гринченко Ольга Олексіївна, д-р техн. наук, професорка, завідувачка кафедри харчових технологій в ресторанній індустрії Державного біотехнологічного університету, grinoly@gmail.com.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9867-5502>

Hrynchenko Olha, doctor of technical sciences, professor, head of the department of food technology in the restaurant industry, State Biotechnological University, grinoly@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9867-5502>

Прийнято 18.11.2025 р. Оприлюднено 01.12.2025р.

УДК 664.7:637.1/.12

DOI 10.5281/zenodo.18219341

ВИКОРИСТАННЯ МОДИФІКОВАНИХ КРОХМАЛІВ В ТЕХНОЛОГІЇ СОУСІВ МОЛОЧНИХ ТА ВЕРШКОВИХ

А.М. Діхтярь, О.О. Гринченко

Досліджено технологічний потенціал модифікованих крохмалів для виробництва молочних та вершкових соусів. Встановлено, що вони забезпечують створення стабільних харчових систем з контрольованими реологічними властивостями неньютонівського типу. Мікроскопічні дослідження підтвердили збереження цілісності крохмальних зерен за впливу технологічних чинників. Отримані дисперсії характеризуються оптимальною вершковою текстурою та плинністю, що підтверджує перспективність використання модифікованих крохмалів для розробки інноваційних продуктів.

Ключові слова: модифіковані крохмалі, молочні та вершкові соуси, емульсія, реологічні властивості, термостабільність, структуроутворення.

USE OF MODIFIED STARCHES IN THE TECHNOLOGY OF MILK AND CREAM SAUCES

A.M. Dikhtyar, O.O. Hrynchenko

Modern food industry is characterized by increased demand for sauce products with controlled rheological properties and stable consumer characteristics. Modified starches as functional ingredients open new opportunities for creating innovative milk and cream sauces, which determines the relevance of studying their technological potential. The aim of the work was to investigate the influence of modified starches on the formation of rheological properties and structural-mechanical characteristics of milk and cream sauces, and to determine optimal technological parameters for their production. Rheological methods were used to determine viscosity characteristics of starch dispersions, microscopic studies to evaluate the structure of starch granules under different technological processing regimes, as well as organoleptic analysis of textural properties of the obtained systems. It was established that modified starches are effective structure-forming agents for creating stable milk and cream sauces with controlled rheological properties. The non-Newtonian nature of starch dispersions was experimentally confirmed, with viscosity depending on shear rate and modified starch concentration. It was found that with increasing starch concentration, the system viscosity increases significantly, allowing regulation of sauce consistency according to technological requirements. The influence of technological factors on rheological characteristics of the systems was investigated. Prolonged thermal treatment leads to viscosity reduction, while the combination of thermal and mechanical effects decreases viscosity compared to control samples. Microscopic studies confirmed that applied technological regimes do not lead to destruction of starch granules. Thermal treatment increases the degree of granule hydration, while mechanical impact is accompanied by system aeration with preservation of structural integrity. The obtained starch dispersions are characterized by short creamy texture and light flowability at room temperature, which meets technological requirements for milk and cream sauces. Optimal concentrations of modified starches were established to achieve necessary organoleptic and structural-mechanical properties of finished products. Research results confirm the prospects of using modified starches as functional ingredients for developing innovative sauce products in the food industry. The established patterns of influence of starch concentration and technological parameters on rheological properties of systems create a scientific basis for optimizing the production technology of milk and cream sauces with predictable consumer characteristics. The obtained results can be used by food industry enterprises for developing production technologies of milk and cream sauces using modified starches, which will ensure creation of products with controlled quality indicators and increased stability during storage.

Keywords: modified starches, milk and cream sauces, emulsion, rheological properties, thermostability, structure formation.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Розвиток ринку соусів відбувається в умовах зростання попиту на продукти з високою технологічною та мікробіологічною стабільністю, тривалим терміном зберігання та прогнозованими органолептичними характеристиками. За багатовекторності вирішення цього питання (інгредієнтний склад, технологія виробництва, способи пакування та види пакувальних матеріалів) одним із шляхів забезпечення стабільних властивостей соусів в технологічному потоці їх виробництва та зберігання є використання харчових добавок з поліфункціональними властивостями – загусники, стабілізатори, вологоутримуючі компоненти.

Нативні крохмалі традиційно застосовуються у складі соусів як загусники, проте вони мають обмежані функціонально-технологічні властивості: низька термостійкість, чутливість до коливань рН, ретроградація, що призводить до розшарування продукту та зміни реологічних показників під час зберігання. Це особливо критично для молочних та вершкових соусів, які характеризуються складною білково-жировою матрицею, схильною до фазового розділення та коагуляції під час нагрівання. У зв'язку з цим модифіковані крохмалі розглядаються як ефективні структуроутворювачі та стабілізатори, здатні забезпечити термостійкість соусів під час пастеризації та стерилізації; стабільність емульсійної структури; необхідний рівень в'язкості та текстуру; контрольовану реологічну поведінку під час обробки та зберігання; запобігання синерезису та ретроградації. Отже, застосування модифікованих крохмалів у технології молочних та вершкових соусів є актуальним напрямом харчової науки та індустрії, що відповідає світовим трендам.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз вітчизняної та зарубіжної літератури свідчить, що значний досвід в індустрії виробництва та реалізації соусів накопичено здебільшого в сегменті майонезів, дрсингів, кетчупів та ін. Ці питання розглянуто в дослідженнях [1-5]. Велику групу продуктів з емульсійною структурою складають соуси, що мають консистенцію від текучої в'язкої до густої, пасто- або гелеподібної та вміст жирової фази від 5% до 80%. У технології емульсійних продуктів, у тому числі майонезів та соусів, широко використовується знежирене молоко, однак за рахунок високого вмісту лактози та мінерального залишку функціонально-технологічні властивості його поступають яйцепродуктам. Однією з головних проблем використання молока для отримання емульсійних

харчових систем є агрегативна нестійкість казеїну молока, що складає до 80% загальних білків. Тому більш перспективним та технологічно обґрунтованим є використання температуро- та рН-стабільних сироваткових білків у вигляді концентратів, отриманих ультрафільтрацією. Їх широко використовують як емульгатори у виробництві майонезів, низькожирних салатних заправок та соусів зниженої калорійності [6].

Казеїн молока у формі казеїнату натрію характеризується підвищеною агрегативною стабільністю, тому також широко використовується як емульгатор. Однак соуси на його основі потребують стабілізації, для чого в них додатково вводяться загусники. У технології соусів емульсійного типу широко використовуються протеїни рослинного походження, переважно отримані з сої. Однак вони характеризуються низькою розчинністю, що не дозволяє повністю замінити яйцепродукти або молоко, тому соєпродукти комбінують з більш ефективними емульгаторами та/або стабілізаторами [7].

Соєві модифіковані білки дозволяють отримувати високостабільні емульсії з концентрацією жиру 30...40%, стійкі до дії високих температур та тисків. Як стабілізатори емульсійних продуктів останнім часом широко використовуються продукти переробки зернобобових культур, зокрема гороху, квасолі, нуту. Дефіцит стабілізаторів вітчизняного виробництва диктує необхідність застосування продуктів рослинного походження в ролі як смакових наповнювачів, так і стабілізаторів у виробництві низькокалорійних емульсійних продуктів.

Для стабілізації харчових емульсій останніми роками масштабного промислового впровадження набув напрям з використання гідроколоїдів, до яких, в основному, належать полісахариди – гуарова камедь, камедь гуміарабіку, трагаканту, карайї, ріжкового дерева, геланова камедь, камедь ксантану, велану, рамзану. Їх висока стабілізуюча здатність проявляється в утворенні у водяних розчинах тривимірної сітчастої структури, що супроводжується підвищенням в'язкості. При цьому більшість із них високогідрофільні та низькогідрофобні, що знижує їх поверхневу активність, але підвищує властивості стабілізувати емульсії. Вони схильні утворювати в розчинах асоціати з багатьма емульгаторами, створювати стабільні плівки на розподілі фаз, що є важливим для отримання харчових продуктів з гетерогенною структурою, які характеризуються тривалим зберіганням.

Широкий спектр функціонально-технологічних властивостей МЦ обумовлює її застосування у виробництві харчових продуктів. У зарубіжній літературі наводиться безліч рекомендацій з використання МЦ у виробництві кондитерських та хлібобулочних виробів, дієтичних джемів, салатних приправ, безалкогольних напоїв, сушених та заморожених продуктів, їстівних захисних покриттів.

У роботі досліджено можливість використання МЦ як загусника фруктово-ягідних киселів, супів, соусів; емульгатора у масляних сумішах та заправках для салатів, де до 40% вершкового масла та до 50% олії замінюються 1-відсотковим розчином МЦ. Поряд з МЦ у технології кулінарної продукції широко використовуються й інші похідні целюлози, зокрема NaКМЦ, оксипропілметилцелюлоза, гідроксипропілметилцелюлоза та ін. [8]. Традиційно ці харчові добавки використовуються у виробництві молочних та кондитерських виробів, низькожирних емульсій, безалкогольних напоїв, десертної продукції.

Одним з найбільш перспективних стабілізаторів для гетерогенних харчових систем є крохмаль. Завдяки унікальним особливостям цю сировину слід розглядати окремо від інших гідроколоїдів. Унікальність властивостей крохмалю визначається його здатністю під час нагрівання утворювати оклейстеризовані крохмальні дисперсії (ОКД), що мають високі стабілізуючі властивості. Однак ОКД є чутливими до низьких температур, кислот, ферментів, схильні до ретроградації, що не дозволяє їх використовувати в технології продукції тривалого зберігання. Різного роду модифікацією функціональні властивості крохмалів можуть бути істотно змінені з утворенням похідних, властивості яких суттєво відрізняються від нативного крохмалю [9-10].

Відповідно до Codex Alimentarius статус харчових добавок мають сьогодні дев'ятнадцять видів модифікованих крохмалів. Перспективними видами модифікованих крохмалів для харчової промисловості є набухаючі, окислені, стабілізовані та інші. Промислово вироблені картопляні та кукурудзяні нативні крохмалі у низці випадків не повною мірою задовольняють технологічні потреби харчової промисловості. У побутових умовах нативний крохмаль може забезпечувати задовільні результати при приготуванні їжі, однак у сучасних технологічних процесах має суттєві обмеження.

Основним недоліком нативного крохмалю є його низька стійкість до кислих значень рН, високих температур, механічного навантаження (інтенсивне перемішування, гомогенізація тощо). Під дією цих чинників відбувається руйнування крохмальних гранул, що призводить

до утворення тягучої (ниткоподібної) текстури, втрати в'язкості та погіршення реологічних властивостей. Під час охолодження, зберігання або заморожування відбувається ретроградація крохмалю: утворюється гелеподібна маса та спостерігається відшарування води. Такі зміни є критичними для продукції з пролонгованим терміном зберігання.

Модифіковані крохмалі відіграють ключову роль у створенні стабільних, якісних та технологічно керованих харчових систем. Вони є важливою платформою для розроблення інноваційних продуктів, зокрема з пінною або емульсійною структурою, що задовольняють потреби як споживачів, так і харчової промисловості.

Мета статті. Метою досліджень, наведених в даній статті, є вивчення реологічних та мікроструктурних показників модифікованих крохмалів як передумова використання їх у складі соусів молочних та вершкових.

Матеріали та методи. У дослідженні використано зразки крохмалю модифікованого, серія CLEARAM. Для досліджень готували ОКД з концентрацією крохмалю 1,0 – 10,0 %.

Реологічні характеристики ОКД вимірювали на ротаційному реометрі Kinexus Pro+ (Malvern Instruments Ltd,. Для дослідження використовували верхню геометрію – C25 DIN L0142 SS, яка є циліндром, та нижню геометрію – PC25 DIN C0350 AL. Криві в'язкості та течії отримували шляхом зміни швидкості зсуву в межах 0,1–100 1/s із проведенням 10 вимірювань на декаду. Осциляційні дослідження здійснювали за 0,5 % комплексної деформації зсуву в діапазоні частот 10.0-0.1 Гц [11-12]. Дослідження здійснювались за $t = 20,0 \pm 0,5$ °C.

Оцінку мікроструктури крохмальних зерен проводили за допомогою світлового мікроскопу з цифровою фотонасадкою за збільшення $\times 40$ разів. Для приготування препаратів 0,005 кг зразків петлею рівномірно наносили на предметне скло і мікроскопіювали, випадково обираючи поля зору за всією поверхнею препарату для отримання об'єктивних, статистично достовірних результатів та фотографували.

Виклад основного матеріалу дослідження. Передумовою використання модифікованих крохмалів в технології соусів молочних та вершкових є дослідження реологічних характеристик ОКД за впливу різних чинників (рис. 1).

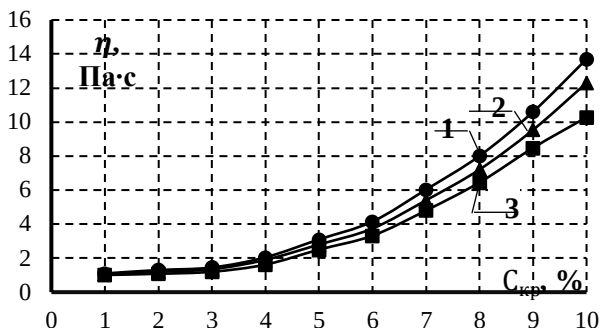


Рис. 1. Ефективна в'язкість ОКД залежно від концентрації крохмалю модифікованого (за швидкості зсуву 50 c^{-1}): 1 - $t = 90,0 \pm 0,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau = 3 \cdot 60 \text{ c}$ (контрольний зразок), 2 - $t = 90,0 \pm 0,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau = 15 \cdot 60 \text{ c}$, 3 - $t = 90,0 \pm 0,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau = 15 \cdot 60 \text{ c}$, $n = 1500 \text{ c}^{-1}$

Експериментально встановлено, що ОКД є неньютонівськими рідинами, в'язкість яких залежить від швидкості зсуву. Порівняльний аналіз ефективної в'язкості ОКД за швидкості зсуву 50 c^{-1} дозволяє констатувати, що ефективна в'язкість залежить від концентрації крохмалю модифікованого, тривалості термічного оброблення та механічного впливу. За даними рис.1, крива 1, видно, що в інтервалі концентрацій крохмалю модифікованого 1,0–4,0 % в'язкість ОКД поступово збільшується – з $1,10 \pm 0,05 \text{ Па}\cdot\text{с}$ до $2,05 \pm 0,05 \text{ Па}\cdot\text{с}$. Надалі має місце більш стрімке підвищення в'язкості. Так, для ОКД з концентрацією крохмалю модифікованого 6,0 %, 8 % та 10 % вона становить $4,15 \pm 0,15 \text{ Па}\cdot\text{с}$, $8,01 \pm 0,20 \text{ Па}\cdot\text{с}$ та $13,7 \pm 0,20 \text{ Па}\cdot\text{с}$ відповідно.

Аналогічні закономірності спостерігаються і для ОКД, які додатково ($\tau = 15 \cdot 60 \text{ c}$) піддавалися термічній обробці (рис.1, крива 2) та механічному впливу (інтенсивне перемішування, $n = 1500 \text{ c}^{-1}$) (рис.1, крива 3). Тривале термічне оброблення ОКД за концентрацій крохмалю 1,0%, 3,0% та 4,0% призводить до зменшення в'язкості на 3,0–3,5 %, 5–10 % та 8–11 % відповідно первинного значення.

Термічне оброблення ОКД за одночасного механічного впливу в більшій мірі знижує в'язкість: в інтервалі вмісту крохмалю модифікованого 1–4 % – на 7,0–8,0 %; 5–10 % – до 20 % порівняно з контрольним зразком.

Проте незважаючи на зниження в'язкості ОКД внаслідок деструкції крохмальних полісахаридів, ОКД за $t = 20,0 \pm 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ характеризуються короткою вершковою текстурою, легкою плинністю, що є цілком прийнятним для соусів молочних та вершкових.

Фотомоніторинг ОКД, одержаних за різних параметрів (рис. 2) показав, що незалежно від впливу технологічних чинників всі ОКД містять набряклі незруйновані зерна овальної форми. Більш тривале термічне оброблення (рис. 2, фото 2) призводить до більш високого ступеня поглинання води (крохмальні зерна стають більші за розміром), механічне оброблення (рис. 2, фото 3) не призводить до руйнування крохмальних зерен, проте супроводжується аерацією (на фото видно поряд з крохмальними зернами повітряну фазу).

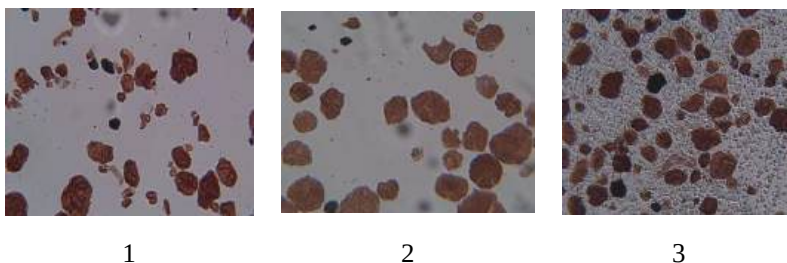


Рис. 2. Фотомоніторинг ОКД: 1 – $t = 90,0 \pm 0,2^\circ\text{C}$, $\tau = 3 \cdot 60$ с (контрольний зразок), 2 – $t = 90,0 \pm 0,2^\circ\text{C}$, $\tau = 15 \cdot 60$ с, 3 – $t = 90,0 \pm 0,2^\circ\text{C}$, $\tau = 15 \cdot 60$ с, $n = 1500 \text{с}^{-1}$

Таким чином, проведені дослідження дозволяють стверджувати про можливість використання модифікованих крохмалів в технології соусів молочних та вершкових.

Висновки. Модифіковані крохмалі є ефективними структуроутворювачами для створення стабільних молочних та вершкових соусів з контрольованими реологічними властивостями. Встановлено неньютонівську природу крохмальних дисперсій, в'язкість яких залежить від швидкості зсуву та концентрації модифікованого крохмалю. Зі збільшенням концентрації від 1% до 10% в'язкість зростає від $1,10 \pm 0,05 \text{ Па} \cdot \text{с}$ до $13,7 \pm \text{Па} \cdot \text{с}$. Технологічне оброблення впливає на реологічні характеристики систем: тривале термічне оброблення знижує в'язкість на 3-11%, а поєднання термічного та механічного впливу – до 20% порівняно з контрольними зразками.

Мікроскопічні дослідження підтвердили, що технологічні режими не призводять до руйнування крохмальних зерен. Термічне оброблення підвищує ступінь гідратації зерен, а механічний вплив супроводжується аерацією системи. Отримані крохмальні дисперсії характеризуються короткою вершковою текстурою та легкою

плинністю при температурі $20,0 \pm 0,5$ °C, що відповідає технологічним вимогам до молочних та вершкових соусів.

Результати досліджень підтверджують перспективність використання модифікованих крохмалів як функціональних інгредієнтів для розроблення інноваційних соусних продуктів харчової промисловості.

Список джерел інформації / References

1. Андреева, С., & Колеснікова, М. (2017). Дослідження термодинамічних властивостей крохмалів фізичної модифікації при виробництві соусів солодких. *Food Science and Technology*, 11(2). <https://doi.org/10.15673/fst.v11i2.510>
2. Andrieieva, S., & Kolesnikova, M. (2017). Doslidzhennia termodynamichnykh vlastyvostei krokhmaliv fizychnoi modyfikatsii pry vyrobnytstvi sousiv solodkykh. *Food Science and Technology*, 11(2).
3. Ianushkevych, O., Grynchenko, N., Radchenko, A., Marynin, A., Hrynchenko, O., & Kolesnikova, M. (2025). Devising a technology for hot thermostable sauces based on dairy raw materials. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3(11 (135)), 33–42. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.330249>
4. Gałkowska, D., Kapuśniak, K., & Juszczak, L. (2023). Chemically Modified Starches as Food Additives. *Molecules*, 28(22), 7543. <https://doi.org/10.3390/molecules28227543>
5. Jimenez, Paulina & Punia Bangar, Sneha & Whiteside, William. (2024). Effects of different types of starches on heat penetration and physicochemical characteristics in alfredo sauce. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 18. 8888-8897. <https://doi.org/10.1007/s11694-024-02853-8>
6. Akdowa, E. P., Didi, A., & Clergé, T. (2025). Comparative Study of the Impact of Stearin-Modified Starches from Maize, Ginger, and Sweet Potato on the Physicochemical Properties of Low-Fat Mayonnaise. *Proceedings*, 118(1), 12. <https://doi.org/10.3390/proceedings2025118012>
7. Szafrńska, Jagoda & Muszyński, Siemowit & Sołowiej, Bartosz. (2020). Effect of whey protein concentrate on physicochemical properties of acid casein processed cheese sauces obtained with coconut oil or anhydrous milk fat. *LWT- Food Science and Technology*. 127. 109434. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109434>
8. Guardeno, Luis Miguel & Hernando, Isabel & Quiles, Amparo. (2013). Effect of Different Rice Starches, Inulin, and Soy Protein on Microstructural, Physical, and Sensory Properties of Low-Fat, Gluten, and Lactose Free White Sauces. *Czech Journal of Food Sciences*. 31. 575. <https://doi.org/10.17221/483/2012-CJFS>
9. Ates, Saim & Durmaz, Ekrem & Hamad, Ahmed. (2016). Evaluation Possibilities of Cellulose Derivatives in Food Products. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*. 16. <https://doi.org/10.17475/kastorman.289749>
10. Andrieieva, Svitlana & Kolesnikova, Maryna & Hrynchenko, Olha & Iurchenko, Svitlana & Dikhtyar, Aliona. (2022). Development of technology of

Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі, 2025. Вип. 2 (38). ISSN: 2312-3990X (Print) 2519-2922 (Online)

snacks with different types of breadding for fast food enterprises. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 6. 60-68. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.268905>

10. Funami, Takahiro & Nakauma, Makoto & Noda, Sakie & Ishihara, Sayaka & Asai, Iwao & Inouchi, Naoyoshi & Nishinari, Katsuyoshi. (2008). Effects of some anionic polysaccharides on the gelatinization and retrogradation behaviors of wheat starch: Soybean-soluble polysaccharide and gum Arabic. Food Hydrocolloids. 22. 1528-1540. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2007.10.008>

11. Горальчук А.Б. та ін. Реологічні методи дослідження сировини і харчових продуктів та автоматизація розрахунків реологічних характеристик: Навчальний посібник / А.Б.Горальчук, П.П.Пивоваров, О.О. Гринченко, М.І. Погожих, В.В. Полевич, П.В. Гурський/ Харк. держ. ун-т харч. та торгівлі. Харків, 2006. 63 с.

Horachuk A.B. та in. Reolohichni metody doslidzhennia syrovyny i kharchovykh produktiv ta avtomatyzatsiia rozrakhunkiv reolohichnykh kharakterystyk: Navchalnyi posibnyk / A.B.Horalchuk, P.P.Pyvovarov, O.O. Hrynchenko, M.I. Pohozhykh, V.V. Polevych, P.V. Hurskyi/ Khark. derzh. un-t kharch. ta torhivli. Kharkiv, 2006. 63 s.

12. Gröger, Benjamin & Wang, Jingjing & Bätzel, Tim & Hornig, Andreas & Gude, Maik. (2022). Modelling and Simulation Strategies for Fluid–Structure-Interactions of Highly Viscous Thermoplastic Melt and Single Fibres – A Numerical Study. Materials. 15. 7241. <https://doi.org/10.3390/ma15207241>

Діхтярь Альона Миколаївна, к.т.н., доцент, доцент кафедри харчових технологій в ресторанній індустрії Державного біотехнологічного університету, alenadikhtyar@ukr.net,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5430-147X>

Dikhtyar Aliona, PhD, associate professor, associate professor, Department of food technology in the restaurant industry State Biotechnological University, alenadikhtyar@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5430-147X>

Гринченко Ольга Олексіївна, д.т.н., професорка, завідувачка кафедри харчових технологій в ресторанній індустрії, Державний біотехнологічний університет, grinoly@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9867-5502>

Hrynchenko Olga, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of food technology in the restaurant industry of the State Biotechnological University, grinoly@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9867-5502>

Прийнято 18.11.2025 р. Оприлюднено 01.12.2025р.

РОЗРОБКА МАКАРОННИХ ВИРОБІВ ПІДВИЩЕНОЇ ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ

М.В. Артамонова, Т.В. Гавриш, А.О. Воронкін

Актуальність роботи зумовлена необхідністю розширення асортименту здорових харчових продуктів на українському ринку та проблемою низької харчової цінності макаронних виробів, що виготовляються переважно з м'яких сортів пшениці.

Досліджено вплив шроту насіння льону та порошку шипшини на макаронні вироби. За результатами досліджень встановлено, що додавання 5% шроту насіння льону та 5% порошку шипшини від маси борошна дозволить отримати макаронні вироби з високими органолептичними та варильними властивостями. Встановлено, що введення добавок позитивно впливає на харчову цінність продукту, збагачуючи його харчовими волокнами, білком, Омега-3 жирними кислотами та вітаміном С.

Ключові слова: макаронні вироби, харчова цінність, шрот насіння льону, порошок шипшини, функціональні добавки, харчові волокна, Омега-3 жирні кислоти, вітамін С, антиоксиданти.

DEVELOPMENT OF PASTA PRODUCTS WITH ENHANCED NUTRITIONAL VALUE

M. Artamonova, T. Gavrysh, A. Voronkin

The article presents the study results of the development of functional pasta products through the enrichment of receipts with flaxseed meal and rosehip powder. The relevance of this work is determined by the need to expand the range of healthy food products on the Ukrainian market and to address the problem of the low nutritional value of pasta made mainly from soft wheat. The purpose of the research is development and scientifically substantiation of optimal pasta receipt with increased content of biologically active substances. During the experiment, control and three experimental pasta samples were produced, with a total content of 10% plant additives but with different ratios of flaxseed meal and rosehip powder. The comprehensive analysis of the organoleptic and cooking properties of the obtained samples was conducted. It was established that the incorporation of these additives positively affected on the nutritional value of the product by enriching it with dietary fiber, protein, omega-3 fatty acids, and vitamin C. On the base of the research results, the optimal receipt contained 5% flaxseed meal and 5% rosehip powder. This sample demonstrated the best balance between organoleptic characteristics (pleasant taste

with a slight sourness, uniform reddish tint), cooking properties (shape retention rate after cooking of 94.4%), and nutritional value. Laboratory analysis confirms that the developed product contains 10.73% protein, 6.1% dietary fiber, and 32.5mg/100g of vitamin C, it allows its classification as a functional food product. The proposed technology is promising for implementation in food industry enterprises for import substitution purposes and to meet the growing consumer demand for healthy food.

Keywords: *pasta products, nutritional value, flaxseed meal, rosehip powder, functional additives, dietary fiber, omega-3 fatty acids, vitamin C, antioxidants.*

Постановка проблеми в загальному вигляді. Макаронні вироби є одним із найпопулярніших продуктів харчування в Україні завдяки доступності, простоті приготування та тривалому терміну зберігання. Проте традиційно для їх виробництва використовується борошно з м'яких сортів пшениці, що характеризується низьким вмістом білка, вітамінів та мінеральних речовин. Водночас на ринку спостерігається тенденція до скорочення внутрішнього виробництва класичних макаронних виробів на тлі зростання імпорту, а якість вітчизняної пшениці за показниками білка та клейковини знижується [1]. У цих умовах розробка технологій, спрямованих на підвищення харчової цінності продукції з використанням локальної сировини, є надзвичайно актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Світова наука пропонує численні шляхи збагачення макаронних виробів: використання борошна з бобових (нут), псевдозлаків (кіноа, амарант), додавання спіруліни, овочевих порошків та продуктів переробки (висівки, шроти). Такі інгредієнти дозволяють підвищити вміст білка, харчових волокон, вітамінів та антиоксидантів, а також знизити глікемічний індекс готового продукту.

Група вчених в оглядовій статті відмітили, що спіруліна в макаронних виробках підвищує харчову цінність і є корисна для здоров'я. Спіруліна має виняткову поживну цінність (високий вміст білка з незамінними амінокислотами, омега-3 жирних кислот, мінералів та антиоксидантів), як інноваційного інгредієнта у виробництві функціональних харчових продуктів, зокрема хлібобулочних та макаронних виробів. Оглянуті дослідження свідчать, що при дотриманні оптимального рівня внесення спіруліни її додавання не погіршує техніко-функціональні характеристики кінцевого продукту [2, с 105170]. Використання овочевих порошків у виробництві макаронних виробів є ефективним методом підвищення їхньої харчової цінності. Зокрема, дослідження українських вчених із додаванням порошків томата та гливи показали, що внесення цих добавок значно збільшує

вміст харчових волокон у готовому продукті, покращуючи при цьому його здатність до набухання. Встановлено, що оптимальна концентрація цих овочевих порошків становить 1-3% від маси борошна, і таке дозування позитивно впливає на міцність макаронів, стан їхньої поверхні та збереження форми після термічної обробки, а також додає виробам привабливий колір [3, с 72-78]. Додавання яблучних вичавок до макаронних виробів, навіть у значній концентрації - до 50%, виявилось ефективним методом збагачення макаронних виробів. Зокрема, такий підхід призвів до збільшення вмісту поліфенолів та харчових волокон у готовому продукті. У макаронних виробках із додаванням яблучного жому також спостерігалось зниження твердості та максимальної енергії різання порівняно з контрольним зразком. Використання вичавок спричинило зниження твердості виробів, але їхня водопоглинальна здатність залишалася стабільною, навіть при максимальній дослідженій концентрації 50%. Таким чином, яблучні вичавки вважаються перспективним інгредієнтом для підвищення функціональності макаронних виробів [4, с 804]. Ефективність збагачення макаронних виробів псевдозлаками та бобовими була підтверджена іспанськими вченими, які розробили різні зразки, додаючи до пшеничного борошна пророщену кіноа, ківічу та борошно кушуро. Дослідження показало, що додавання комбінації пророслої кіноа (13%) з кушуро (8%), а також пророслої ківічі (15%) з кушуро (15%) призвело до значного підвищення вмісту білка, жиру та розчинних харчових волокон у кінцевому продукті, що свідчить про високий потенціал цих інгредієнтів для покращення поживної цінності макаронних виробів [5, с. 4395]. Також становить інтерес використання борошна кероба. Вчені оцінили реологічні властивості тіста, текстуру готових макаронних виробів, їх хімічний склад, включаючи загальну кислотність, вміст води, білка, а також провели сенсорний аналіз. Ключовим результатом стало те, що додавання до 4% борошна кероба не лише покращило сенсорні та функціональні характеристики продукту, але й значно збагатило його біоактивними сполуками [6, с 3788].

Особливий інтерес становлять такі функціональні добавки, як шрот насіння льону та порошок шипшини. Льон та продукти його переробки є цінним джерелом важливих фізіологічно-функціональних інгредієнтів, що зумовлено їхнім багатим складом. Ці продукти містять білки з повноцінним амінокислотним профілем, незамінні поліненасичені жирні кислоти (зокрема, ліноленову (ω -3) кислоту), а також велику кількість харчових волокон та водорозчинних сполук, здатних утворювати слиз. Окрім того, льон збагачений вітамінами,

макро- та мікроелементами, а також потужними антиоксидантами, серед яких виділяються лігнани [7, с 76-81]. Автори дослідження успішно частково замінили борошно твердих сортів лляним шротом для збагачення макаронних виробів. Встановлено, що ця добавка, в розмірі 17% від загальної маси борошна, позитивно вплинула на технологічні показники: вона зменшила втрати сухої речовини під час варіння та збільшила кінцеву вагу виробів після термічної обробки. Незважаючи на те, що збагачені макаронні вироби мали знижену твердість та менший індекс білизни, їхня харчова цінність значно зросла за рахунок більшого вмісту білка, жиру та клітковини порівняно з контрольним зразком. Важливо зазначити, що при цьому енергетична цінність збагачених макаронних виробів суттєво не змінилася [8, с 404].

Згідно з даними дослідників, плоди шипшини є значним джерелом як поліфенолів, так і вітаміну С. Фенольні сполуки, що містяться в шипшині, відзначаються широким спектром біохімічної активності, включаючи антимуtagenні, антиканцерогенні та антиоксидантні властивості. Крім того, надзвичайно висока концентрація аскорбінової кислоти (426 мг на 100 грам плодів) відіграє вирішальну роль у важливих фізіологічних процесах організму [9, с 725-733]. Важливими складовими плодів шипшини є лінолева та ліноленова кислоти, які належать до есенціальних жирних кислот і відіграють провідну роль у регуляції багатьох фізіологічних процесів в організмі. У 100 грамах шипшини міститься 1,78 грама загального жиру, причому значну частину цього жиру складають саме ці поліненасичені кислоти: лінолева кислота представлена у кількості 0,28 грама, а ліноленова кислота – 0,72 грама [10, с 1389-1384]. Українські дослідники вивчали можливість використання порошку шипшини у рецептурі бісквітів і, провівши низку експериментів, встановили оптимальне дозування цієї добавки: 15% від маси борошна. Застосування такої кількості порошку дозволяє збагатити бісквітний виріб, забезпечуючи вміст вітаміну С на рівні 55,6 мг на 100 грамів готової продукції [11, с 178-179].

Тому, виникає обґрунтована потреба в дослідженнях, спрямованих на вивчення впливу комбінації лляного шроту та порошку шипшини на якісні та функціональні характеристики макаронних виробів.

Мета статті - вивчення впливу шроту насіння льону та порошку шипшини до технології макаронних виробів з метою підвищеної харчової цінності макаронних виробів шляхом збагачення пшеничного борошна.

Матеріали та методи. Об'єктом дослідження були шрот насіння льону, порошок шипшини і технологія виробництва макаронних

виробів, а предметом - макаронні вироби з додаванням цих компонентів та їх фізико-хімічні й органолептичні властивості. Для аналізу використовувались загальноприйняті органолептичні та експериментально-статистичні методи дослідження сировини, напівфабрикатів і готових виробів.

Оцінку якості готових виробів проводили за стандартними методиками (ДСТУ 7348). Оцінювали основні показники якості: колір, запах, смак і текстуру як сухих, так і варених макаронних виробів. При цьому особливо враховували вплив фруктового аромату шипшини та горіхових відтінків льону на загальне органолептичне сприйняття продукту. Для кожного зразка також визначали варильні властивості – збереження форми після варіння, стан води після варіння, час варіння та коефіцієнт збільшення маси. Результати порівнювали з контрольним зразком без добавок. Харчову цінність найкращого зразка визначали лабораторними методами в ТОВ «Експертний центр діагностики та лабораторного супроводу «Біолайтс» м. Тернопіль.

Виклад основного матеріалу дослідження. Було проведено аналіз хімічного складу порошку шипшини [12, с 1591-1601, 13, с 325-328] (табл. 1) та шроту насіння льону [14, с 1633-1653, 15, с 1857-1871] (табл. 2).

Таблиця 1

Усереднений хімічний склад порошку шипшини (на 100г продукту)

Показник	Вміст
Білки, г	3,5-8,0
Жири, г	1,0-5,0
Вуглеводи (загальні), г	50-65
у т.ч. цукри, г	15-25
Харчові волокна, г	25-50
Вітамін С (аскорбінова кислота), мг	400-2500
Каротиноїди (провітамін А), мг	4-15
Флавоноїди (рутин, кверцетин), мг	300-1000

На основі представлених даних, порошок шипшини виділяється як потужний природний концентрат вітаміну С, що робить його винятковим антиоксидантом. Він також є значним джерелом харчових волокон та біологічно активних флавоноїдів і каротиноїдів. Шрот насіння льону є високоцінним джерелом рослинного білка та харчових

волокон. Його унікальність полягає у високому вмісті лігнанів та Омега-3 жирної кислоти.

Таблиця 2

Усереднений хімічний склад шроту льону (на 100г продукту)

Показник	Вміст
Білки, г	30-45
Жири (залишкові), г	8-15
у т.ч. α -ліноленова кислота (Омега-3), г	4-8
Вуглеводи (загальні), г	28-40
Харчові волокна, г	25-38
у т.ч. розчинні (слиз), г	7-10
Лігнани, мг	600-800

Дослідження хімічного складу порошку шипшини та шроту льону показали, що ці добавки містять значний відсоток БАР та незамінних нутрієнтів, таких як вітаміни, білки та харчові волокна. Використання цих добавок дозволить одержати вироби з підвищеною харчовою та біологічною цінністю.

На основі вищезазначеного було розроблено три види макаронних виробів з додаванням порошку шипшини та шроту насіння льону у співвідношеннях 3:7%, 5:5% та 7:3% відповідно до маси борошна пшеничного вищого гатунку. За контроль обрано традиційну рецептуру макаронних виробів з борошна пшеничного вищого гатунку без добавок.

Приготування тіста включало змішування сухих інгредієнтів і води (температура 45°C) протягом 10 хв. Готове тісто пресували на макаронному пресі Fimar MPF 1.5 (виробник Fimar SPF, Італія) через матрицю з фторопластовими вставками (виробник ТОВ «Філ'єркін і Ко», Україна), формуючи вироби заданої форми (спіраль та мушля). Після пресування та формування вироби сушили в сушильній шафі Klarstein (виробник Chal-Tec GmbH, Німеччина): 1 годину при 45°C з інфрачервоним випромінюванням, а потім при 35°C до досягнення вологості 13-14%. Завершальним етапом була стабілізація при кімнатній температурі протягом 2 годин.

Результати комплексного аналізу органолептичних та варильних властивостей експериментальних зразків представлено в табл. 3, а зовнішній вид на рис. 1.

Таблиця 3

Порівняльний аналіз якісних характеристик, отриманих зразків

Показник	Контрольний зразок (100% хлібопекарське борошно в/г)	Рецептура 1 (3% шипшини, 7% льону)	Рецептура 2 (5% шипшини, 5% льону)	Рецептура 3 (7% шипшини, 3% льону)
Зовнішній вигляд до варіння	Гладка структура, рівномірний світлий колір	Світлий коричневий відтінок, зернистість	Світлий рудуватий відтінок	Рівний, легкий рудуватий відтінок
Зовнішній вигляд після варіння	Добре зберігає форму, мінімум розвалених виробів	Більше тріснутих виробів, помітне злипання	Середня збереженість форми, невелике злипання	Деякі тріснуті виробів, легка мутність води
Колір після варіння	Майже незмінний, трохи жовтуватий	Трохи світліший, коричнюватий	Теплий рудуватий відтінок	Легкий рудуватий відтінок, трохи світліший
Запах	Нейтральний	Легкий горіховий аромат, присутні нотки фруктового аромату	Злегка фруктовий або нейтральний	Фруктовий аромат перебиває всі аромати
Смак	Нейтральний, типовий	Більш виражений горіховий смак, легка гірчинка	Легкий горіховий і кислуватий	Легкий кислуватий присмак
Консистенція після варіння	Однорідна, гладка	Помітно зерниста	Досить щільна	Помірно щільна
Стан води після варіння	Прозора, мінімум осаду, присутні куски макаронних виробів	Значно каламутна, помітний осад	Трохи каламутна, невеликий осад	Помірно каламутна, легкий осад

Збереження форми макаронних виробів, %	90,0	94,2	94,4	89,1
Коефіцієнт збільшення маси	2,39	2,24	2,24	2,32

На основі табл. 3 видно, що рецептури з додаванням функціональних інгредієнтів зберігають форму після варіння не гірше за контроль. Зокрема, рецептури 1 і 2 демонструють найвищі показники формостійкості. Найбільший коефіцієнт збільшення маси (2,32) спостерігався у рецептурі 3, що містить найбільше шипшини, тоді як рецептури 1 і 2 мають однакове значення 2,24. Усі варіанти варилися однаково (5хв). Водночас вода після варіння макаронів із добавками була більш каламутною, що свідчить про відмінності у складі крохмалю та пектинових речовин у рецептурі.

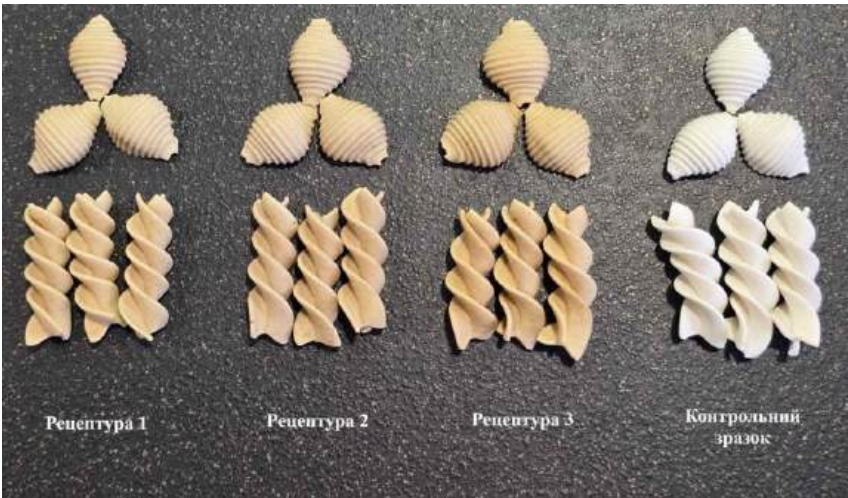


Рис. 1. Зовнішній вигляд зразків макаронних виробів

Органолептичний аналіз підтвердив, що найбільш збалансованим і приємним на смак є зразок рецептури 2 (додавання до рецептури 5% шипшини та 5% шрот насіння льону від загальної маси борошна). Ці макаронні вироби мають світло-коричневий однорідний

колір, приємний фруктово-горіховий аромат та гармонійний смак із легкою кислинкою. Рецепт 1 відзначалася більш вираженим горіховим смаком і високим вмістом харчових волокон, тоді як у рецептури 3 проявився різкий фруктовий аромат і нижча текстурна однорідність. Враховуючи всі дані, рекомендовано рецептуру 2 як більш раціональну, тому що вона забезпечує поєднання високих смакових якостей.

Проведені лабораторні дослідження, представлені у табл.4, свідчать про підвищення їх харчової та біологічної цінності. Встановлено, що вміст білка становить 10,73%, що є важливим для підтримки та відновлення м'язових тканин організму. Розрахунковий вміст харчових волокон (6,1г/100г) вказує на потенційне покращення перистальтики кишечника та нормалізацію травлення, що робить продукт корисним для шлунково-кишкового тракту.

Особливу цінність представляє жирнокислотний склад продукту, зокрема наявність незамінних поліненасичених жирних кислот: Омега-3 (30мг/100г) та Омега-6 (400мг/100г). Ці компоненти, отримані завдяки додаванню шроту льону, відіграють головну роль у функціонуванні серцево-судинної системи, сприяють зниженню рівня холестерину та мають протизапальні властивості. Крім того, теоретично розрахований вміст вітаміну С (32,5мг/100г), джерелом якого є порошок шипшини, забезпечує антиоксидантний захист організму та зміцнює імунну систему.

Таблиця 4

Хімічний склад макаронних виробів з додаванням порошку шипшини та шроту насіння льону

Показник	Значення
Масова частка білку, %	10,73
Масова частка вуглеводів, %	76,70
Енергетична цінність, ккал/100г	355,75
Енергетична цінність, кДж/100г	1488,46
Масова частка вологи, %	10,80
Масова частка жиру, %	0,67
Масова частка золи, %	1,10
Масова частка Омега-3 жирних кислот, мг/100г	30
Масова частка Омега-6 жирних кислот, мг/100г	400
Масова частка Омега-9 жирних кислот, мг/100г	130

Висновки. Проведені дослідження показали, що найкращі результати отримано при додаванні до рецептури макаронів 5% шроту

насіння льону та 5% порошку шипшини. Такий склад дає змогу підвищити поживну цінність макаронних виробів за рахунок збільшення вмісту білка (10,73%), харчових волокон, вітаміну С і Омега-3 жирних кислот (30мг/100г). Макаронні вироби збагачуються корисними речовинами та добре зберігають форму після варіння. Отримані результати підтверджують доцільність використання цих компонентів для створення макаронних виробів оздоровчого призначення та розширення їх асортименту на українському ринку.

Список джерел інформації / References

1. Якість пшениці врожаю 2024/2023 (вміст білка та клейковини, заспorenість сажкою, мікологічна експертиза). SuperAgronom. Отримано 1 жовтня 2025, з <https://superagronom.com/multimedia/infographics/91-yakist-pshenitsi-vrojayu-2024-2023-vmist-bilka-ta-kleykovini-zasporenist-sajkovu-mikologichna-ekspertiza>

SuperAgronom. (2025, October 1). Quality of wheat harvest 2024/2023 (protein and gluten content, bunt infection, mycological expertise). Retrieved from <https://superagronom.com/multimedia/infographics/91-yakist-pshenitsi-vrojayu-2024-2023-vmist-bilka-ta-kleykovini-zasporenist-sajkovu-mikologichna-ekspertiza>

2. Nejatian, M., Ghandehari Yazdi, A. P., Saberian, H., Bazsefidpar, N., Karimi, A., Soltani, A., Assadpour, E., Toker, O. S., & Jafari, S. M. (2024). Application of Spirulina as an innovative ingredient in pasta and bakery products. Food Bioscience, 62, 105170. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.105170>

3. Дзюндзя, О., & Шинкарук, М. (2021). Вплив овочевих порошоків на якість макаронних виробів. Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки, (3), 72–78.

Dziundzja, O., & Shynkaruk, M. (2021). Influence of vegetable powders on the quality of pasta products. Tavriyskiy Scientific Bulletin. Series: Technical Sciences, (3), 72–78.

4. Gumul, D., Kruczek, M., Ivanišová, E., Słupski, J., & Kowalski, S. (2023). Apple Pomace as an Ingredient Enriching Wheat Pasta with Health-Promoting Compounds. Foods, 12(4), 804. <https://doi.org/10.3390/foods12040804>

5. Paucar-Menacho, L. M., Vásquez Guzmán, J. C., Simpalo-Lopez, W. D., Castillo-Martínez, W. E., & Martínez-Villaluenga, C. (2023). Enhancing Nutritional Profile of Pasta: The Impact of Sprouted Pseudocereals and Cushuro on Digestibility and Health Potential. Foods, 12(24), 4395. <https://doi.org/10.3390/foods12244395>

6. Lupu, M. I., Canja, C. M., Padureanu, V., Boieriu, A., Maier, A., Badarau, C., Padureanu, C., Croitoru, C., Alexa, E., & Poiana, M.-A. (2023). Insights on the Potential of Carob Powder (*Ceratonia siliqua* L.) to Improve the Physico-Chemical, Biochemical and Nutritional Properties of Wheat Durum Pasta. Applied Sciences, 13(6), 3788. <https://doi.org/10.3390/app13063788>

7. Дробот, В. І., Іжевська, О. П., & Бондаренко, Ю. В. (2016). Шрот насіння льону в технології хлібобулочних виробів. Харчова наука і технологія, 10(3), 76–81.

Drobot, V. I., Izhevskaya, O. P., & Bondarenko, Yu. V. (2016). Flaxseed meal in bakery technology. *Food Science and Technology*, 10(3), 76–81.

8. Zarzycki, P., Sykut-Domańska, E., Sobota, A., Teterycz, D., Krawęcka, A., Blicharz-Kania, A., Andrejko, D., & Zdybel, B. (2020). Flaxseed Enriched Pasta—Chemical Composition and Cooking Quality. *Foods*, 9(4), 404. <https://doi.org/10.3390/foods9040404>

9. Chrubasik, C., Roufogalis, B. D., Müller-Ladner, U., & Chrubasik, S. (2008). A systematic review on the *Rosa canina* effect and efficacy profiles. *Phytotherapy research* : PTR, 22(6), 725–733. <https://doi.org/10.1002/ptr.2400>

10. Ercisli, S. (2007). Chemical composition of fruits in some rose (*Rosa* spp.) species. *Food Chemistry*, 104(4), 1379–1384. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.01.053>

11. Рогова, А. Л., Чоні, І. В., & Медведь, Л. М. (2020). Вплив порошку шишини на показники якості бісквітного напівфабрикату. У Інноваційні технології в готельно-ресторанному бізнесі: матеріали IX Всеукраїнської науково-практичної конференції, 19–20 травня 2020 р. (С. 178–179). НУХТ.

Rohova, A. L., Choni, I. V., & Medved, L. M. (2020). Influence of rosehip powder on the quality indicators of sponge semi-finished product. In *Innovative Technologies in the Hotel and Restaurant Business: Proceedings of the IX All-Ukrainian Scientific and Practical Conference*, May 19–20, 2020 (pp. 178–179). NUFT.

12. Ilyasoglu, H. (2014). Characterization of Rosehip (*Rosa canina* L.) seed and seed oil. *International Journal of Food Properties*, 17(7), 1591–1601. <https://doi.org/10.1080/10942912.2013.777075>

13. Kazankaya, A., Turemis, N., & Tufenkci, S. (2001). Some chemical and physical properties of rose hip (*Rosa canina* L.) fruits grown in the region of Van. *Journal of Food Engineering*, 48(4), 325–328.

14. Goyal, A., Sharma, V., Upadhyay, N., Gill, S., & Sihag, M. (2014). Flax and flaxseed oil: an ancient medicine & modern functional food. *Journal of food science and technology*, 51(9), 1633–1653. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1247-9>

15. Kajla, P., Sharma, A., & Sood, D. R. (2015). Flaxseed—A potential functional food source. *Journal of Food Science and Technology*, 52(4), 1857–1871. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1293-y>

Артамонова Майя Володимирівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри технології хлібопродуктів і кондитерських виробів, Державний біотехнологічний університет. Тел: +380503433860, електронна пошта: m7012068@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4243-2915>

Artamonova Maiia, PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Department of Technology of Grain and Confectionery Products, State Biotechnological University. Tel.: +380503433860, E-mail: m7012068@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4243-2915>

Гавриш Тетяна Володимирівна, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри технології хлібопродуктів і кондитерських виробів, Державний біотехнологічний університет. Тел: +380661758947, електронна пошта: gavrishtanya@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5461-8442>

Havrysh Tetiana, PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Technology of Grain and Confectionery Products, State Biotechnological University. Tel.: +380661758947, E-mail: gavrishtanya@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5461-8442>

Воронкін Андрій Олександрович, аспірант, кафедра технології хлібопродуктів і кондитерських виробів, Державний біотехнологічний університет. Тел: +380509999534, електронна пошта: filerkin.com@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3319-3463>

Voronkin Andrii, PhD student, Department of Technology of Grain and Confectionery Products, State Biotechnological University. Tel.: +380509999534, E-mail: filerkin.com@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3319-3463>

Прийнято 18.11.2025 р. Оприлюднено 01.12.2025р.

УДК 664.292

DOI 10.5281/zenodo.18219852

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО СТВОРЕННЯ ТЕРМОСТАБІЛЬНОЇ ЖЕЛЕЙНОЇ НАЧИНКИ З ПЕКТИНОМ

**Л.К. Карпенко, О.В. Богомолів, І.В. Цихановська,
О.В. Александров, А.С. Нікулін**

У статті розглядаються інноваційні підходи до створення термостабільної желейної начинки на основі низькоетерифікованого цитрусового пектину з використанням комплексної харчової добавки (КХД). Встановлено оптимальні концентрації (пектин 5 %, КХД 0,15 %), що забезпечують стабільну желеву структуру, підвищену термостійкість, водоутримувальну здатність і покращені органолептичні властивості, а також економічну доцільність промислового виробництва.

Ключові слова: термостабільна желейна начинка, цитрусовий пектин, комплексна харчова добавка, структура гелю, водоутримувальна здатність, органолептичні властивості, кондитерські вироби.

INNOVATIVE APPROACHES TO CREATING A HEAT-STABLE JELLY FILLING WITH PECTIN

L.K. Karpenko, O.V. Bogomolov, I.V. Tsikhanovska,
O.V. Aleksandrov, A.S. Nikulin

The article discusses innovative approaches to the development of thermally stable jelly filling based on low-esterified citrus pectin with the use of a complex food additive (CFA). The problem is driven by increasing demands for quality, safety, and nutritional value of flour-based confectionery products with jelly fillings. The main objectives are to enhance the thermal stability of the filling, stabilize its gel structure during baking and storage, and improve the organoleptic, physicochemical, and functional properties of the product.

The study used model pectin systems with the addition of 0.1–0.2 % CFA and experimental samples of thermally stable jelly fillings. Evaluations included organoleptic characteristics, physicochemical properties, water-holding capacity, thermal stability, storage changes, as well as biological and energy value of the product.

It was found that adding 0.15 % CFA promotes the formation of a stable three-dimensional gel structure, increases gel strength and thixotropy, enhances water-binding capacity, and reduces moisture loss during thermal processing and storage. The experimental samples exhibited improved organoleptic properties: transparent, homogeneous structure, stable color, and pleasant aroma. The optimal pectin content is 5 %, and the CFA concentration is 0.15 % of the total recipe mass.

The formulation and technological scheme for producing thermally stable jelly filling were developed, and its biological, nutritional, and energy value were determined. The economic feasibility of implementing this filling in industrial production was demonstrated, ensuring increased stability, quality, and competitiveness of confectionery products.

Keywords: *thermally stable jelly filling, citrus pectin, complex food additive, gel structure, water-holding capacity, organoleptic properties, confectionery products.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Сучасний етап розвитку харчової промисловості, зокрема кондитерської галузі, характеризується активним удосконаленням асортименту продукції та підвищенням вимог до її якості, безпечності, харчової й біологічної цінності. Значну роль у цьому процесі відіграє розширення номенклатури борошнених кондитерських виробів із різноманітними начинками, які споживачі дедалі частіше сприймають не лише як десертний продукт, а як повноцінний елемент раціону. Зростання

попиту на вироби з фруктовими, ягідними та желейними начинками зумовлене прагненням споживачів до отримання продукції з привабливими органолептичними характеристиками, вираженим смаком, ароматом, автентичною текстурою, високою свіжістю та стабільністю якості.

Сьогодні особливої актуальності набуває виробництво борошнених кондитерських виробів, збагачених термостабільними начинками, такими як кекси, рулети, круасани, печиво, торти та інша здобна продукція. Термостабільні начинки дозволяють зберігати форму, структуру та поживні властивості під час випікання і подальшого зберігання. Важливими вимогами до таких начинок є збереження пружної гелеподібної консистенції, однорідності структури, відсутність порожнин, тріщин і розшарувань після термічної обробки, а також стабільність кольору й смаку протягом усього терміну придатності.

Водночас процес створення якісної термостабільної желейної начинки є складним і багатофакторним, оскільки на її властивості впливають фізико-хімічні характеристики фруктово-ягідної сировини, тип і концентрація структуроутворювача, кислотність середовища (pH), масова частка розчинних сухих речовин, температурні режими технологічної обробки та умови зберігання. Якість фруктової сировини відіграє вирішальну роль у формуванні стабільної структури начинки, оскільки її хімічний склад може суттєво варіювати залежно від сорту, кліматичних умов вирощування, способів переробки та зберігання.

Крім того, процес випікання супроводжується інтенсивною міграцією вологи між начинкою та тістовим напівфабрикатом. На початкових стадіях термічної обробки частина вологи з желейної начинки переходить у тісто, а надалі під дією градієнта температур відбувається її зворотне переміщення та виділення у навколишнє середовище. Такий перерозподіл вологи призводить до зменшення водоутримувальної здатності начинки, порушення структури гелю та погіршення органолептичних показників, особливо у виробах відкритого типу. Тому актуальною науково-технологічною проблемою є пошук ефективних способів стабілізації структури желейної начинки та мінімізації втрат вологи під час термічної обробки.

У промисловості для формування гелеподібної структури начинок широко застосовують гідроколоїди — пектини, карагінани, агар-агар, модифіковані крохмалі, камеді та альгінати. Серед них пектини займають особливе місце завдяки своїй доступності, природному походженню та високим гелеутворювальним

властивостям. Зокрема, низькоестерифікований цитрусовий пектин характеризується здатністю утворювати стійкі гелеподібні системи у присутності іонів кальцію і може бути ефективно використаний у виробництві термостабільних желейних начинок. Водночас сам по собі пектин не завжди забезпечує необхідну структурну міцність і стабільність у процесі випікання, особливо в умовах підвищених температур і змін вологості.

Для підвищення ефективності гелеутворення у сучасних дослідженнях все частіше застосовуються синергетичні комбінації різних гідрокоолідів. Зокрема, доведено доцільність використання сумішей на основі карагінану і камеді ксантану, камеді ріжкового дерева та інших полісахаридів, які демонструють здатність до взаємного підсилення структуроутворювального ефекту. Виявлено також синергетичну взаємодію пектинів з альгінатами, що обумовлена структурною схожістю їхніх полігалактуронових фрагментів, яка сприяє агрегації та формуванню більш міцної сітки гелю.

Окрему увагу в останні роки приділяють застосуванню комплексних харчових добавок (КХД) на основі клітковини та рослинних білків. Такі добавки відіграють роль функціональних стабілізаторів нового покоління, оскільки здатні значно покращувати консистенцію продукту, підвищувати водозв'язувальну та водоутримувальну здатність, зменшувати схильність гелеподібних систем до синерезису, а також сприяти стабілізації якості навіть за умови коливань властивостей сировини або змін у технологічному процесі. Однією з таких добавок є ПРОТТЕКТ К4, що являє собою дрібнодисперсний порошок комплексу клітковини та рослинного білка, який добре набухає у воді та утворює в'язкі, стабільні системи, придатні для застосування у високов'язких начинках.

Водночас, незважаючи на наявність теоретичних передумов щодо ефективності застосування комплексних харчових добавок, механізми їхньої взаємодії з компонентами желейної системи на основі пектину, а також вплив на термостабільність, текстурні, структурно-механічні та сенсорні характеристики продукту залишаються недостатньо вивченими. У науковій літературі відсутні систематизовані дані щодо оптимальних дозувань таких добавок, їх впливу на біологічну цінність та економічну ефективність технології виробництва желейних начинок для борошняних кондитерських виробів.

Таким чином, актуальність даного дослідження зумовлена необхідністю розробки нових рецептурних і технологічних рішень для створення термостабільної желейної начинки із заданими

функціональними властивостями, здатної витримувати дію високих температур без втрати структури та якості. Особливий інтерес становить вдосконалення технологій на основі низькоестерифікованого цитрусового пектину із застосуванням комплексної харчової добавки, що може забезпечити підвищення стабільності, харчової цінності та конкурентоспроможності готового продукту на сучасному ринку кондитерських виробів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останніми роками в наукових дослідженнях дедалі більше уваги приділяється розробленню та вдосконаленню технологій виробництва термостабільних плодово-ягідних і желейних начинок для борошняних кондитерських виробів. Це пов'язано з активним розвитком ринку здобної продукції та зростанням попиту споживачів на вироби з покращеними органолептичними властивостями, стабільною консистенцією та підвищеною харчовою цінністю.

У сучасних технологіях створення желейних і фруктово-ягідних начинок широко застосовують різні групи гідроколоїдів, зокрема агар-агар, карагінани, камеді, модифіковані крохмалі, пектини та альгінати. Встановлено, що агар-агар є одним із найпотужніших гелеутворювачів, його здатність до формування гелю приблизно у 10 разів перевищує дію желатину. За концентрації близько 0,85 % агар формує стабільний гель, який є стійким до нагрівання та механічного впливу, а також має характерний склоподібний злам і крихку структуру.

Важливу роль у формуванні структури начинок відіграють також карагінани, здатні утворювати прозорі, в'язкі та теплостійкі гелеподібні системи. Встановлено, що додавання до них інших полісахаридів, зокрема камеді ксантану або камеді ріжкового дерева, сприяє значному покращенню міцності та стабільності гелю завдяки синергетичному ефекту.

Низка досліджень присвячена використанню пектинів як основи для термостабільних желейних систем. Зокрема, для начинок із вмістом сухих речовин у межах 45–60 % рекомендується застосовувати низькометоксильований пектин, тоді як для висококонцентрованих систем доцільніше використовувати високометоксильований пектин, що має підвищену температуру гелеутворення та кращу стійкість до термічного впливу.

Окремі дослідники пропонують посилення структуроутворювальних властивостей за рахунок комбінування пектину з іншими гідроколоїдами. Встановлено синергетичну взаємодію пектинів з альгінатами ламінарії, що пояснюється схожістю

полігалактуринових фрагментів і здатністю формувати асоціативні структури у гелеподібній системі.

Перспективним напрямом є застосування стабілізаторів нового покоління – комплексних харчових добавок (КХД), зокрема на основі клітковини та рослинних білків. Одним з таких стабілізаторів є ПРОТТЕКТ К4, який має високі водозв'язувальні, емульгувальні та стабілізувальні властивості, добре набухає у воді та забезпечує формування однорідних гелеподібних систем, стійких до температурного та механічного впливу.

Незважаючи на значний обсяг проведених досліджень, механізми взаємодії компонентів комплексних полісахаридних сумішей, особливо в системі «пектин – КХД», залишаються недостатньо вивченими, що зумовлює необхідність подальших досліджень у цьому напрямі.

Метою роботи є удосконалення технології термостабільної желейної начинки на основі низькоестерифікованого цитрусового пектину шляхом застосування комплексної харчової добавки (КХД) для підвищення її термічної стійкості, стабільності структурно-механічних і сенсорних показників, а також підвищення біологічної та економічної цінності готового продукту.

Для досягнення поставленої мети передбачалося вирішення таких завдань:

- обґрунтувати доцільність використання пектину та комплексної харчової добавки у складі желейної начинки;
- дослідити вплив різної концентрації КХД на органолептичні та фізико-хімічні параметри продукту;
- визначити оптимальну дозу КХД у рецептурі;
- оцінити стабільність та термін зберігання готових зразків;
- проаналізувати біологічну та економічну ефективність удосконаленої технології.

Матеріали та методи. Для досліджень використовувалися такі компоненти: цукор-пісок (ДСТУ 4623:2006); лимонна кислота (Е330) (ДСТУ ГОСТ 908:2006); сорбінова кислота (Е200) (ДСТУ 4112.22:2003); пектин яблучний та цитрусовий (ДСТУ 6088:2009); гліцерин (ДСТУ 6824:2006); патока крохмальна (ДСТУ 4498:2005); комплексна харчова добавка (КХД) – стабілізатор типу ПРОТТЕКТ К4.

Дослідження проводилися на модельних системах: водні розчини пектину з концентрацією 3,0–7,0 %; модельні зразки з додаванням 0,1 %, 0,15 % та 0,2 % КХД; дослідні зразки термостабільних желейних начинок.

Начинки готували шляхом послідовного розчинення компонентів, набухання стабілізуючої системи, варіння при температурі 95–98 °С та уварювання до вмісту сухих речовин 71±1 %.

Оцінювали: органолептичні показники (вигляд, колір, смак, запах, консистенція); фізико-хімічні характеристики; зміну вологості; водоутримувальну здатність; термостабільність; зміни в процесі зберігання; показники харчової та енергетичної цінності.

Виклад основного матеріалу дослідження. У ході виконання експериментальної частини дослідження було вивчено вплив різних концентрацій комплексної харчової добавки (КХД) на формування структурно-механічних, фізико-хімічних, органолептичних і функціональних властивостей термостабільної желевної начинки на основі низькоетерифікованого цитрусового пектину. Дослідження здійснювали у порівняльному аспекті щодо контрольного зразка, виготовленого за традиційною рецептурою без додавання КХД, та дослідних зразків із вмістом КХД 0,1 %, 0,15 % та 0,2 % від загальної маси рецептурної композиції.

На початковому етапі було проаналізовано здатність пектинової системи до гелеутворення за умов введення комплексної харчової добавки. Встановлено, що КХД, завдяки вираженим гідрофільним властивостям, активно зв'язує вільну вологу та сприяє більш повному і рівномірному набухання пектинових частинок у водному середовищі. Це, у свою чергу, приводить до формування більш однорідної дисперсної системи, що створює передумови для утворення стабільного й структурно впорядкованого гелю на наступних етапах технологічної обробки.

Особливо помітним був ефект при внесенні КХД у концентрації 0,15–0,2 %. У цих зразках відбувалося утворення просторової тривимірної сітки з підвищеною кількістю міжмолекулярних зв'язків, що забезпечувало рівномірний розподіл води у всьому об'ємі системи. У результаті гелеподібна структура набувала вираженої стабільності, а ризик виникнення синерезису під час термічного навантаження та подальшого зберігання істотно зменшувався.

Подальша оцінка органолептичних показників підтвердила позитивний вплив комплексної харчової добавки на споживчі властивості готового продукту. Контрольний зразок желевної начинки характеризувався менш вираженою прозорістю, нестабільною консистенцією і схильністю до часткового розтріскування після охолодження. Його поверхня мала злегка мутний відтінок, а структура на зрізі була менш однорідною та дещо зернистою.

Натомість дослідні зразки з додаванням КХД відзначалися покращеними візуальними та смаковими характеристиками. Для них були характерні більш інтенсивний та рівномірний колір — від світло-помаранчевого до насиченого бурштинового, гладка блискуча поверхня, прозора структура гелю та однорідна консистенція без сторонніх включень. Окрім того, зразки мали приємний, добре виражений фруктовий аромат і помірно солодкий смак без сторонніх присмаків або післясмаку.

Найвищі органолептичні оцінки отримав зразок із концентрацією КХД 0,15 %. Незважаючи на те, що підвищення вмісту добавки до 0,2 % сприяло незначному збільшенню щільності гелевої структури, цей ефект у більшості випадків не мав істотного позитивного впливу на сенсорне сприйняття, а в окремих випадках навіть знижував рівень ніжності консистенції.

Важливим етапом дослідження стало визначення фізико-хімічних та структурно-механічних показників дослідних зразків. У процесі уварювання рецептурної суміші було досягнуто вмісту сухих речовин на рівні 71 ± 1 %, що забезпечує оптимальну густину гелеподібної маси та її стійкість до механічних навантажень. Такий рівень сухих речовин є характерним для стабільних термостійких начинок і сприяє формуванню щільної, пружної консистенції.

Додавання КХД обумовило зростання в'язкості системи та її стійкості до деформації. Підвищення в'язкості пояснюється не лише додатковим структуруванням водної фази за участю гідроколоїдних компонентів, а й посиленням вторинних міжмолекулярних взаємодій між макромолекулами пектину та активними сполуками комплексної харчової добавки. У результаті формувалася більш міцна та стабільна гелева матриця.

Отримані результати також свідчать про значне підвищення здатності дослідних зразків утримувати вологу. Цей показник є особливо важливим у разі використання начинки у складі борошняних кондитерських виробів, де відбувається інтенсивний тепло- і масообмін між тістовою оболонкою та начинковою масою. Підвищена вологостримувальна здатність запобігає пересушуванню, витіканню.

Окрему увагу було приділено дослідженню термостабільності та водоутримувальної здатності розроблених композицій. Відомо, що однією з ключових проблем традиційних желейних начинок є їх схильність до втрати вологи, розтікання та деформації під час випікання або тривалого зберігання. У контрольному зразку після термічної обробки та зберігання було зафіксовано зменшення вологості до рівня

10–11 %, що супроводжувалося частковим ущільненням поверхні, утворенням кірки та початковими ознаками руйнування структури.

На відміну від цього, дослідні зразки з додаванням 0,15 % КХД втрачали лише 2,9–3,3 % вологи, що свідчить про їх високу гідратаційну здатність і стабільність. Такий результат пояснюється міцним зв'язуванням молекул води у структурі гелю за рахунок формування розгалуженої тривимірної мережі.

Проведені випробування при температурах, характерних для процесу випікання борошняних виробів, підтвердили, що зразки з комплексною харчовою добавкою не розтікалися, не втрачали форму та зберігали цілісність структури навіть при тривалому нагріванні. Це вказує на підвищену міцність гелевої системи та її адаптованість до умов промислового виробництва.

Дослідження стабільності у процесі зберігання здійснювали за температури (4 ± 2) °C та відносної вологості повітря (75 ± 2) %. Упродовж 90 діб у дослідних зразках не зафіксовано істотних змін кольору, смаку або консистенції. Також не спостерігалось розшарування, синерезису чи появи сторонніх запахів. Навіть після трьох місяців зберігання структура гелю залишалася стабільною, пружною та однорідною. Це дозволяє прогнозувати можливість подовження терміну зберігання продукту до 180 діб за умови дотримання відповідних санітарно-гігієнічних вимог.

Окрім технологічних переваг, застосування комплексної харчової добавки позитивно вплинуло на поживну і біологічну цінність готової продукції. У дослідних зразках спостерігалось збільшення вмісту харчових волокон, рослинних білків, біологічно активних сполук та мінеральних елементів. Це розширює можливості використання розробленої желевної начинки не лише як традиційного кондитерського компонента, а й як продукту з елементами функціональності.

При цьому енергетична цінність начинки зросла незначно — приблизно на 4 ккал порівняно з контролем, що є допустимим показником і не чинить негативного впливу на споживчі характеристики готового продукту, водночас підвищуючи його харчову повноцінність.

Важливим етапом дослідження стало також обґрунтування економічної ефективності застосування комплексної харчової добавки. Було встановлено, що незначне збільшення собівартості, пов'язане з введенням КХД, повністю компенсується за рахунок подовження терміну зберігання, зменшення технологічних і логістичних втрат, покращення стабільності продукції під час транспортування, а також

підвищення її конкурентоспроможності на ринку. У результаті впровадження удосконаленої рецептури прогнозована рентабельність виробництва зростає приблизно на 35,43 %, що є вагомим аргументом на користь практичного використання розробленої технології в умовах промислового виробництва.

Порівняльний аналіз дослідних зразків із різною концентрацією комплексної харчової добавки дозволив визначити 0,15 % як оптимальний рівень дозування з погляду поєднання технологічної ефективності, стабільності структури, високих органолептичних показників та економічної доцільності. Подальше збільшення концентрації до 0,2 % не забезпечує суттєвого додаткового покращення властивостей продукту, а тому є менш раціональним з позиції ресурсоефективності.

Отже, отримані результати експериментальних досліджень переконливо свідчать, що поєднання низькоестерифікованого цитрусового пектину з комплексною харчовою добавкою у концентрації 0,15 % формує ефективну систему гелеутворення з підвищеною термостійкістю, стабільною структурою, покращеними органолептичними та функціональними характеристиками, що робить таку желейну начинку перспективною для широкого впровадження у виробництво борошняних та кондитерських виробів.

Висновки.

1. Досліджено вплив введення комплексної харчової добавки (КХД) у кількості 0,1; 0,15 та 0,2 % від маси рецептурної суміші на етапі формування стабілізаційної системи.

Встановлено, що КХД:

- уповільнює руйнування гелеподібної структури у 1,12–1,19 рази та прискорює відновлення гелевої маси після припинення механічного впливу на 8,7–9,1 %, підвищуючи тиксотропні властивості гелю в 1,41–1,48 рази;
- підвищує міцність термостабільної желейної начинки на основі цитрусового пектину у 1,10–1,46 рази порівняно з контролем;
- збільшує водозв'язувальну здатність гідроколоїдної системи «пектин (5 %) + КХД» у 1,06–1,12 рази;
- зменшує втрату вологи начинки у 1,58 рази та загальну кислотність у 1,06–1,10 рази порівняно з контролем;
- знижує вологовіддачу під час зберігання у 1,08–1,11 рази та уповільнює міграцію вологи у тістову заготовку при термічній обробці у 1,07–1,12 рази;

– покращує якість начинки під час випікання: вона зберігає форму, не розтікається, не підгорає та залишається смачною й поживною;

– підвищує щільність начинки, формуючи консистенцію в'язкотекучої неньютонівської рідини.

2. Визначено оптимальну масову частку гелеутворювача – низькоестерифікованого цитрусового пектину, яка складає 5 %, та раціональну концентрацію КХД у вигляді порошку – 0,15 % від маси рецептурної суміші.

3. Розроблено рецептуру та технологічну схему виробництва термостабільної желейної начинки на основі низькоестерифікованого цитрусового пектину із застосуванням КХД.

4. Встановлено біологічну, харчову та енергетичну цінність нової термостабільної начинки.

5. Доведено економічну доцільність впровадження термостабільної желейної начинки на основі низькоестерифікованого цитрусового пектину з КХД у технологію виробництва.

Список джерел інформації / References

1. Духу Т. А. Розробка технології цукрового печива функціонального призначення : дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01. Київ : Наука, 2005. 200 с.

Dukhu T. A. Rozrobka tekhnolohii tsukrovoho pechyya funktsionalnoho pryznachennia : dys. ... kand. tekhn. nauk: 05.18.01. Kyiv : Nauka, 2005. 200 s.

2. Грінченко О., Неклеса О., Міронов О. Удосконалення технології начинок для борошняних кондитерських та кулінарних виробів. *Продовольча індустрія АПК*. 2015. № 1–2. С. 19–25.

Hrinchenko O., Neklesa O., Mironov O. Udoskonalennia tekhnolohii nachynok dlia boroshnianskykh kondyterskykh ta kulinarykh vyrobiv. *Prodovolcha industriia APK*. 2015. № 1–2. S. 19–25.

3. Нетрадиційна сировина у виробництві борошняних кондитерських виробів. *StudFiles*. URL: <https://studfiles.net/preview/5847621/page:2> (дата звернення: 09.12.2025).

Netradytsiina syrovyna u vyrobnytstvi boroshnianskykh kondyterskykh vyrobiv. *StudFiles*. URL: <https://studfiles.net/preview/5847621/page:2> (data zvernennia: 09.12.2025).

4. Сімахіна Г. О., Українець А. І. Інноваційні технології та продукти. Київ : НУХТ, 2010. 294 с.

Simakhina H. O., Ukrainets A. I. Innovatsiini tekhnolohii ta produkty. Kyiv : NUKhT, 2010. 294 s.

Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі, 2025. Вип. 2 (38). ISSN: 2312-3990X (Print) 2519-2922 (Online)

5. Борошняні кондитерські вироби. *Studopedia*. URL: https://studopedia.su/16_147203_boroshnyanI-konditerski-virobi.html (дата звернення: 09.12.2025).

Boroshniani kondyterski vyroby. *Studopedia*. URL: https://studopedia.su/16_147203_boroshnyanI-konditerski-virobi.html (data zvernennia: 09.12.2025).

6. Нечасєв А. П., Кочеткова А. А. Харчові та біологічно активні добавки, ароматизатори та технологічні допоміжні засоби. Київ : Харчова промисловість, 2007. 247 с.

Nechaiev A. P., Kochetkova A. A. Kharchovi ta biolohichno aktyvni dobavky, aromatyzatory ta tekhnolohichni dopomizhni zasoby. Kyiv : Kharchova promyslovist, 2007. 247 s.

7. Пивоваров Є. П. Реологічні характеристики драглеутворюючих полісахаридів. Прогресивні ресурсозберігаючі технології та їх економічне обґрунтування у підприємствах харчування. Економічні проблеми торгівлі : зб. наук. пр. Харків : ХДАТОХ, 2002. С. 395-402.

Pyvovarov Ye. P. Reolohichni kharakterystyky drahleutvoriuiuchykh polisakharydiv. Prohresyvni resursozberihaiuchi tekhnolohii ta yikh ekonomichne obgruntuvannia u pidpriemstvykh kharchuvannia. Ekonomichni problemy torhivli : zb. nauk. pr. Kharkiv : KhDATOKh, 2002. S. 395-402.

8. Цихановська І. В., Євлаш В. В., Круглова О. А., Євлаш Т. О. Економічна ефективність упровадження у виробництво інноваційної продукції. Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність : тези Міжнар. наук.-практ. конф., 15 трав. 2019 р. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Харків, 2019. Ч. 1. С. 25-26.

Tsykhanovska I. V., Yevlash V. V., Kruhlova O. A., Yevlash T. O. Ekonomichna efektyvnist uprovadzhennia u vyrobnytstvo innovatsiinoi produktsii. Rozvytok kharchovykh vyrobnytstv, restorannoho ta hotelnoho hospodarstv i torhivli: problemy, perspektyvy, efektyvnist : tezy Mizhnar. nauk.-prakt. конф., 15 trav. 2019 r. / Khark. derzh. un-t kharch. ta torh. Kharkiv, 2019. Ch. 1. S. 25-26.

Карпенко Людмила Костянтинівна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв ДБТУ, KarpenkoLK23@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4715-2090>

Karpenko Liudmyla, PhD in techn. sciences, associate prof., department of equipment and engineering of processing and food industries State Biotechnological University, KarpenkoLK23@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4715-2090>

Богомолов Олексій Васильович, докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв ДБТУ, bogomolov.ph@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1531-7030>

Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі, 2025. Вип. 2 (38). ISSN: 2312-3990X (Print) 2519-2922 (Online)

Bogomolov Oleksiy, doctor. technical Sciences, professor, head of the department of equipment and engineering of processing and food industries of DBTU, bogomolov.ph@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1531-7030>

Цихановська Ірина Василівна, докт. техн. наук, професор, професор кафедри харчових технологій, легкої промисловості і дизайну Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна, cikhanovskaja@gmail.com, +380956175989. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9713-9257>

Tsikhanovska Irina, doc. Technical Sciences, Professor, Professor, Department of Food Technology, Light Industry and Design, V.N. Karazin Kharkiv National University, cikhanovskaja@gmail.com, +380956175989 ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9713-9257>

Александров Олександр Валентинович, к.хім.н., доцент, кафедра Харчових технологій, легкої промисловості і дизайну, Навчально-науковий інститут "Українська інженерно-педагогічна академія" Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, alexandrov.a.v.a.v@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3592-285X>

Aleksandrov Oleksandr, Doctor of Chemistry, Associate Professor, Department of Food Technologies, Light Industry and Design, Educational and Scientific Institute "Ukrainian Engineering and Pedagogical Academy" of Kharkiv National University named after V.N. Karazina, alexandrov.a.v.a.v@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3592-285X>

Нікулін Андрій Сергійович, аспірант, Навчально-науковий інститут "Українська інженерно-педагогічна академія" Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, andreynikylin06081983@gmail.com, ORCID: <http://0009-0004-8867-9165>

Nikulin Andriy, graduate student, Educational and Scientific Institute "Ukrainian Engineering and Pedagogical Academy" of Kharkiv National University named after V.N. Karazinam, andreynikylin06081983@gmail.com, ORCID: <http://0009-0004-8867-9165>

Прийнято 18.11.2025 р. Оприлюднено 01.12.2025р.

СИНЕРГЕТИЧНИЙ ЕФЕКТ ЕКСТРУЗІЇ ТА ОВОЧЕВИХ ДОБАВОК: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЗМІНИ В'ЯЗКОСТІ КЛЕЙСТЕРІВ ПШЕНИЦІ, КУКУРУДЗИ ТА ЯЧМЕНЮ

I.M. Фоміна, Т.В. Гавриш, К.С. Маліков

Проведено порівняльний аналіз зміни в'язкості клейстерів екструдатів з пшениці, кукурудзи та ячменю, збагачених морквою та буряком. Показано, що овочеві компоненти по-різному впливають на реологічні властивості залежно від зернової основи. Додавання буряку до ячменю викликало різке зниження в'язкості, що свідчить про інтенсивну деструкцію.

Ключові слова: екструзія, крохмаль, деструкція, в'язкість, пшениця, кукурудза, ячмінь, овочеві добавки, морква, буряк.

SYNERGISTIC EFFECT OF EXTRUSION AND VEGETABLE ADDITIVES: A COMPARATIVE ANALYSIS OF VISCOSITY CHANGES IN WHEAT, CORN, AND BARLEY PASTES

I. Fomina, T. Gavrish, K. Malikov

The modern food industry shows a growing demand for functional extruded products enriched with natural ingredients. However, the interactions within multi-component systems, such as grain-vegetable blends, during extrusion are complex and not fully understood. The purpose of this study was to conduct a comparative analysis of the effects of extrusion processing and the addition of carrot and beet on the rheological properties (kinematic viscosity) of pastes derived from wheat, corn, and barley, in order to identify these synergistic effects.

Methods. Three types of grain (wheat, corn, barley) and their blends with fresh carrot or beet puree (5% w/w) were processed using a single-screw extruder under constant thermomechanical conditions. To evaluate the changes in starch properties, aqueous suspensions of the ground extrudates were prepared. The kinematic viscosity of the resulting filtrates was measured at a controlled temperature using a capillary viscometer and compared with the viscosity of pastes from native grains.

Results. Extrusion processing significantly increased the kinematic viscosity of aqueous filtrates for all grain samples compared to their native counterparts, with the most pronounced effect observed for barley. The addition of vegetable components had a varied, grain-dependent effect. Carrot addition consistently caused a slight increase in viscosity for all cereals, which is attributed to the thickening effect of soluble pectins. In contrast, beet addition showed a complex behavior: it had a

negligible effect on wheat paste viscosity, slightly increased it for corn, but caused a dramatic decrease for the barley-based extrudate.

Conclusion. The study demonstrates that the impact of vegetable additives on the rheological properties of extruded products is highly dependent on the specific grain matrix. The results reveal a strong synergistic effect between the sucrose-rich beet and the unique polysaccharide system of barley. It is concluded that sucrose acted as an effective plasticizer, intensifying the thermomechanical degradation of barley polymers during extrusion, which led to a significant reduction in paste viscosity. These findings highlight the importance of selecting specific grain and vegetable combinations to control the final product's rheological properties and texture.

Keywords: extrusion, starch, destruction, viscosity, wheat, corn, barley, vegetable additives, carrot, beet

Постановка проблеми у загальному вигляді. Сучасний ринок харчових продуктів та кормів характеризується зростаючим попитом на продукцію з покращеними функціональними властивостями, підвищеною харчовою цінністю та "чистою етикеткою". Екструзійна обробка зернової сировини є одним із основних методів, що дозволяє задовольнити ці запити, створюючи широкий асортимент продуктів – від сухих сніданків до високозасвоюваних кормів. В основі цього процесу лежить глибока термомеханічна модифікація біополімерів, насамперед крохмалю, що призводить до зміни його структури та реологічних властивостей, зокрема в'язкості. Саме в'язкість є одним з найважливіших показників, що визначає структуру, стабільність та органолептичні характеристики багатьох харчових систем.

Водночас, актуальним напрямком у розробці продуктів здорового харчування є збагачення зернових екструдатів натуральними рослинними компонентами, такими як овочі, що є джерелами біологічно активних речовин, вітамінів та харчових волокон. Однак, введення таких багатокомпонентних сумішей у процес екструзії значно ускладнює прогнозування властивостей готового продукту. Компоненти овочів – прості цукри, пектини, клітковина – активно взаємодіють із зерновими біополімерами, які впливають на умови тепло- та масопереносу, що пластифікує розплав та конкурує за вологу. Це призводить до виникнення синергетичних або антагоністичних ефектів, які не можна передбачити, розглядаючи вплив кожного компонента окремо.

Таким чином, виникає науково-практична проблема: відсутність систематичних даних та науково обґрунтованих закономірностей, що описують комплексний вплив типу зернової сировини (пшениця, кукурудза, ячмінь) та виду овочевої добавки (наприкладі моркви та

буряку) на реологічні властивості екструдованих систем. Існуючі дослідження здебільшого зосереджені на монокомпонентних системах, тоді як реальні технології все частіше використовують складні рецептури. Вирішення цієї проблеми шляхом проведення порівняльного аналізу дозволить зрозуміти механізми взаємодії компонентів у процесі екструзії та є важливим науковим завданням, що відкриває шлях до цілеспрямованого керування якістю та створення інноваційних зерно-овочевих продуктів із заданими властивостями.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналіз сучасної наукової літератури свідчить про значний інтерес дослідників до процесу екструзійної обробки як інструменту для модифікації властивостей крохмалевмісної сировини. Більшість фундаментальних досліджень зосереджені на вивченні впливу технологічних параметрів (температури, вологості, швидкості обертання шнека) на монокомпонентні системи, переважно на крохмалі або борошні кукурудзи та пшениці. Встановлено, що підвищення температури та зниження вологості сировини зазвичай призводять до інтенсифікації процесів желатинізації та декстринізації крохмалю, що виражається у зростанні індексу розчинності у воді (WSI) та зниженні пікової в'язкості клейстерів. Ці роботи сформували міцне теоретичне підґрунтя для розуміння основних перетворень, що відбуваються з крохмалем в екструдері.

В останні роки вектор досліджень змістився в бік вивчення більш складних, багатокомпонентних систем, зокрема, впливу некрохмальних інгредієнтів на процес екструзії. Значна увага приділяється збагаченню зернових екструдатів харчовими волокнами, наприклад, шляхом додавання фруктових та овочевих вичавок або висівок. Встановлено, що нерозчинні волокна клітковини зазвичай діють як "руйнівники" безперервної крохмальної матриці, конкурують за воду, що обмежує набухання крохмалю, і, як наслідок, призводять до отримання більш щільних, менш експандованих продуктів. Розчинні ж волокна (пектини, камеді) можуть, навпаки, підвищувати в'язкість розплаву та впливати на його реологічні властивості. Окремо досліджується вплив простих цукрів (сахарози, глюкози), які діють як пластифікатори, знижуючи температуру склування та в'язкість системи всередині екструдера, що також впливає на ступінь експанзії та інтенсивність деструкції крохмалю [3].

Незважаючи на значну кількість публікацій, можна виділити кілька недостатньо вивчених аспектів. По-перше, більшість досліджень проводять на одному виді зернової сировини (найчастіше зерна

кукурудзі), тоді як бракує порівняльних робіт, які б в однакових умовах аналізували поведінку крохмалю з різним ботанічним походженням та, відповідно, різною нативною структурою та властивостями. Особливо це стосується ячменю, крохмаль якого існує в комплексі з β -глюканами, поведінка яких під час екструзії в присутності інших компонентів вивчена недостатньо. По-друге, роботи з овочевими добавками часто оцінюють лише кінцеві властивості продукту (вміст клітковини, колір, хрупкість), але не фокусуються на глибокому аналізі зміни саме реологічних властивостей крохмальної складової. Таким чином, залишається відкритою проблема розуміння синергетичних ефектів у складних системах "зерно-овочі", де одночасно присутні і клітковина, і прості цукри. Відсутність таких комплексних порівняльних досліджень ускладнює науково обґрунтований вибір сировини та прогнозування властивостей інноваційних багатокомпонентних екструдованих продуктів.

Мета статті є встановлення закономірностей зміни реологічних властивостей (на прикладі кінематичної в'язкості клейстерів) крохмалевмісних систем на основі пшениці, кукурудзи та ячменю під комбінованим впливом екструзії та овочевих збагачувачів (моркви, буряку).

Матеріали та методи. Для порівняльної оцінки глибини структурних змін, що відбуваються з крохмалем під час екструзії, можливе використання капілярної віскозиметрії за умови суворої стандартизації умов експерименту. Розуміючи, що крохмальні клейстери є неньютонівськими рідинами, і капілярний віскозиметр (наприклад, ВПЖ) не вимірює істинну динамічну в'язкість, отримані дані (час витікання) можна розглядати не як абсолютну фізичну величину, а як умовний емпіричний показник, що характеризує гідродинамічний опір розчину. При дотриманні однакових умов вимірювання, цей показник дозволяє проводити порівняльний аналіз зразків, отриманих при різних режимах екструзії [5, 6, 7].

Для отримання достовірних та відтворюваних результатів при використанні капілярного віскозиметра необхідно звернути особливу увагу на стабілізацію та уніфікацію наступних параметрів.

Концентрація суспензії це найважливіший параметр. Необхідно експериментально підібрати таку концентрацію розчину екструдату, при якій час витікання буде знаходитися в рекомендованому для даного типу віскозиметра діапазоні (зазвичай, не менше 100-200 секунд для мінімізації похибки) і при цьому суспензія залишатиметься стабільною

протягом часу вимірювання. Концентрація повинна бути абсолютно однаковою для всіх досліджуваних зразків.

Для встановлення необхідної концентрації сухих речовин в борошняній суспензії зразків екструдованої пшениці та нативного зерна було проведено дослідження часу витікання та на його підставі розраховано кінематичну в'язкість відфільтрованих і попередньо клейстеризованих розчинів крохмальної суспензії. Досліджувались зразки с концентрації сухих речовин 1%, 5% та 10%.

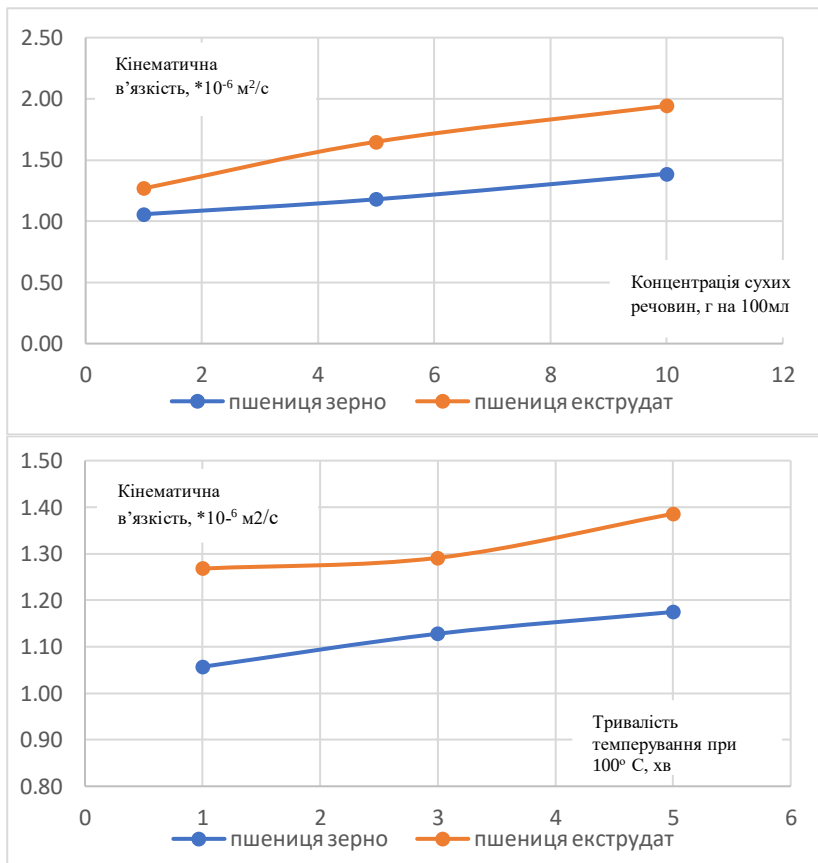


Рис. 1. Зміна кінематичної в'язкості фільтрату клейстеризованої суміші суспензії зерна пшениці та екструдованої пшениці

На підставі встановленого часу витікання фільтрату клейстеризованої суміші суспензії зерна пшениці та її екструдату розраховано кінематичну в'язкість. Відстежується збільшення кінематичної в'язкості на 31% під час збільшення концентрації наважки з 1% до 10% для фільтрату клейстерезованої зернової суспензії пшениці та на 53% для фільтрату клейстерезованої суспензії екструдату пшениці. Емпіричним шляхом було встановлено, що процес фільтрування клейстеризованих суспензій як зерна так і екструдату дуже сповільнюється при високих концентраціях наважки сухої речовини, тому було прийнято рішення в подальшому дослідження проводити із застосуванням 1% суспензії. Таким чином, в наступних дослідженнях всі зразки готувались однаково: 1г сухої речовини зерна або екструдату заливались окропом до досягнення маси суспензії 100г.

Метод та тривалість диспергування та клейстеризації зразків у воді мають бути строго однаковими для всіх проб. Для цього провели дослідження часу темперування підготовленої суспензії на водній лазні у киплячому стані. Час темперування коливався від 1 хвилини до 5 хвилин, при цьому кінематична в'язкість збільшувалась на $10 \pm 1\%$. Тривале темперування призводило до збільшення кінематичної в'язкості та до ускладнення фільтрування. Тому для дослідження обрано темперування підготовленої суспензії на водній лазні у киплячому стані протягом 1 хвилини. Використання окропу та кип'ятіння забезпечує максимальну клейстеризацію нативного крохмалю, який присутній у зразках подрібненого зерна. Після темперування терміново охолоджували у холодній воді до 20°C .

Наступна операція – фільтрація, яку проводили через фільтрувальний папір. Оскільки фільтрація може видалити частину набухлих, проте нерозчинених полімерів, що вплине на результат, для порівняльного аналізу головним є однаковість проведення цієї стадії.

Після приготування та фільтрації розчин слід витримати протягом однакового, строго фіксованого часу для стабілізації структури перед вимірюванням. У даному дослідженні тривалість витримання становила протягом 30 хвилин. Оскільки в'язкість крохмальних клейстерів дуже чутлива до температури, вимірювання проводили при $20 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$.

Для отримання результатів проводили не менше 3-5 паралельних вимірювань для кожного зразка та розрахунок середнього значення. Висока відтворюваність результатів (коливання в межах долей секунди при часі витікання більше 2 хвилин) є індикатором того, що умови експерименту стабілізовані успішно.

Таким чином, незважаючи на те, що капілярна віскозиметрія не дозволяє визначити істинні реологічні характеристики неньютонівських крохмальних клейстерів, при суворій стандартизації всіх умов підготовки та вимірювання зразків, цей метод може бути успішно використаний як інструмент для порівняльної оцінки ступеня деградації крохмалю під впливом різних параметрів екструзійної обробки. Висока відтворюваність отриманих експериментальних даних підтверджує стабільність умов вимірювання та дозволяє використовувати час витікання як надійний емпіричний критерій для аналізу та оптимізації процесу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Крохмаль, як основний запасний полісахарид у зерні пшениці, ячменю та кукурудзи, має низку спільних рис у своїй хімічній будові, проте суттєво відрізняється за фізико-хімічними та технологічними властивостями залежно від ботанічного походження. Ці відмінності зумовлені розміром та формою крохмальних гранул, співвідношенням амілози та амілопектину, а також наявністю інших компонентів, таких як білки та ліпіди, що асоційовані з гранулами. Саме ці особливості визначають унікальний технологічний потенціал кожного виду крохмалю та сфери його найбільш ефективного застосування в харчовій промисловості.

Крохмаль пшениці характеризується бімодальним розподілом гранул за розміром: він складається з великих лінозоподібних гранул (А-тип, діаметром 20–35 мкм) та значно менших сферичних гранул (Б-тип, діаметром 2–10 мкм). Це є його унікальною особливістю порівняно з іншими зерновими. Температура клейстеризації пшеничного крохмалю є відносно низькою і зазвичай знаходиться в діапазоні 58–64 °С. При нагріванні у воді він утворює клейстер середньої в'язкості, який після охолодження дає м'який, непрозорий гель. Важливою особливістю пшеничного крохмалю, особливо отриманого з борошна, є наявність на поверхні гранул адсорбованих білків та ліпідів, що може впливати на швидкість гідратації та властивості клейстеру. Технологічний потенціал пшеничного крохмалю нерозривно пов'язаний з його функціональним значенням в борошні, де він разом з клейковиною формує структуру тіста та визначає якість хлібобулочних та макаронних виробів.

Крохмаль ячменю за багатьма властивостями є подібним до пшеничного. Він також має бімодальний розподіл розміру гранул (А-тип та Б-тип), незважаючи на те що співвідношення між фракціями може відрізнятися. Температура клейстеризації ячмінного крохмалю також знаходиться в низькому діапазоні (59–65 °С). Однак його технологічний потенціал розкривається не стільки у використанні в

чистому вигляді, скільки в процесі солодування для пивоваріння. Під час пророщування ячменю в ньому активуються амілолітичні ферменти (α - та β -амілази), які в процесі затирання солоду ефективно гідролізують крохмаль до зброджуваних цукрів, що є основою для отримання пивного суслу. Тому ключовими показниками якості ячмінного крохмалю є не його в'язкість чи гелеутворююча здатність, а його доступність для дії ферментів.

Крохмаль кукурудзи, на відміну від пшеничного та ячмінного, має гранули переважно багатогранної, полігональної форми, розмір яких варіює в межах 5–25 мкм. Він характеризується значно вищою температурою клейстеризації (62–72 °C). Кукурудзяний крохмаль утворює високов'язкі, непрозорі (опалесцентні) клейстери, які при охолодженні формують дуже міцні, щільні гелі. Ця здатність до утворення міцних гелів, зумовлена інтенсивною ретроградацією амілози, що є його головною технологічною перевагою. Завдяки цьому кукурудзяний крохмаль є "золотим стандартом" і найбільш широко використовуваним загусником у харчовій промисловості для виробництва пудингів, соусів, начинок для випічки, а також знаходить широке застосування в паперовій, текстильній та фармацевтичній галузях. Існують також спеціальні сорти кукурудзи, що дають воскоподібний (майже 100% амілопектину) та високоамілозний крохмаль з унікальними властивостями.

В процесі дослідження проводили термопластичне екструдкування при високих температурах. Досліджувались наступні зразки: нативне зерно пшениці, ячменю та кукурудзи, а також суміш зерна з морквою або буряком (5г овочів на 95 г зерна) для досягнення вологості суміші 17-18%. Додавання моркви та буряку – це внесення в систему нових компонентів, які суттєво впливатимуть на процес екструзії та властивості кінцевого продукту. Використання овочів для досягнення потрібної вологості супроводжується тим, що значна частина цієї вологи перебуває у зв'язаному стані в структурі овочів, що може впливати на її доступність під час екструзії порівняно з просто доданою водою.

Буряк багатий на сахарозу, а морква містить переважно глюкозу та фруктозу. Прості цукри діють як пластифікатори під час екструзії. Вони знижують температуру склування та в'язкість розплаву, що може призвести до зменшення ступеня експанзії (розширення) продукту. Тобто, екструдати з овочами можуть бути більш щільними та менш повітряними.

Морква, і буряк є джерелами пектинових речовин (розчинної клітковини). Клітковина конкурує з крохмалем за воду, що може вплинути на ступінь його желатинізації. Волокна клітковини можуть порушувати цілісність крохмального матриксу, що також зменшує експанзю та змінює текстуру продукту (робить його менш хрупким).

Прості цукри та амінокислоти (з білків зерна) при високих температурах екструзії будуть активно вступати в реакцію Майяра. Продукти стануть темнішими, набудуть карамельних/смажених відтінків. З'являться нові, приємні ароматичні сполуки.

Для проведення експерименту було сформовано дев'ять дослідних зразків. Перша група зразків (контрольна) являла собою цільне зерно кожної з трьох культур без будь-яких домішок. Друга та третя групи були багатокомпонентними сумішами, приготованими шляхом змішування 95 частин подрібненого зерна відповідної культури з 5 частинами овочевого пюре (моркви або буряку) за масою. Таке співвідношення дозволило не лише збагатити суміш біологічно активними речовинами, але й досягти оптимального для процесу термопластичної екструзії рівня вологості сировини, що становив 17-18%, без додаткового внесення води. Кожен з цих зразків піддавався екструзійній обробці за однакових термомеханічних умов для забезпечення коректності порівняльного аналізу впливу типу зернової сировини та виду овочевої добавки на властивості кінцевих продуктів.

Зразки, які перелічені, внесено до структурованого трифакторний експеримент, у якому факторами -незалежними змінними є:

- Тип зернової сировини (3 рівні): пшениця, ячмінь, кукурудза.
- Тип овочевої добавки (3 рівні): без добавки (контроль), морква, буряк.
- Екструзійна обробка (2 рівні): до обробки (нативне зерно) та після обробки (екструдат).

Проведені дослідження кінематичної в'язкості 1% відфільтрованих клейстерів з нативного зерна пшениці, кукурудзи та ячменю показали близькі за значеннями результати (1,02, 1,07 та 1,08сСт відповідно), що незначно перевищують в'язкість води (рис. 2). Це свідчить про те, що в умовах експерименту в розчин переходить обмежена кількість полісахаридів. Найвищий показник в'язкості для зразка з ячменню (1,08 сСт), що ймовірно, пояснюється екстракцією водорозчинних β -глюканів, які є характерними для цієї культури і відомі своєю здатністю створювати високов'язкі розчини.

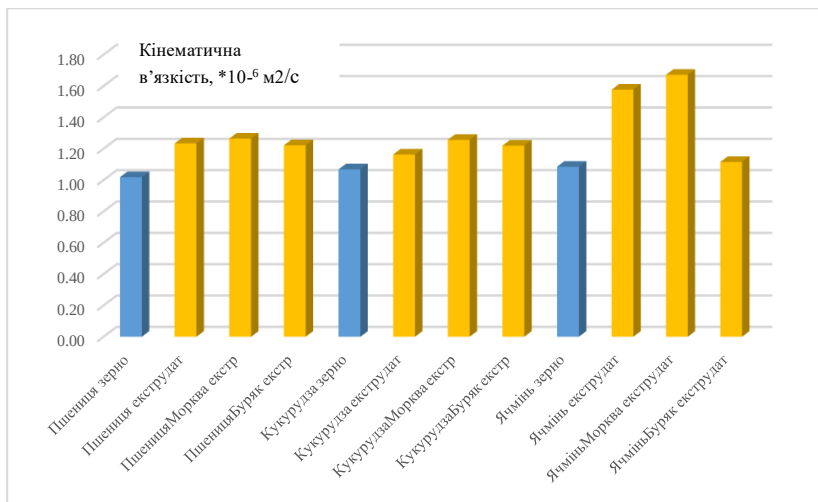


Рис. 2. Кінематична в'язкість 1% відфільтрованих клейстерів

Отримані експериментальні дані дозволяють зробити низку важливих висновків щодо впливу екструзійної обробки, типу зернової сировини та овочевих добавок на властивості водорозчинної фракції клейстерів. Для всіх трьох видів зерна спостерігається зростання кінематичної в'язкості після екструзійної обробки порівняно з нативним зерном (пшениця +20,6%; кукурудза +8,4%; ячмінь +46,3%).

Отримані результати підтверджують основну гіпотезу, згідно з якою екструзія викликає желатинізацію та часткову деструкцію крохмалю, що призводить до переходу значно більшої кількості полісахаридів у розчинний стан при приготуванні 1% суспензії. Розчинені макромолекули визначають підвищену в'язкість системи, причому більш виражений ефект спостерігається для ячменю, з приростом на (+46,3%). Це пояснюється тим, що окрім клейстеризації крохмалю, екструзія сприяє більш ефективній екстракції та частковій деполімеризації β-глюканів, які формують високов'язкі розчини. У нативному зерні ці полімери були частково «замкнені» у структурі клітинних стінок, тоді як екструзія забезпечує їх вивільнення.

Припустимий вплив овочевих добавок може розглядатися як ефект "розбавлення", тобто заміна 5% крохмалевмісної сировини на овочі, а саме в 1 г зразка тепер містить менше крохмалю, який є основним агентом, що створює в'язкість. Прості цукри (особливо в буряку) можуть посилювати термомеханічну деструкцію крохмалю під

час екструзії. Більш інтенсивне розщеплення полісахаридних ланцюгів призведе до утворення коротших молекул, які створюють менш в'язкі розчини. Пектини та клітковина, хоча й можуть утворювати в'язкі розчини, в 1% суспензії їхній внесок у загальну в'язкість, ймовірно, буде меншим, ніж внесок желатинізованого крохмалю, який вони "розбавляють".

Вплив добавок на пшеницю виявився мінімальним. Незначне підвищення в'язкості за наявності моркви, на нашу думку, пояснюється екстракцією пектинових речовин, що сприяють структуроутворенню в системі. Зниження в'язкості при додаванні буряка перебуває в межах експериментальної похибки, але узгоджується з гіпотезою про пластифікуючу дію цукрів.

Для зразків з зерна кукурудзи додавання як моркви так і буряку призвело до зростання в'язкості, що суперечить гіпотезі про зниження. Можливо це пояснюється утворенням комплексів пектинових та інших розчинних речовин овочів із кукурудзяним крохмалем або безпосереднє внесення додаткової в'язкості системі, що переважило ефект розбавлення або часткової деструкції.

Для ячменю спостерігається найбільша різниця, при цьому додавання моркви дещо підвищує в'язкість, ймовірно через пектинові речовини, тоді як додавання буряку спричиняє різке її зниження.

Екструзійна обробка значно підвищує в'язкість водорозчинної фракції клейстерів для всіх досліджуваних культур, що свідчить про глибоку трансформацію полісахаридів. Найбільш чутливим до екструзії виявився ячмінь, що, ймовірно, пов'язано з модифікацією не лише крохмалю, а й β -глюканів.

Гіпотеза про зниження в'язкості під впливом овочевих добавок за рахунок ефекту «розбавлення» та пластифікуючої дії цукрів підтвердилася частково і лише для досліджуваного зразка ячміню з буряком.

Вплив моркви у всіх трьох випадках показав, що додавання моркви призвело до невеликого, але стабільного зростання в'язкості. Це дозволяє зробити припущення, що головним ефектом від додавання моркви є екстракція пектинових речовин, які самі по собі є загусниками і їхній внесок у в'язкість перевищує ефект "розбавлення".

Вплив буряку виявився залежним від типу зерна, а саме на пшеницю він практично не вплинув, на кукурудзу підвищив в'язкість, а на ячмінь спричинив різке її зниження. Найбільш цікавим результатом є значне зниження в'язкості екструдату ячменю з буряком, що пояснюється синергетичним ефектом, саме високий вміст сахарози в

буряку функціонував як потужний пластифікатор для полісахаридної системи ячменю, до складу якої входять крохмаль та β -глюкани, що призвело до інтенсивної термомеханічної деструкції полімерів під час екструзії. Утворені коротші полімерні ланцюги утворюють менш в'язкі розчини.

Висновки. Аналіз результатів показав, що екструзійна обробка призводить до суттєвого підвищення кінематичної в'язкості 1% відфільтрованих клейстерів для всіх видів зерна, при цьому найбільш виражене зростання (+46,3%) спостерігалось для ячменю, що ймовірно пов'язано з модифікацією β -глюканів. Вплив овочевих добавок виявився неоднозначним. Додавання 5% моркви стабільно спричиняло незначне підвищення в'язкості всіх зразків, що пояснюється загущуючою дією екстрагованих пектинових речовин. Найбільш значущий ефект спостерігався за додавання 5% буряку до ячменю, що призвело до різкого зниження в'язкості на 29,1% порівняно з екструдатом чистого ячменю, та свідчить про те, що високий вміст сахарози в буряку функціонує як ефективний пластифікатор, інтенсифікуючи термомеханічну деструкцію полісахаридів ячменю, зокрема крохмаль та β -глюканів, під час екструзії.

Список джерел інформації / References

1. Altan A., Maskan M. Extrusion cooking of barley flour and process parameter optimization. *Food and Bioprocess Technology*. 2012. Vol. 5(5). P. 1759–1769.
2. Kowalczewski P. Ł., Gumienna M., Rybicka I., Dwiecki K., Czarnecka-Skwarek M. The influence of apple pomace on the nutritional, physical, and sensory properties of corn extrudates. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2019. Vol. 43(8). e14041.
3. Carvalho C.W.P., Takeiti C.Y., Ascheri J.L.R., Ascheri D.P.R. Effect of sucrose on the properties of rice and bean extrudates. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 2010. Vol. 30(4). P. 916–922.
4. Compart J, Singh A, Fettke J, Apriyanto A. Customizing Starch Properties: A Review of Starch Modifications and Their Applications. *Polymers (Basel)*. 2023 Aug 21;15(16):3491. doi: 10.3390/polym15163491. PMID: 37631548; PMCID: PMC10459083.
5. Фоміна І.М., Парфірова О.В. Використання капілярних віскозиметрів ВПЖ для вимірювання в'язкості клейстеризованої борошняної суспензії пшениці під час її пророщування // «Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв», ХНТУСГ ім. П.Василенка, 10-11 листопада 2011 р. С. 173-178
- Fomina I.M, Parfirova O.V. Vykorystannya kapilyarnykh viskozymetriv VPZh dlya vymiryuvannya v'yazkosti kleysteryzovanoï boroshnyanoi suspenziyi pshenytsi pid chas yiyi proroshchuvannya // «Suchasni napryamky tekhnolohiyi ta

Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі, 2025. Вип. 2 (38). ISSN: 2312-3990X (Print) 2519-2922 (Online)

mekhanizatsiyi protsesiv pererobnykh i kharchovykh vyrobnytstv», KhNTUSH im. P.Vasylenka, 10-11 lystopada 2011 r. S. 173-178

6. Азарян Ю.Б., Маликов К.С. (Кер. Фомина І.М.) Використання капілярних віскозиметрів ВПЖ для визначення стану крохмалю зернової сировини під час термопластичного екструдювання // Інноваційні технології розвитку харчових виробництв та ресторанної індустрії: наукові пошуки молоді [Електронний ресурс] : тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих вчених, 26 жовтня 2023 р. / Державний біотехнологічний університет. Харків. 2023. С. 136.

Azaryan Yu.B., Malikov K.S. (Ker. Fomina I.M.) Vykorystannya kapilyarnykh viskozymetriv VPZh dlya vyznachennya stanu krokhmalu zernovoyi syrovyny pid chas termoplastychnoho ekstruduvannya // Innovatsiyni tekhnolohiyi rozvytku kharchovykh vyrobnytstv ta restorannoyi industriyi: naukovy poshuky molodi [Elektronnyy resurs] : tezy dopovidey Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi zdobuvachiv vyshchoyi osvity i molodykh vchenykh, 26 zhovtnya 2023 r. / Derzhavnyy biotekhnolohichnyy universytet. Kharkiv. 2023. S. 136.

7. Ю. Азарян, К. Маликов, І. Фомина Дослідження зміни стану крохмалю під час термопластичного екструдювання зерна пшениці // Матеріали ІІ Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми і практичні підходи виробництва та регулювання використання харчових добавок в країнах Європейського Союзу та в Україні», 25 жовтня 2023. К.: НУХТ, 2023. С. 37-38.

Yu. Azaryan, K. Malikov, I. Fomina Doslidzhennya zminy stanu krokhmalu pid chas termoplastychnoho ekstruduvannya zerna pshenytsi // Materialy II Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi «Problemy i praktychni pidkhody vyrobnytstva ta rehulyuvannya vykorystannya kharchovykh dobavok v krayinakh Yevropeys'koho Soyuzu ta v Ukraini», 25 zhovtnya 2023. K.: NUKhT, 2023. S. 37-38.

Фомина Ирина Николаївна, канд. техн. наук, доцент, кафедра технології хлібопродуктів і кондитерських виробів, Державний біотехнологічний університет. e-mail: anirif@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2737-1496>

Fomina Iryna, PhD, Associate Professor, Department of technology of bread products and confectionery products, State Biotechnological University. e-mail: anirif@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2737-1496>

Гавриш Тетяна Володимирівна, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрою технології хлібопродуктів і кондитерських виробів, Державний біотехнологічний університет. e-mail: gavrishtanya@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5461-8442>

Gavrish Tatyana, PhD, Associate Professor, head department of technology of bread products and confectionery products, State Biotechnological University. e-mail: gavrishtanya@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5461-8442>

Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі, 2025. Вип. 2 (38). ISSN: 2312-3990X (Print) 2519-2922 (Online)

Маліков Кирило Сергійович, аспірант, кафедра технології хлібопродуктів і кондитерських виробів, Державний біотехнологічний університет. e-mail: llirik4750@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-6983-1431>

Malikov Kyrylo, PhD Student, Department of technology of bread products and confectionery products, State Biotechnological University. e-mail: llirik4750@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-6983-1431>

Прийнято 18.11.2025 р. Оприлюднено 01.12.2025р.

УДК 637.524.6:[664.9.022.6:637.522.6]:(664.641.4+664.641.7+664.38:635.62):613.292
DOI 10.5281/zenodo.18220110

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВИДІВ БОРОШНА ЯК ФУНКЦІОНАЛЬНИХ СТАБІЛІЗАТОРІВ БІЛКОВО-ЖИРОВИХ ЕМУЛЬСІЙ У СКЛАДІ М'ЯСНИХ ПАШТЕТІВ

**Т.М. Головка, М.В. Жеребкін, І.М. Курмакова,
О.О. Чех, О.С. Бондар**

Актуальність дослідження зумовлена сучасними тенденціями харчової промисловості, спрямованими на розробку продуктів із покращеним нутрієнтним профілем та раціональне використання вторинних сировинних ресурсів. Перспективним є використання колагенвмісної сировини у вигляді білково-жирових емульсій (БЖЕ), стабілізованих нетрадиційними видами борошна. Такий підхід відповідає принципам циркулярної економіки та дозволяє збагатити готовий продукт функціональними інгредієнтами. Метою роботи було наукове обґрунтування та розробка технології печінкових паштетів із частковою заміною жиру на БЖЕ та дослідження їх якісних показників. Доведено технологічну доцільність використання розроблених БЖЕ для раціонального використання колагенвмісної сировини та покращення харчової цінності паштетів при збереженні високих споживчих властивостей.

Ключові слова: м'ясні вироби, традиційний печінковий паштет, білково-жирова емульсія, колаген, функціональні інгредієнти, альтернативне борошно, якісні характеристики

EFFICACY OF ALTERNATIVE FLOURS AS FUNCTIONAL STABILIZERS FOR PROTEIN-FAT EMULSIONS IN MEAT PÂTÉ

T. Holovko, M. Zherebkin, I. Kurmakova, O. Chekh, O. Bondar

This research is driven by modern food industry trends toward developing products with improved nutrient profiles and the rational utilization of secondary raw materials. Traditional meat pâté formulations are often high in fat, while the significant potential of collagen-rich materials, particularly pork skin, remains underutilized. A promising approach involves their use as protein-fat emulsions (PFEs) stabilized by alternative flours (oat, buckwheat, and pumpkin). This method aligns with circular economy principles and enriches the final product with functional ingredients. The objective was to scientifically validate and develop a technology for liver pâté, partially replacing fat with these PFEs, and to evaluate their quality characteristics. A control and three experimental samples were prepared. The experimental samples incorporated 15% emulsion (50% pork skin, 15% oil, 25% water, and 10% of the respective flour), replacing a portion of the raw fat and water. Samples were assessed using standard organoleptic, physicochemical (moisture, protein, fat, and ash content), and microbiological methods. The addition of PFEs did not impair organoleptic properties (taste, aroma, texture). Furthermore, protein and fat contents in the experimental samples showed no significant difference from the control. A significant moisture reduction (from 66.4 g to 62.2–63.2 g) was observed, indicating the high water-binding capacity of the plant-based stabilizers. The most substantial advantage was the product's mineral enrichment: the ash content in the test samples (2.65–2.85 g) was nearly double that of the control (1.45 g). All samples met microbiological safety requirements. Consequently, the study confirms the technological feasibility of using these developed PFEs, demonstrating a rational use of collagen-rich raw material and enhancing the nutritional value of pâté while maintaining high consumer appeal.

Keywords: meat products, traditional liver pâté, protein-fat emulsion, collagen, functional ingredients, pumpkin flour, quality characteristics.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Сучасні харчові системи стикаються з глобальними викликами, зокрема із завданням забезпечити продовольством населення світу, що зростає [1], що вимагає пошуку стійких рішень [2, 3]. У цьому контексті вибір споживачів все частіше визначається не лише смаковими якостями, але й екологічною стійкістю продукту та його впливом на здоров'я [4, 5]. Це стимулює харчову промисловість до розробки продуктів із покращеною поживною цінністю, зокрема зі збалансованим складом та зниженою калорійністю [6].

Печінкові паштети залишаються популярним продуктом, однак їх традиційні рецептури часто критикують за високий вміст жиру та

низький "нутрієнтний слід" (nutritional footprint) [7]. Одночасно гострою проблемою м'ясопереробної галузі є раціональне використання вторинної сировини. Перехід до принципів циркулярної економіки та стійких виробничих стратегій вимагає ефективного залучення таких побічних продуктів, як колагенвмісна сировина [8, 9].

Одним із перспективних шляхів вирішення обох завдань є застосування "зелених" технологій переробки [10]. Використання колагенвмісної сировини (зокрема, свинячої шкіри) для створення білково-жирових емульсій (БЖЕ) дозволяє не лише раціонально використати побічний продукт, але й покращити структурні властивості м'ясних систем, замінивши частину тваринного жиру. Таким чином, розробка технології паштетів, що поєднує принципи циркулярної економіки (використання БЖЕ) та покращення харчової цінності (збагачення рослинними компонентами), є актуальною науково-практичною задачею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз наукових джерел підтверджує глобальний тренд на інтеграцію природно-орієнтованих рішень (nature-based solutions) у харчові технології [11]. Активно ведуться дослідження з використання рослинних інгредієнтів для покращення функціонально-технологічних властивостей м'ясних продуктів. Наприклад, у роботі [12] досліджується використання буряка як природного джерела нітритів у технології салямі, що підтверджується іншими дослідженнями щодо високої біоактивності та технологічного потенціалу цієї сировини [13, 14].

У технології паштетів також вивчається застосування альтернативних білків для створення продуктів спеціалізованого харчування [15]. Інші дослідження зосереджені на використанні нетрадиційної сировини, такої як білки з равликів, для збагачення харчових продуктів [16].

Особливий інтерес для стабілізації м'ясних систем та БЖЕ становить використання рослинних протеїнів та борошна. У цьому контексті перспективним є використання гарбузового борошна. Дослідження [17, 18] показали, що білок насіння гарбуза має високі функціонально-технологічні властивості, зокрема здатність до гелеутворення та емульгування, що є критично важливим для створення стабільних БЖЕ. Ці дані підтверджуються і в роботі [19], де детально вивчено фізико-хімічні та гелеутворюючі властивості білка гарбуза.

Незважаючи на значну кількість робіт, присвячених як використанню БЖЕ, так і збагаченню м'ясних продуктів рослинними компонентами, виділення невирешеної раніше частини загальної проблеми полягає в тому, що комплексне дослідження технології

печінкових паштетів із використанням БЖЕ зі свинячої шкіри, стабілізованих саме нетрадиційними видами борошна (вівсяним, гречаним, гарбузовим), проведене недостатньо. Відсутні дані про вплив такого поєднання на фізико-хімічні, мікробіологічні та, що особливо важливо, органолептичні показники готового продукту, оцінка яких вимагає системного сенсометричного підходу [20].

Мета статті. Метою даної роботи є наукове обґрунтування та розробка технології печінкових паштетів з використанням білково-жирових емульсій (БЖЕ) на основі свинячої шкіри, стабілізованих нетрадиційними видами борошна (вівсяним, гречаним та гарбузовим).

Для досягнення поставленої мети було визначено наступні завдання:

1. Розробити рецептури печінкових паштетів із частковою заміною жирної сировини на БЖЕ з різними видами рослинних стабілізаторів;
2. Дослідити вплив внесених емульсій на органолептичні характеристики готових продуктів;
3. Визначити основні фізико-хімічні показники (вміст вологи, білка, жиру, золи) розроблених зразків паштетів;
4. Оцінити мікробіологічну безпеку нових видів паштетів та їх відповідність нормативним вимогам.

Матеріали та методи дослідження. Об'єктами дослідження слугували контрольний зразок м'ясного паштету (традиційна рецептура) та три дослідні зразки з додаванням білково-жирових емульсій (БЖЕ), стабілізованих борошном. Для виготовлення зразків використовували сировину, закуплену у торговельній мережі (м. Харків): свинячу шкіру (попередньо оброблену: промивання, зачищення, бланшування при $t = 95 \pm 2$ °C протягом 15 хв, охолодження до $t = 10 \pm 2$ °C та подрібнення на вовчку, $d = 3$ мм), борошно вівсяне (вищий гатунок), борошно гарбузове, олію соняшникову рафіновану дезодоровану марки «П» (ДСТУ 4492:2017), воду питну (ДСТУ 7525:2014) та інші компоненти (печінка, жир-сирець, цибуля, сіль, спеції), що відповідали чинним нормативним документам. Борошно гречане (вищий гатунок) відповідало вимогам ДСТУ 7702:2015.

Для дослідних зразків готували БЖЕ за рецептурою (у %): подрібнена свиняча шкіра – 50, олія – 15, вода – 25, відповідний вид борошна – 10. Технологічно процес включав змішування у кутері шкіри, борошна та води (3 хв) з подальшим емульгуванням (5 хв) при повільному внесенні олії до досягнення температури $t \leq 12$ °C. Рецептури контрольного та дослідних зразків паштету наведено у Таблиці 1. У дослідних зразках вносили 15 % БЖЕ, замінюючи частину

жиру-сирцю та води. Термічну обробку (стерилізацію) зразків проводили в автоклаві при температурі 121 ± 1 °C протягом 40 хв.

Таблиця 1

Рецептури контрольного та дослідних зразків паштету (у % на 100 кг)

Компонент	Контроль, %	Дослід 1 (БЖЕ-вівсяне), %	Дослід 2 (БЖЕ-гречане), %	Дослід 3 (БЖЕ-гарбузове), %
Печінка (яловича)	50,0	50,0	50,0	50,0
Жир-сирець (свинячий)	20,0	10,0	10,0	10,0
Вода/бульйон	20,0	15,0	15,0	15,0
БЖЕ (відповідного типу)	–	15,0	15,0	15,0
Цибуля пасерована	6,0	6,0	6,0	6,0
Сіль кухонна	1,5	1,5	1,5	1,5
Спеції (суміш)	2,5	2,5	2,5	2,5
Разом	100,0	100,0	100,0	100,0

Дослідження готових зразків проводили після їх охолодження до 4 ± 2 °C. Фізико-хімічні показники визначали за стандартними методиками: масову частку вологи (ДСТУ 8343:2015), білка (метод К'ельдаля, ДСТУ 7170:2010), жиру (метод Сокслета, ДСТУ ISO 1443:2005) та золи (ДСТУ 8454:2015). Органолептичний аналіз проводила дегустаційна комісія (7 експертів) за профільною 5-бальною шкалою [ДСТУ 4823.1:2007]. Мікробіологічні показники визначали згідно з ДСТУ: КМАФАнМ (ДСТУ 8446:2015), БГКП (ДСТУ 7274:2012), *L. monocytogenes* (ДСТУ EN ISO 11290), *Salmonella* (ДСТУ EN ISO 6579-1), *S. aureus* (ДСТУ 7323:2013) та дріжджі і плісняві гриби (ДСТУ 8447:2015).

Усі дослідження проводили у трикратній повторності ($n=3$). Статистичну обробку отриманих даних (представлених як $M \pm SD$) здійснювали у програмному пакеті Statistica методом однофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA) з подальшим застосуванням post-hoc тесту Тьюкі. Різницю вважали статистично значущою (достовірною) при рівні $p < 0,05$.

Виклад основного матеріалу дослідження. На першому етапі дослідження було проведено органолептичну оцінку розроблених

зразків печінкових паштетів. Результати порівняльного аналізу представлено у Таблиці 2.

Таблиця 2

Органолептичні показники зразків паштетів печінкових

Показник	Контроль	Дослід 1 (вівсяне борошно)	Дослід 2 (гречане борошно)	Дослід 3 (гарбузове борошно)
Зовнішній вигляд	Чиста, суха, рівна поверхня	Чиста, суха, рівна поверхня	Чиста, суха, рівна поверхня	Чиста, суха, рівна поверхня
Вид на розрізі	Однорідна, рівномірно перемішана маса світло-сірого кольору	Однорідна, рівномірно перемішана маса світло-сірого кольору	Однорідна, рівномірно перемішана маса світло-сірого кольору	Однорідна, рівномірно перемішана маса жовтуватого-сірого кольору
Смак та запах	Властиві даному виду продукту, смак у міру солоний, без сторонніх присмаку та запаху, з вираженим ароматом прянощів	Властиві даному виду продукту, смак у міру солоний, без сторонніх присмаку та запаху, з вираженим ароматом прянощів	Властиві даному виду продукту, смак у міру солоний, без сторонніх присмаку та запаху, з вираженим ароматом прянощів	Властиві даному виду продукту, смак у міру солоний, без сторонніх присмаку та запаху, з вираженим ароматом прянощів
Консистенція	Ніжна, мазка	Ніжна, мазка	Ніжна, мазка	Ніжна, мазка

Аналіз даних, наведених у таблиці 2, засвідчив, що всі зразки мали високі органолептичні показники. Смак, запах, консистенція та зовнішній вигляд дослідних зразків не поступалися контрольному. Ключова відмінність спостерігалася у вигляді на розрізі. Зразок із додаванням БЖЕ на основі гарбузового борошна (Дослід 3) вирізнявся

характерним жовтуватого-сірим відтінком. Це пояснюється наявністю у гарбузовому борошні природних пігментів, зокрема каротиноїдів, які забарвили пащтетну масу, що є очікуваним та природним результатом. Внесення БЖЕ на основі вівсяного та гречаного борошна не спричинило значущих змін у кольорі порівняно з контролем.

Для визначення впливу рослинних компонентів БЖЕ на харчову цінність продукту було досліджено основні фізико-хімічні показники табл. 3).

Таблиця 3

**Фізико-хімічні показники зразків пащтетів печінкових
(вміст на 100 г продукту)**

Показник	Контроль	Дослід 1 (вівсяне борошно)	Дослід 2 (гречане борошно)	Дослід 3 (гарбузове борошно)
Волога, г	66,4 ± 2,5a	62,5 ± 2,5b	63,2 ± 2,5b	62,2 ± 2,5b
Білок, г	12,1 ± 1,5a	12,4 ± 1,5a	12,6 ± 1,5a	12,8 ± 1,5a
Жир, г	20,4 ± 1,6a	20,1 ± 1,6a	20,1 ± 1,6a	20,2 ± 1,6a
Зола, г	1,45 ± 0,1c	2,65 ± 0,1b	2,75 ± 0,1a	2,85 ± 0,1a

Примітка: Різні літери (a, b, c) в одному рядку вказують на статистично значущу різницю між середніми значеннями ($p < 0,05$).

Аналіз отриманих даних ($p < 0,05$) дозволив виявити наступні закономірності. Встановлено статистично значуще зниження масової частки вологи у всіх дослідних зразках (62,2–63,2 г) порівняно з контролем (66,4 г). Це можна пояснити високою водозв'язуючою здатністю полісахаридів (харчових волокон), що входять до складу вівсяного, гречаного та гарбузового борошна, які ефективно зв'язали воду в структурі БЖЕ. При цьому не виявлено статистично значущої різниці ($p > 0,05$) у вмісті білка та жиру між контрольним та дослідними зразками. Попри часткову заміну жиру-сирцю на БЖЕ, загальний вміст жиру та білка в системі залишився еквівалентним. Найбільш суттєві та позитивні зміни спостерігалися у вмісті золи. Внесення БЖЕ з рослинними компонентами спричинило вірогідне зростання цього показника майже у 2 рази. Так, якщо у контролі вміст золи становив 1,45 г, то у зразках з вівсяним борошном – 2,65 г, з гречаним – 2,75 г, а з гарбузовим – 2,85 г. Оскільки зольність є непрямим показником вмісту мінеральних речовин, можна стверджувати, що використання

розроблених БЖЕ дозволяє суттєво збагатити печінкові паштети мінеральними компонентами.

Ключовим аспектом при розробці нових харчових продуктів є їхня безпечність. Мікробіологічні дослідження проводили з метою підтвердження відповідності розроблених паштетів санітарно-гігієнічним нормам (табл. 4).

Таблиця 4

Мікробіологічні показники розроблених зразків паштетів

Показник	Допустимі рівні	Результат для дослідних зразків
<i>L. monocytogenes</i> в 25,0 г	Не допускається	Не виявлено
Патогенні мікроорганізми, в т. ч. бактерії роду <i>Salmonella</i> в 25,0 г	Не допускається	Не виявлено
<i>Staphylococcus aureus</i> в 1,0 г	Не допускається	Не виявлено
Бактерії групи кишкової палички (БГКП) в 0,01 г	Не допускається	Не виявлено
Плісєневі гриби та дріжджі, КУО/г	$1 \cdot 10^6$	<10
Мезофільні аеробні та факульт.-анаеробні мікроорганізми (КМАФАнМ), КУО/г	$1 \cdot 10^2$	$2,0 \cdot 10$

Результати досліджень показали, що у жодному з трьох дослідних зразків не було виявлено патогенних та умовно-патогенних мікроорганізмів, зокрема *L. monocytogenes*, бактерій роду *Salmonella* та *S. aureus*. БГКП також не були виявлені. Кількісні показники мікробіологічного забруднення були значно нижчими за допустимі рівні. Кількість КМАФАнМ склала 20 КУО/г, що у 5 разів нижче за норму (не більше 100 КУО/г). Вміст плісєневих грибів та дріжджів (<10 КУО/г) також відповідав вимогам. Високі показники мікробіологічної чистоти свідчать про належну санітарну якість використаної сировини та про ефективність обраного режиму стерилізації (121 °С, 40 хв), який гарантує безпечність готового продукту.

Висновки. Науково обґрунтовано та розроблено рецептури печінкових паштетів із частковою заміною жирної сировини на 15 % білково-жирової емульсії (БЖЕ), виготовленої на основі свинячої шкіри та стабілізованої 10 % нетрадиційного борошна (вівсяним, гречаним,

гарбузовим). Встановлено, що внесення БЖЕ не погіршує органолептичні показники готового продукту, зберігаючи властиві паштету смак, аромат та ніжну, мазку консистенцію. Єдиною відмінністю став зразок з гарбузовим борошном, що мав характерний жовтувато-сірий відтінок, зумовлений природними пігментами сировини. Аналіз фізико-хімічних показників засвідчив, що вміст білка та жиру в дослідних зразках не мав статистично значущої різниці ($p > 0,05$) порівняно з контролем. Водночас виявлено позитивні зміни: вірогідне зниження масової частки вологи (з 66,4 г до 62,2–63,2 г), що свідчить про високу водозв'язуючу здатність борошна, та суттєве збагачення продукту мінеральними речовинами – вміст золи у дослідних зразках (2,65–2,85 г) був майже вдвічі вищим за контрольний показник (1,45 г). Дослідження безпечності підтвердило високу мікробіологічну чистоту паштетів: патогенні мікроорганізми та БГКП не виявлено, а кількісні показники (КМАФАнМ, пліснява/дріжджі) були значно нижчими за допустимі рівні, що підтверджує ефективність обраного режиму стерилізації (121 °C, 40 хв). Таким чином, доведено технологічну доцільність використання розроблених БЖЕ для раціонального використання колагенвмісної сировини та покращення харчової цінності готового продукту при збереженні високих органолептичних показників та гарантії безпечності.

Список джерел інформації / References

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2009). *How to feed the world in 2050*. Proceedings of the Expert Meeting on How to Feed the World in 2050, Rome, Italy, October 12-13.
2. Sirdey, N., David-Benz, H., Deshons, A. (2023). Methodological approaches to assess food systems sustainability: A literature review. *Global Food Security*, 38, 100696. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2023.100696>
3. Zhu, Z., Duan, J., Dai, Z., Feng, Y., Yang, G. (2023). Seeking sustainable solutions for human food systems. *Geography and Sustainability*, 4 (3), 183–187. doi: <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2023.04.001>
4. Brons, A., Oosterveer, P. (2017). Making Sense of Sustainability: A Practice Theories Approach to Buying Food. *Sustainability*, 9 (3), 467. doi: <https://doi.org/10.3390/su9030467>
5. Polyak, E., Breitenbach, Z., Frank, E., Mate, O., Figler, M., Zsalig, D. et al. (2023). Food and Sustainability: Is It a Matter of Choice? *Sustainability*, 15 (9), 7191. doi: <https://doi.org/10.3390/su15097191>
6. Nolden, A. A., Forde, C. G. (2023). The Nutritional Quality of Plant-Based Foods. *Sustainability*, 15 (4), 3324. doi: <https://doi.org/10.3390/su15043324>
7. Zarzo, I., Soler, C., Fernandez-Zamudio, M.-A., Pina, T., Barco, H., Soriano, J. M. (2023). 'Nutritional Footprint' in the Food, Meals and HoReCa Sectors: A Review. *Foods*, 12 (2), 409. doi: <https://doi.org/10.3390/foods12020409>

8. Kumar, M., Raut, R. D., Jagtap, S., Choubey, V. K. (2022). Circular economy adoption challenges in the food supply chain for sustainable development. *Business Strategy and the Environment*, 32 (4), 1334–1356. doi: <https://doi.org/10.1002/bse.3191>
9. Sadraei, R., Biancone, P., Lanza Longa, F., Jafari-Sadeghi, V., Chmet, F. (2022). How to increase sustainable production in the food sector? Mapping industrial and business strategies and providing future research agenda. *Business Strategy and the Environment*, 32 (4), 2209–2228. doi: <https://doi.org/10.1002/bse.3244>
10. Tsironi, T., Koutinas, A., Mandala, I., Stoforos, N. G. (2021). Current and new Green Deal solutions for sustainable food processing. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 21, 100244. doi: <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2021.100244>
11. Keesstra, S., Veraart, J., Verhagen, J., Visser, S., Kragt, M., Linderhof, V. et al. (2023). Nature-Based Solutions as Building Blocks for the Transition towards Sustainable Climate-Resilient Food Systems. *Sustainability*, 15 (5), 4475. doi: <https://doi.org/10.3390/su15054475>
12. Holovko, T. M., Zhrebkin, M. V., Helikh, A. O., Filon, A. M., & Pan, Y. (2024). Buriak popередno obroblenyi zamorozhuvanniam-rozmorozhuvanniam, yak dzherelo nitrytiv v Italiiskii salami, zbahachenii alternatyvnymy bilyamy [Freeze-thaw pre-treated beetroot as a source of nitrites in Italian salami enriched with alternative proteins]. *Prohresyvnii tekhnika ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv restorannoho hospodarstva i torhivli: zb. nauk. prats*, 2(36), 27–43. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14672191>
13. Paulauskienė, A., Šileikienė, D., Karklelienė, R., Tarasevičienė, Ž., Česonienė, L. (2023). Quality Research of the Beetroots (*Beta vulgaris* L., ssp. *vulgaris* var. *conditiva* Alef.) Grown in Different Farming Systems Applying Chemical and Holistic Research Methods. *Sustainability*, 15 (9), 7102. doi: <https://doi.org/10.3390/su15097102>
14. Chen, L., Zhu, Y., Hu, Z., Wu, S., Jin, C. (2021). Beetroot as a functional food with huge health benefits: Antioxidant, antitumor, physical function, and chronic metabolomics activity. *Food Science & Nutrition*, 9 (11), 6406–6420. doi: <https://doi.org/10.1002/fsn3.2577>
15. Helikh, A., & Filon, A. (2025). Tradytsiini frantsuzki krakeliny z pashtetom na osnovi alternatyvnykh bilykh dlia zdorovoi ta viiskovoi diiety [Traditional French craquelins with pâté based on alternative proteins for a healthy and military diet]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Tekhnichni nauky*, 1(347), 423–431. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-347-58>
16. Pissia, M. A., Matsakidou, A., Kiosseoglou, V. (2021). Raw materials from snails for food preparation. *Future Foods*, 3, 100034. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100034>
17. Gao, D., Helikh, A. O., Filon, A. M., Duan, Z., Vasylenko, O. O. (2022). Effect of pH-shifting treatment on the gel properties of pumpkin seed protein isolate. *Journal of Chemistry and Technologies*, 30 (2), 198–204. doi: <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v30i2.241145>
18. Gao, D., Helikh, A., Duan, Z. (2021). Determining the effect of pH-shifting treatment on the solubility of pumpkin seed protein isolate. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (11 (113)), 29–34. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.242334>
19. Zeng, L., Wang, Z., He, Z., Zeng, M., Qin, F., & Chen, J. (2023). Physicochemical and gel properties of pumpkin seed protein: A comparative study.

Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі, 2025. Вип. 2 (38). ISSN: 2312-3990X (Print) 2519-2922 (Online)

International Journal of Food Science and Technology, 58(3), 1639-1651. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.16124>

20. Helikh, A. O., & Filon, A. M. (2025). *Kharchova sensotyka i sensometriia* [Food Sensory Science and Sensometrics]. Sumy National Agrarian University.

Головко Тетяна Миколаївна, д-р техн. наук, проф., професор кафедри технології м'яса, Державний біотехнологічний університет, holovko.tatyana@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7059-3620.

Tetiana Holovko, Dr. Sci. (Tech.), Prof., Professor of the Department of Meat Technology, State Biotechnological University, holovko.tatyana@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7059-3620.

Жеребкін Максим Васильович, д-р філос., ст. викл., старший викладач кафедри технології м'яса, Державний біотехнологічний університет, zherebkin.maxim@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8365-0495.

Zherebkin Maksym, PhD, Snr. Lect., Senior Lecturer of the Department of Meat Technology, State Biotechnological University, zherebkin.maxim@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8365-0495.

Курмакова Ірина Миколаївна, д-р техн. наук, проф., професор кафедри хімії, технологій та фармації, Національний університет «Чернігівський колегіум» ім. Т.Г. Шевченка, i.kurmakova@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8916-6546.

Iryna Kurmakova, Dr. Sci. (Tech.), Prof., Professor of the Department of chemistry, technology and pharmacy, T.G. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium", i.kurmakova@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8916-6546.

Чех Олександр Олександрович, канд. техн. наук, асист., асистент кафедри генетики, селекції та біотехнології, Сумський національний аграрний університет, olexa0701@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8947-5269.

Oleksandr Chekh, PhD, Assist., Assistant of the Department of Genetics, Breeding, and Biotechnology of Animals, Sumy National Agrarian University, olexa0701@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8947-5269.

Бондар Олена Сергіївна, канд. техн. наук, ст. викл., старший викладач кафедри хімії, технологій та фармації, Національний університет «Чернігівський колегіум» ім. Т.Г. Шевченка, bondar4elena@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9612-0546.

Olena Bondar, PhD, Snr. Lect., Senior lecturer of the Department of chemistry, technology and pharmacy, T.G. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium", bondar4elena@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9612-0546.

Прийнято 18.11.2025 р. Оприлюднено 01.12.2025р.

ХАРЧОВІ ІНГРЕДІЄНТИ ТА ДОБАВКИ

УДК 641.887

DOI 10.5281/zenodo.18221411

ТЕХНОЛОГІЯ І ЯКІСТЬ СОУСІВ НА ОСНОВІ КОМПОЗИЦІЙНИХ СУМІШЕЙ

М.Ф. Кравченко, В.С. Михайлик, І.П. Данилюк

У статті наведені дані стосовно розробленої технології соусів з молочної сироватки сухої демінералізованої та композиційних сумішей. Комплексні дослідження з використанням органолептичних, фізико-хімічних методів довели можливість та доцільність використання композиційних сумішей з дієтичних добавок (молочна сироватка суха демінералізована, соєва білково-жирова добавка, гуміарабік, пектин) для підвищення харчової цінності та покращення якості соусів.

Ключові слова: соуси, молочна сировина, сироватка, емульсійні системи, структурно-механічні показники, композиційні суміші.

TECHNOLOGY AND QUALITY OF SOUCES BASED ON COMPOSITIONAL MIXTURES

M. Kravchenko, V. Mihailik, I. Danyliuk

The article presents a technology for sauces with incorporating a compositional mixtures. Comprehensive research using organoleptic, physicochemical methods have proven the possibility and feasibility of using a composition of dietary supplements (dry demineralized whey, soy protein-fat supplement, gum arabic, pectin) to increase nutritional value and improve the quality of sauces.

The developed mixture of dry whey and soy flour was added to the recipe of the sauces instead of flour. The classic sauce recipe was used as the control sample. New sauces with dry whey and compositional mixtures were prepared. Dry whey and composite mixtures are characterized by a high protein content, which has certain functional properties and play a major role in the process of structuring of sauce emulsion.

The possibility and expediency of using the composition of dry whey and compositional mixtures to improve the nutritional properties and quality of sauces have been' experimentally proven. An important indicator of the structural and mechanical characteristics of sauces is shear stress. The content of mineral substances in the developed sauces increased: potassium - 1.25–4.3 times, calcium - 3.3–6.4 times, magnesium - 1.7–2.7 times, phosphorus - 1.2–2.9 times, iron - 1.6–8.5

times compared to the control. Analysis of the vitamin composition of the developed sauces revealed an increase in the content of vitamins. When studying the storage periods of the developed sauces, the number of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms after storage ($t = 4^{\circ}\text{C}$, 24 h) is $1.86\text{--}2.07 \cdot 10^2$, which is 6–9% less compared to the control. No mold fungi and yeasts were detected in the control and experimental samples.

Keywords: *sauces, dairy raw materials, whey, emulsion systems, composite mixtures.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Серед продукції ресторанного господарства важлива роль відводиться соусам. Відповідно до сучасних кулінарних визначень соус – багатоскладова харчова композиція, яка складається з основи та смакових добавок і подається як доповнення до стави для поліпшення смаку, аромату, зовнішнього вигляду, поживності в процесі виробництва або після нього.

Сучасне світове кулінарне мистецтво характеризується впровадженням новітніх технологій соусів, використанням нових видів сировини та смакових інгредієнтів у їх виробництві, появою креативних підходів до смакової комбінаторики і соусної композиції.

Перспективними напрямками удосконалення асортименту і підвищення поживної цінності соусів є використання нових видів сировини, натуральних смако-ароматичних і дієтичних добавок, введення наповнювачів рослинного і тваринного походження, зниження енергетичної цінності соусів спеціального призначення (для дієтичного харчування, розроблення напівфабрикатів соусів різного ступеню).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З наукової точки зору перспективним є використання в якості додаткових інгредієнтів в рецептурному наборі природних компонентів підвищеної біологічної цінності і прийнятних з точки зору функціонально-технологічних характеристик для виробництва соусної продукції, у тому числі спеціального та функціонального призначення.

До таких дієтичних добавок можливо віднести продукти що отриманні з вторинної молочної сировини, зокрема молочну сироватку суху демінералізовану (МССД), білково-жирову добавку з сої (БЖД) «Супер» ECO, гуміарабік (Fibregum), пектин низькоестерифікований GRINDSTED YF 738, лактат кальцію.

Враховуючи вищезазначене, розроблення нових технологій соусів з використанням дієтичних добавок є актуальним напрямом розвитку харчових технологій.

Мета статті - дослідження фізико-хімічних і технологічних показників молочної сироватки сухої демінералізованої, соєвої білково-жирової добавки, гуміарабіку, пектину та обґрунтування доцільності їхнього поєднання та використання у рецептурних композиціях для виробництва соусної продукції.

Об'єкт дослідження – технологія та якість соусів функціонального призначення з використанням композиційної суміші дієтичних добавок.

Матеріали та методи. У дослідженні використано зразки дієтичних добавок, композиційних сумішей з них, емульсійних соусів на їх основі. Для оцінки якості соусів було застосовано комплекс фізичних, фізико-хімічних, мікробіологічних, органолептичних методів, математична обробка експериментальних даних з використанням інформаційних комп'ютерних технологій та програмного забезпечення.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для визначення найбільш прийнятної сухої молочної сироватки досліджені фізико-хімічні та органолептичні показники окремих її видів у порівнянні з вихідною сировиною [1,2,3].

Таблиця 1

Фізико-хімічні показники сухих молочних сироваток

Найменування показників	Сироватка суха		Сироватка демінералізована суха				
	Сироватка підсирна	Сироватка кисла	Сироватка підсирна	Сироватка підсирна	Сироватка кисла	Сироватка підсирна	Сироватка кисла
			НФ	ЕД		НФ/ЕД	
Масова частка сухих речовин, %	97.0	95.19	97.87	95.06	94.52	97	94.80
Масова частка лактози, %	74.5	73.03	76.20	82.60	79.93	65.92	63.73
Масова частка золи, %	7.27	8.29	5.10	1.55	2.82	2.63	2.72
Масова частка жиру, %	1.50	1.60	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0
Масова частка білка, %	12.7	11.0	15.6	8.8	9.7	27.2	26.0
Кислотність, Т	14.0	75.0	9.5	8.0	25.0	12.0	18.0
Індекс розчинності, см ³ сирого осаду	0.3	0.5	0.45	0.1	0.2	0.3	0.1

За результатами аналізу органолептичних показників встановлено, що підсирна молочна сироватка суха демінералізована (МССД) має солодкий смак, без сторонніх присмаків та запахів, що дає змогу використовувати її в харчовому виробництві, зокрема в технологіях соусної продукції (табл. 2).

Таблиця 2

Органолептичні характеристики сухих молочних сироваток після обробки різними мембранними методами

Назва показника	Норма для сироватки молочної сухої згідно з ДСТУ 4552:2006 «Сироватка молочна суха»		Молочна сироватка суха демінералізована згідно з ТУ У 15.5-00419880-089:2014		
			«Молочна сироватка суха демінералізована (СД-НФ)		Молочна сироватка суха деміне- ралізована (СД-НФ- ЕД)
	Підсирна	Кисла	Підсирна	Кисла	Підсирна
Смак і запах	Солодку- вато- солонува- тий, з присмаком характер- ним для сироватки	Кислува- тий, з присмаком характерн им для сироватки	Солодкуват ий з ледь відчутним солонува- тим присма- ком, без сторонніх присмаків та запахів	Злегка кислува- тий, без сторонніх присмаків та запахів	Солодкий, без сторонніх присмаків та запахів
Зовнішній вигляд і	Тонкодис- персний порошок, наявність грудочок, які легко розсипають ся під вливом механічної дії	Тонкодис- персний порошок, наявність грудочок, які легко розсипають ся під вливом механічної дії	Тонкодис- персний порошок, наявність грудочок, які легко розсипають ся під вливом механічної дії	Тонкодис- персний порошок, наявність грудочок, які легко розсипають ся під вливом механічної дії	Тонко- дис- персний порошок
Колір	Від білого до світло- жовтого		Від білого до світло- жовтого		Світло- жовтий

Молочна сироватка має високу харчову і біологічну цінність. Вона є білково-вуглеводною сировиною, і завдяки хімічному складу має унікальні властивості [4, 5].

Молочні білки завдяки вмісту усіх незамінних амінокислот відносяться до повноцінних тому ефективно засвоюються організмом людини [6, 7]. Додавання МССД до складу соусів дозволить суттєво покращити їх якісний склад за такими лімітуючими амінокислотами як метіонін + цистин, треонін, триптофан, ізолейцин (табл. 3).

Таблиця 3

Амінокислотний склад МССД

Амінокислота	Вміст незамінних амінокислот, г/100 г білка		Амінокислотний скор, %
	Еталон білка (по ФАО/ВООЗ)	МССД	МССД
Незамінні амінокислоти			
Лізин	5.5	10.7	194
Треонін	4.0	13.7	342
Валін	5.0	11.6	232
Метіонін+Цистин	3.5	2.6	74
Лейцин	7.0	9.4	134
Ізолейцин	4.0	8.0	200
Тирозин+Фенілаланін	6.0	8.3	138
Триптофан	1.0	2.8	280
<i>Всього НАК</i>	36.0	67.1	-
Замінні амінокислоти			
Аспарагінова кислота	-	13.7	-
Серин	-	5.10	-
Глутамінова кислота	-	17.88	-
Пролін	-	9.40	-
Гліцин	-	1.98	-
Аланін	-	5.80	-
Аргінін	-	3.67	-
Гістидин	-	2.40	-
<i>Всього ЗАК</i>	-	59.9	-
Співвідношення НАК до ЗАК	-	1.1:1	-

Біологічна цінність білків МССД достатньо висока, серед незамінних амінокислот у МССД відзначається значний вміст лізину – 10.7 г/100 г, треоніну – 13.7 г/100 г, валіну – 11.6 г/100 г.

В молочній сироватці міститься в середньому 0,2...0,9 % жиру, а в сепарованій – 0,05...0,2 %. Жир в сироватці знаходиться в більш диспергованому стані, ніж в незбираному молоці, що позитивно впливає на біохімічні процеси, які відбуваються в організмі людини [8, 9, 10, 11].

В молочній сироватці міститься значна кількість вуглеводів, що представлені в основному у вигляді дисахариду – лактози.

Лактоза в 5...6 разів менш солодка за сахарозу, але її похідні (лактітол, лактулоза, продукти гідролізу) мають більш високу солодкість і використовуються при виробництві низькокалорійних та лікувально-дієтичних продуктів. Вона також відзначається багатим вітамінним складом, перш за все вмістом жиророзчинних вітамінів [12, 13, 14].

Отже, висока харчова і біологічна цінність, при цьому досить низька енергоємність МССД, за рахунок вмісту низькокалорійних вуглеводів, що представлені лактозою, сприятиме збалансуванню нутрієнтного складу соусної продукції.

Проаналізовано мінеральний (табл. 4) та вітамінний склад МССД [15]. За результатами аналізу мінерального складу встановлені переваги МССД в порівнянні з іншими рецептурними компонентами, за рахунок високого вмісту макроелементів, а саме Са – 1510 мг/100г, К – 1270 мг/100г, Р – 1270 мг/100г, та мікроелементів, зокрема І – 67.8 мкг/100г які можуть забезпечити значну їх частину від добової потреби (табл. 4).

Таблиця 4

Мінеральний склад МССД, на 100г

Найменування показника	МССД	
	Вміст	Задоволення добової потреби, %
<i>Макроелементи, мг</i>		
Калій (К)	1270	51-25
Кальцій (Са)	1510	126
Магній (Mg)	250	83-50
Натрій (Na)	980	25-16

1	2	3
Фосфор (P)	1270	105
<i>Мікроелементи, мкг</i>		
Залізо (Fe)	2660	13-30
Йод (I)	67.8	26-34
Марганець (Mn)	10	1
Мідь (Cu)	-	-
Молибден (Mo)	-	-
Фтор (F)	-	-
Цинк (Zn)	2100	19-21

За результатами аналізу вітамінного складу встановлено, що МССД відзначається високим вмістом: B12 – 2.4 мг, B2 – 1.3 мг, B5 – 5.6 мг що повністю задовольняє добову потребу в них, а також B4 – 100.0 мг, що дозволить забезпечити до 67 % від добової потреби в ньому (табл. 5).

Таблиця 5

Вітамінний склад МССД, на 100г

Найменування показника	МССД	
	Вміст	Задоволення добової потреби, %
Токоферол (E), мг	0.06	0.3
Аскорбінова кислота (C), мг	5.00	6-7
Піридоксин (B6), мг	0.67	33-45
Кобаламін (B12), мкг	2.40	120-200
Біотин (B7), мкг	37.0	12
Ніацин (B3, PP), мг	0.82	5-6
Пантотенова кислота (B5), мг	5.60	112
Рибофлавін (B2), мг	1.30	118
Тіамін (B1), мг	0.21	7-21
Холін (B4), мг	100.0	67

Таким чином, використання МССД у технологіях соусної продукції дасть змогу збалансувати її нутрієнтний склад, за рахунок

зниження калорійності, підвищення біологічної цінності, збагачення мінеральними речовинами та вітамінами.

Разом з тим хімічний склад сировини визначає її технологічні властивості, а відповідно перебіг технологічного процесу виробництва продукції з використанням цієї сировини, якість виробів, їх споживчі та фізіологічні властивості.

МССД характеризується високим вмістом білка, що має певні функціонально властивості, яким належить основна роль в процесі структуроутворення соусної емульсії.

Вивчення функціональних властивостей білків є ключовим науковим напрямом проблеми одержання нових форм харчових продуктів, який дає змогу розроблення рецептури багатокомпонентних харчових систем. До найбільш важливих функціональних властивостей білків відносять розчинність, водозв'язуючу і жирозв'язуючу здатність, здатність стабілізувати дисперсні системи (емульсії, піни, суспензії), утворювати гелі, адгезійні і реологічні властивості (в'язкість, еластичність, пластичність), здатність до текстурування [16].

Отже, результати аналізу даних підтверджують перспективність використання МССД в рецептурному складі соусної продукції.

У якості додаткових інгредієнтів у композиційних сумішах використані структуроутворювачі – полісахариди, з метою утворення відповідної структури: гуміарабік, пектин, соєва білково-жирова добавка, лактат кальцію. Серед досліджуваних показників – гідратаційна здатність нутрієнтів, їх вплив на поверхневий натяг, показники ефективної вязкості їх розчиннів.

Гуміарабік E414 (камедь акації; gum arabic, асасія) – натуральна харчова добавка, дозволена для застосування в Міжнародних стандартах на харчові продукти. У країнах Євросоюзу допускається використання камеді акації для виробництва харчових продуктів навіть для дітей першого року життя. Допустима добова норма не визначена. Гуміарабік є розчинною клітковиною, яка не всмоктується в кишечнику. Згідно з офіційними даними, харчова добавка є нетоксичною. Гуміарабік використовується в якості джерела необхідної для організму клітковини для виробництва дієтичних продуктів та напоїв.

Продукти з гуміарабіком дозволяють знизити дефіцит клітковини, необхідної для профілактики захворювань, пов'язаних з підвищенням рівня холестерину і цукру в крові. Також достатнє надходження розчинної клітковини захищає організм від виникнення

захворювань шлунково - кишкового тракту, ожиріння. Він виявляє стабілізуючі властивості. Його відносять до розчинних смол, камедів, які отримують з акацій *Acacia Senegal L. Willdenaw* або *Acacia seyal*. Він є полісахаридом, який добре розчиняється у холодній воді і утворює розчини з низькою в'язкістю, без запаху і смаку.

Завдяки цим властивостям гуміарабік широко використовується у харчових виробництвах і позначається кодом E414. В дослідженнях використаний гуміарабік у вигляді порошку світло-кремового кольору, який добре поєднувався з іншими інгредієнтами композиційної суміші, сприяв підвищенню однорідності гомогенності соусної емульсії.

Пектин – (ДСТУ 6088:2009) розчинна у воді речовина, яка міститься у клітинному соку плодів і овочів. Пектин є складним ефіром метилового спирту і пектинової кислоти. Він має важливі біологічні властивості, які обумовлені наявністю вільних карбоксильних та гідроксильних груп галактуронової кислоти. Ці групи здатні зв'язувати важкі метали, в тому числі, радіонукліди, з утворенням нерозчинних комплексів, які виводяться з організму. Як гідрофільний колоїд пектин збільшує в'язкість розчинів, завдяки чому широко використовується у харчових виробництвах.

У дослідженнях використаний пектин у вигляді порошку світло-кремового кольору. Завдяки схожим фізичним властивостям добре поєднувався з гуміарабіком у композиційній суміші. З метою підвищення вмісту білка і покращення амінокислотного скору у розроблених соусах до їх складу ввели соєву білково-жирову добавку (БЖД).

Для обґрунтування рекомендацій по використанню білково-жирової добавки «Супер» з сої при виробництві соусів важливою умовою є не тільки хімічний склад, а органолептичні та технологічні властивості. Органолептичні, фізико-хімічні та технологічні властивості білково-жирової добавки «Супер» ЕСО. Вона має кремовий колір, смак солодкуватий, запах нейтральний, вміст білка до 42%, ліпідів до 20%, золи до 5%, вологи 6%. Її жирозв'язувальна здатність становить до 2,4 г, емульгуюча здатність 0,68%.

Встановлені оптимальні концентрації полісахаридів у розчинах: гуміарабіку 6,0% та пектину 2,0%. В процесі гідратації полісахаридів спостерігається зниження поверхневого натягу розчину до $6,0 \cdot 10^{-2}$ і $6,4 \cdot 10^{-2}$ Н/м, що позитивно впливає на утворення структури суспензії.

При взаємодії гуміарабіку у концентрації 1–6% і пектину 0,5–2% з рідиною відбувається їхнє набрякання і розчинення, що в свою чергу

супроводжується зниженням поверхневого натягу розчинів, що полегшує диспергування поверхневих систем. Показники поверхневого натягу зростають зі збільшенням концентрації полісахаридів і набувають постійних значень при концентрації гуміарабіку 6,0% та пектину у межах 2% і знаходяться на рівні $6,0 \cdot 10^{-2}$ і $6,4 \cdot 10^{-2}$ Н/м відповідно (рис. 1).

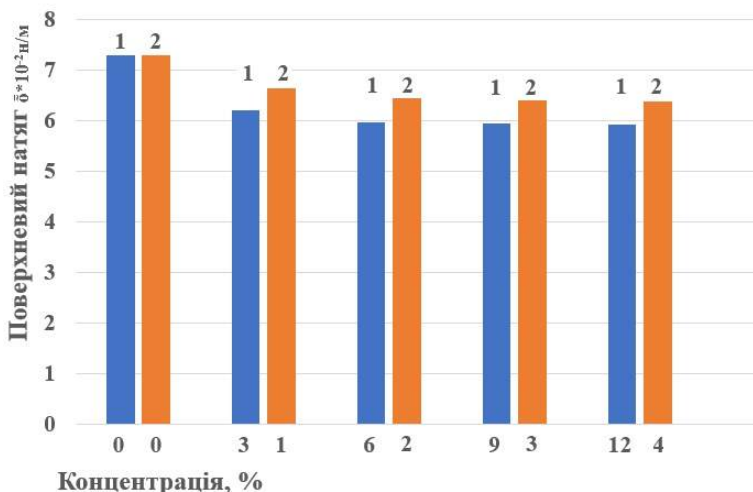


Рис. 1. Поверхневий натяг (σ) водних систем гуміарабіку(1) та пектину(2) в залежності від їх концентрації (C)

Ефективна в'язкість розчинів гуміарабіку з концентрацією від 0 до 6% становить від $7,3 \cdot 10^{-2}$ Н/м до $6 \cdot 10^{-2}$ Н/м, і на 30% нижче ніж в контролі (3% клейстер крохмалю). В'язкість розчину з композиційної суміші гуміарабіку з пектином у співвідношенні 3:1 становить 0,3 Па·с і наближена до контрольного розчину.

При розробці технології соусів враховували, що солодкі соуси містять до 10% цукру, а інші до 2,5% солі. Необхідно було визначити, як вплинуть ці речовини на реологію соусних систем.

Встановлено, що з підвищенням концентрації цукру ефективна в'язкість розчинів збільшувалася майже до $6,0 \cdot 10^{-2}$ Па·с, а у розчинах з цукром (10%) ефективна в'язкість становила $3,5 \cdot 10^{-3}$ Па·с. (рис. 2, 3).

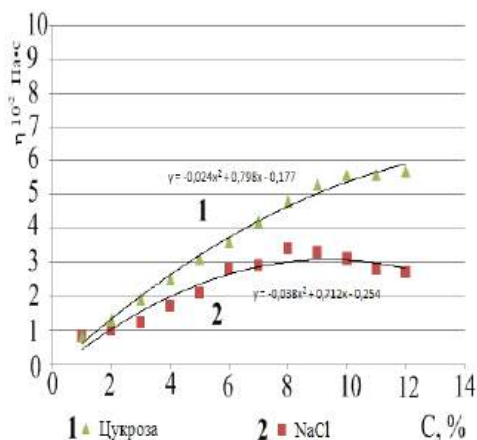


Рис. 2. В'язкість водних розчинів пектину (2%) за різних концентрацій NaCl та цукру

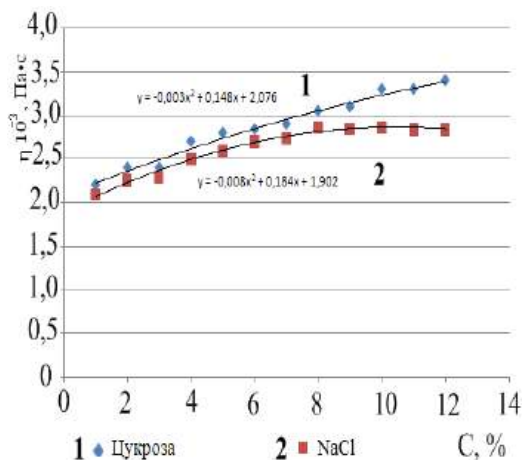


Рис. 3. В'язкість водних розчинів гуміарабіку (6%) за різних концентрацій NaCl та цукру

У досліджуваній концентрації солі в'язкість розчинів полісахаридів відрізнялась незначно. Для досягнення в'язкісних характеристик модельних систем властивих традиційним соусам до їх

складу вводили лактат кальцію. Адже відомо, що іони кальцію сприяють утворенню пектинових комплексів – пектатів.

Додавання лактату кальцію сприяє утворенню у пектинових розчинах пектатів. Цей процес залежить від рН середовища і зі зниженням рН спостерігається підвищення ефективної в'язкості, що обумовлено збільшенням реакційної здатності іонів кальцію у кислому середовищі (рис. 4).

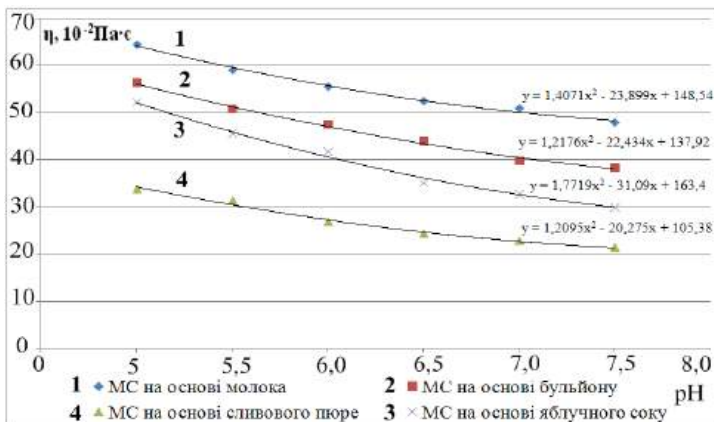


Рис. 4. Ефективна в'язкість модельних систем за різних значень рН середовища

За зазначених умов в емульсійній системі відбувається інтенсивний процес комплексоутворення між пектином, гуміарабіком і лактатом кальцію. Внаслідок утворення кальцієвих містків між їх молекулами утворюються стійкі до розшарування системи.

До складу композиційної суміші для соусів крім молочної сироватки сухої демінералізованої додатково була введена соєва білково-жирова добавка і загальне співвідношення між компонентами склало – білково-жирова добавка: гуміарабік: пектин: лактату кальцію як 5:5:6:2:2, що дозволило отримати емульсію, яка за реологічними характеристиками близька до контролю.

Дослідження харчової цінності соусів на основі композиційних сумішей з молочної сироватки сухої демінералізованої, білково-жирової добавки, гуміарабіку, пектину, лактату кальцію дозволили встановити підвищення якості і покращення хімічного складу соусів за вмістом білків, ненасичених жирних кислот, вітамінів та мінеральних речовин (рис.5-8)

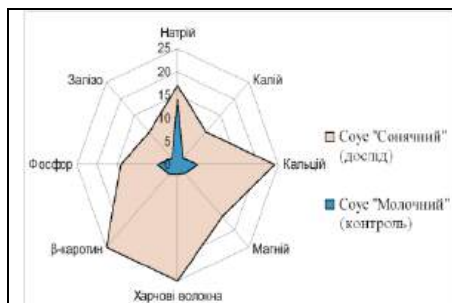


Рис. 5. Профіль якості соусу «Молочний»

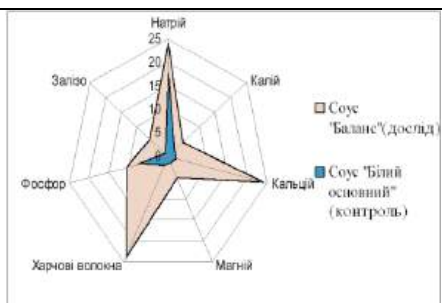


Рис. 6. Профіль якості соусу «Баланс»

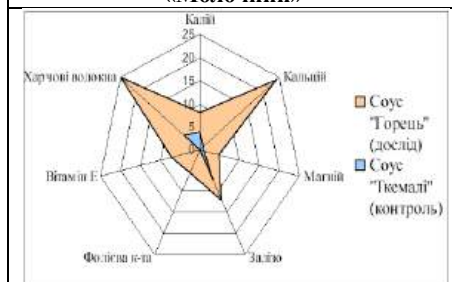


Рис. 7. Профіль якості соусу «Горець»

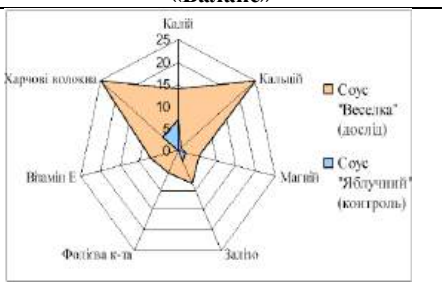


Рис. 8. Профіль якості соусу «Веселка»

Список джерел інформації / References

1. Золотухіна І. В. Технологія напівфабрикатів на основі скелетин для виробництва збитої десертної продукції: дис...канд.техн.наук: 05.18.16. – Харків, 2006. С. 160.

Zolotukhina I. V. Tekhnolohiia napivfabrykativ na osnovi skeloty n dlia vyrobnytstva zbytoi desernoi produktsii: dys...kand.tekhn.nauk: 05.18.16. – Kharkiv, 2006. S. 160

2. Гніцевич В. А. Технологія харчових продуктів із заданими властивостями на основі вторинної молочної та рослинної сировини: монографія // В. А. Гніцевич, Р. П. Никифоров, Н. А. Федотова, Н. В. Кравченко / Донецьк: Донбасс, 2014. С.337.

Hnitsevych V. A. Tekhnolohiia kharchovykh produktiv iz zadanymy vlastyvostiamy na osnovi vtorynnoi molochnoi ta roslynnoi syrovyny: monohrafiia // V. A. Hnitsevych, R. P. Nykyforov, N. A. Fedotova, N. V. Kravchenko. / Donetsk: Donbass, 2014. – S.337.

Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі, 2025. Вип. 2 (38). ISSN: 2312-3990X (Print) 2519-2922 (Online)

3. Гніцевич В. А. Юдіна Т. І. Аналіз і перспективи використання білково-вуглеводної молочної сировини в Україні. Мат. міжнар. наук.-практ. конф. "Глобалізаційні виклики розвитку національних економік". Том 3. Київ: КНТЕУ. 2016. С. 673-684.

Hnitsevych V. A. Yudina T. I. Analiz i perspektyvy vykorystannia bilkovo-vuhlevodnoi molochnoi syrovyny v Ukraini. Mat. mizhnar. nauk.-prakt. konf. "Hlobalizatsiini vyklyky rozvytku natsionalnykh ekonomik". Tom 3. Kyiv: KNTEU. 2016. S. 673-684.

4. Гніцевич В. А. Реологічні властивості молочно-білкових концентратів. / В. А. Гніцевич, Л. Г. Дейниченко, А. Б. Горальчук. // Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2017. №23. С. 182-190.

Hnitsevych V. A. Reolohichni vlastyivosti molochno-bilkovykh kontsentrativ. / V. A. Hnitsevych, L. H. Deinychenko, A. B. Horalchuk. // Naukovi pratsi Natsionalnoho universytetu kharchovykh tekhnolohii. 2017. №23. S. 182-190.

5. Deynychenko G. The study of technological parameters of pectin containing raw material processing in the vegetable-milk forcemeats technology / G. Deynychenko, V. Gnitsevych, T. Yudina, I. Nazarenko, O. Vasylieva // «EUREKA: LifeSciences». 2016. Number 5. p. 29-36.

6. Гніцевич В., Гончар Ю., Євдомаха Т. Структуроутворювальні властивості напівфабрикату на основі згущеної низьколактозної молочної сироватки / Обладнання та технології харчових виробництв: зб. наук. пр. Вип. 2(39). Кривий Ріг : ДонНУЕТ, 2019. С. 20-27

Hnitsevych V., Honchar Yu., Yevdomakha T. Strukturoutvoriuvalni vlastyivosti napivfabrykatu na osnovi zghushchenoi nyzkolaktoznoi molochnoi syrovatky / Obladnannia ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv: zb. nauk. pr. Vyp. 2(39). Kryvyi Rih : DonNUET, 2019. S. 20-27

7. Гніцевич В.А., Никифоров Р.П., Федотова Н.А., Кравченко Н.В. Технологія харчових продуктів із заданими властивостями на основі вторинної молочної та рослинної сировини: монографія. Донецьк: Донбасс, 2014. 337 с

Hnitsevych V.A., Nykyforov R.P., Fedotova N.A., Kravchenko N.V. Tekhnolohiia kharchovykh produktiv iz zadanymy vlastyvostiamy na osnovi vtorynnoi molochnoi ta roslynnoi syrovyny: monohrafiia. Donetsk: Donbass, 2014. 337 s

8. Гніцевич В.А., Никифоров Р.П., Федотова Н.А., Кравченко Н.В. Технологія харчових продуктів із заданими властивостями на основі вторинної молочної та рослинної сировини: монографія. Донецьк: Донбасс, 2014. 337 с

Hnitsevych V.A., Nykyforov R.P., Fedotova N.A., Kravchenko N.V. Tekhnolohiia kharchovykh produktiv iz zadanymy vlastyvostiamy na osnovi vtorynnoi molochnoi ta roslynnoi syrovyny: monohrafiia. Donetsk: Donbass, 2014. 337 s

9. Yudina, T., Gnitsevych, V., Deinychenko, G., Nazarenko, I. Determination of process raw process-ing options in technology pektynovmisnoyi milk-vegetable stuffing. Eastern European Jorنال of Enterprise technologies. 2016. № 5/11 (83) с. 25-31.

Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі, 2025. Вип. 2 (38). ISSN: 2312-3990X (Print) 2519-2922 (Online)

10. Гнідєвич В. А., Юдіна Т. І., Дейниченко Л. Г. Технологія та біологічна цінність виробів з молочно-білкового концентрату. Товари і ринки. 2017. №1. С. 139-148.

Hnitsvych V. A., Yudina T. I., Deinychenko L. H. Tekhnolohiia ta biolohichna tsinnist vyrobiv z molochno-bilkovoho kontsentratu. Tovary i rynky. 2017. №1. S. 139-148

11. Short communication: Effect of storage temperature on the solubility of milk protein concentrate 80 (MPC80) treated with NaCl or KCl / Sikand V., Tong P. S., Walker J., Wang T., Rodriguez-Saona L. E. Journal of Dairy Science. 2016. Vol. 99, Issue 3. P. 1791-1795

12. Effects of storage temperature on the solubility of milk protein concentrate (MPC85) / Anema S. G., Pinder D. N., Hunter R. J., Hemar Y. // Food Hydrocolloids. 2006. Vol. 20, Issue 2-3. P. 386-393

13. Alvarez V.B., Wolters C.L., Vodovotz Y, Ji T. Physical properties of ice cream containing milk protein concentrates. Journal of Dairy Science, 2005, T. 88, №. 3, C. 862-871.

14. Yanjun S, Jianhang C, Shuwen Z, Hongjuan L, Jing L, Lu L, Uluko H, Yanling S, Wenming C, Wupeng G, Jiaping L. Effect of power ultrasound pretreatment on the physical and functional properties of reconstituted milk protein concentrate. J Food Eng., 2014, №. 124, P.11-18

15. Crowley S.V., Gazi I, Kelly A.L., Huppertz T, O'Mahony J.A. Influence of protein concentration on the physical characteristics and flow properties of milk protein concentrate powders. J Food Eng., 2014, №.135, P.31-38

16. Cao J, Zhang W, Wu S, Liu C, Li Y, Li H, Zhang L Effects of nanofiltration and evaporation on the physiochemical properties of milk protein during processing of milk protein concentrate. Journal of dairy science, 2015, T. 98, №. 1, C. 100-105

Кравченко Михайло Федорович, професор, доктор технічних наук, професор кафедри ресторанних і крафтових технологій; Державний торговельно-економічний університет вул. Кіото, 19, м. Київ, Україна, 02156 (097)3379745; E-mail: m.f.kravchenko@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1425-563X

Kravchenko Mihailo, State university of trade and economics Kyoto str, 19, Kyiv, Ukraine, 02156; Professor, Doctor of Sciences, department of restaurant and craft technologies +380973379745; E-mail: m.f.kravchenko@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1425-563X

Михайлик Віталій Сергійович, кандидат технічних наук, старший викладач, кафедра ресторанних і крафтових технологій, Державний торговельно-економічний університет, (068) 3554903; E-mail: v.mykhaylyk@knute.edu.ua, ORCID: 0000-0001-7604-4403

Mykhaylyk Vitalii, Candidate of Technical Sciences, senior Lecturer, Department of Restaurant and Craft Technologies, State University of Trade and Economics, (068) 3554903; E-mail: vetalikk@bigmir.net, ORCID: 0000-0001-7604-4403

Данилюк Інна Петрівна, канд. техн. наук, доцент кафедри харчових технологій і готельно-ресторанного сервісу Чернівецького торговельно-економічного інституту Державного торговельно-економічного університету, cherep_inna@ukr.net, ORCID: 0000-0002-3407-8813

Danyliuk Inna, Candidat of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of food technologies, hotel and restaurant service of the Chernivtsi Institute of Trade and Economics of the State University of Trade and Economics, cherep_inna@ukr.net, ORCID: 0000-0002-3407-8813

Прийнято 18.11.2025 р. Оприлюднено 01.12.2025р

УДК 664.5 664.644 633.8

DOI 10.5281/zenodo.18221594

УДОСКОНАЛЕННЯ РЕЦЕПТУРНОГО СКЛАДУ СИРНОГО МУСУ ХАРЧОВИМИ ВОЛОКНАМИ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ОРГАНОЛЕПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ

І.О. Павлюк, С.Б. Омельченко, Н.В. Федак, О.О. Лісніченко

Натуральні харчові волокна покращують структуру, стабільність і харчову цінність десертів. У статті представлено результати удосконалення рецептури сирного мусу цитрусовою клітковиною. Визначено, що оптимальним є внесення 0,5–1,2 % клітковини. Розроблено модель рецептурного складу сирного мусу. Встановлено, що саме додавання клітковини у визначеній концентрації сприяє стабільності текстури та запобігає синерезису модельної системи.

Ключові слова: сирний мус, клітковина цитрусова, харчові волокна, структура, текстура, органолептичні показники.

IMPROVING THE RECIPE OF CHEESE MOUSSE WITH DIETARY FIBER AND THEIR INFLUENCE ON ORGANOLEPTIC PROPERTIES

I. Pavliuk, S. Omelchenko, N. Fedak, O. Lissnichenko

The article presents the results of research of the formulation of ingredient composition for the dessert products production using cottage cheese mousse with added dietary fiber as an example. The relevance of this work is determined by the modern society's need for food products that combine high nutritional and biological value with attractive organoleptic characteristics. Among various directions of recipe improvement, particular importance is given to the use of natural functional

ingredients, specifically plant-based dietary fibers, which positively affect the product structure, its stability, and nutritional value.

Cottage cheese mousse was selected as the research object. It is characterized by a delicate texture and high biological value due to the content of complete milk proteins. Traditional cottage cheese mousse receipts have certain disadvantages which are structural instability during storage, risk of whey separation, and elevated fat content, which reduces their dietary appeal.

For enhancing the technological and consumer properties, citrus fiber was incorporated into the receipt as a natural source of dietary fiber. Its main properties include high water and fat absorption ability, emulsifying ability, ability to stabilize consistency, and prevention of syneresis. The study demonstrated that the addition of citrus fiber in the amount of 0.5...1.2% of the mixture mass allows achieving an optimal balance between maintaining delicate and light texture and improving structural and mechanical properties. At this concentration, the mousse was characterized by homogeneous consistency, elasticity, and absence of moisture separation during storage.

Increasing the fiber content above 1.5...2.0% resulted in undesirable changes: excessive thickness, reduced airiness, and the appearance of a floury mouthfeel, which negatively affected the organoleptic properties of the dessert. A model of the recipe composition of cheese mousse with the addition of citrus fiber was developed.

Keywords: cottage cheese mousse, citrus fiber, dietary fiber, structure, texture, organoleptic characteristics.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Традиційні солодкі страви – муси, суфле, парфе та ін. відзначаються витонченою текстурою, різноманітністю смакових відтінків та популярністю серед споживачів, проте їх харчова цінність часто є дискусійною через надлишковий вміст цукру, жирів і відсутність значущих біологічно-активних компонентів. Це знижує їхню роль у раціоні харчування людей, орієнтованих на здоровий спосіб життя та профілактику захворювань, пов'язаних із харчуванням. Одним із найбільш перспективних шляхів удосконалення десертної продукції, що дозволить надати їй дієтичних та профілактичних властивостей, є збагачення харчовими волокнами.

Харчові волокна – це група речовин рослинного походження (переважно складних вуглеводів), які не розщеплюються і не засвоюються ферментами травної системи людини, але відіграють важливу роль у процесах травлення та обміну речовин. Вони сприяють нормалізації діяльності шлунково-кишкового тракту, уповільнюють засвоєння глюкози, регулюють рівень холестерину в крові, створюють відчуття ситості та допомагають у профілактиці ожиріння, цукрового діабету й серцево-судинних захворювань. У технологічному аспекті

харчові волокна здатні впливати на вологоутримуючу здатність, структуру та стабільність продукції, що відкриває широкі можливості для їх застосування у рецептурах десертних страв.

Однак впровадження харчових волокон в рецептурний склад десертних страв супроводжується низкою проблем: можливим погіршенням ніжності текстури, зміною органолептичних характеристик та складністю забезпечення стабільності структури готових виробів. Це зумовлює потребу у глибокому вивченні впливу харчових волокон на їх якість та у розробленні нових технологічних рішень, які дозволять поєднати користь функціонального інгредієнту з традиційною привабливістю десертної продукції.

Таким чином, формування інгредієнтного складу десертної продукції з використанням харчових волокон є важливим завданням у сфері ресторанної індустрії, оскільки створює підґрунтя для формування нової концепції даної продукції, а саме смачної, безпечної та корисної для здоров'я.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження Польовика В.В. [1] присвячене застосуванню купажованої суміші пюре з кизилу та яблук у технології низькокалорійних збивних десертів типу «Самбук». У роботі обґрунтовано, що поєднання цих компонентів позитивно впливає на фізико-хімічні показники системи, бере участь у формуванні структури та забезпечує додатковий комплекс нутрієнтів, підвищуючи харчову цінність кінцевого виробу. До того ж у пюре з кизилу та яблук міститься клітковина, що сприяє зниженню рівня холестерину та глікемічного індексу десертної продукції.

У своїх дослідженнях Максимов Ю.І. та Тучнин І.М. [2] обґрунтували доцільність використання овочевої сировини, зокрема гарбузового пюре, для підвищення біологічної цінності молочних пудингів. Авторами досліджено, що гарбуз характеризується високим вмістом води (85...94 %) та містить 8...12 % вуглеводів, серед яких частка цукрів у більшості сортів становить 4...8 %. Вміст крохмалю коливається в межах 2,5...16 % і під час зберігання він трансформується у розчинні цукри. У складі м'якоті також виявлено 1,2 % клітковини, 0,7...1,2 % пектинових речовин, 0,1 % органічних кислот, значну кількість аскорбінової кислоти, вітаміни групи В, С та рідкісний вітамін Т, що сприяє прискоренню обмінних процесів. Гарбуз є джерелом мінеральних солей (міді, заліза, фосфору), пектину та β-каротину, необхідного для зору та нормального функціонування тканин. Використання гарбузового пюре в технології молочних десертів забезпечує отримання продуктів зі зниженим калоражем, високою

харчовою цінністю та привабливими органолептичними характеристиками. Автором зазначено, що регулярне споживання таких виробів може бути рекомендоване для контролю маси тіла та в раціонах дієтичного харчування при порушеннях обміну речовин і захворюваннях органів травної системи.

Дослідження авторів [3] Петришин Н.З. та Бліщ Р.О. спрямовано на розроблення нових десертних страв і кулінарних виробів на основі кисломолочного сиру, збагаченого незамінними амінокислотами, харчовими волокнами, макро- та мікроелементами і вітамінами. Як ключову інноваційну добавку було використано яблучний кріопорошок, який слугує цінним джерелом вітамінів, харчових волокон та необхідних мінеральних речовин, що дозволяє створювати солодкі страви з оптимальним харчовим і нутрієнтним складом.

Науковцями Стукальською Н.М, Кузьміним О.В., Скриннік І. [4] запропоновано безлактозний десерт із фруктовим пюре, який не містить глютену та призначений для споживання людям з лактозною непереносимістю. Авторами проведено порівняльну характеристику хімічного складу десерту з мигдалевим напоєм та пюре груші. Підтверджено, що саме клітковина груші сприяє зменшенню використання структуро-формувального компоненту. Цей десерт дозволяє розширити функціональний асортимент закладів ресторанної індустрії.

Автором [5] розроблено технологію десерту «Sunnysunny» з додаванням айви. Встановлено, що розроблена продукція характеризується високим вмістом харчових волокон, вітамінів та мінеральних речовин, що підвищує її позитивний вплив на організм людини. Десертну продукцію рекомендовано для використання в лікувально-профілактичному та дитячому харчуванні.

У роботі [6] запропоновано технологію виробництва десертної продукції з використанням гуміарабіку, яка дозволяє отримати продукцію з підвищеною харчовою цінністю порівняно з традиційними. Автор зазначає, що впровадження цієї технології у закладах ресторанного господарства є актуальним та економічно доцільним, оскільки не потребує додаткового обладнання чи суттєвих витрат на виробничі ресурси, а вартість гуміарабіку порівняно з іншими загусниками не є вищою. Автор наголошує, що гуміарабік не є алергеном, містить природну клітковину та сприяє виведенню з організму солей важких металів і радіонуклідів. Соціальний ефект застосування розробленої технології полягає у розширенні асортименту харчової продукції для харчування дорослих та дітей із покращеними споживчими

властивостями, що сприятиме збереженню здоров'я населення та захисту організму від негативного впливу навколишнього середовища.

Проаналізовано технологію [7] одержання десертної продукції шляхом поєднання овочевої (гарбуз, морква) і ягідної (чорна смородина) сировини. Гарбуз є джерелом заліза, а його м'якоть містить карнітин, що необхідний людям із анемією та гемофілією. Ця сполука бере участь у транспортуванні жирних кислот, сприяє збереженню глікогену в клітинах та виконує захисну функцію проти атеросклерозу. Морква характеризується високим вмістом β -каротину (провітаміну А), магнію, цинку, вітамінів Е і С, а її регулярне споживання знижує ризик розвитку низки захворювань. Соус із чорної смородини багатий на вуглеводи, пектинові речовини та клітковину. Автор зазначає, що використання цих інгредієнтів у складі низькокалорійних солодких страв сприяє зміцненню імунної системи, профілактиці надмірної ваги та позитивно впливає на психоемоційний стан людини.

Дослідниками [8] розроблено технологію десертної продукції із використанням дієтичних добавок і рослинної сировини. Перспективною сировиною для використання у складі десертних страв є порошок з фруктів та апіпродукти, які містять значну кількість вітамінів, мінеральних речовин, харчових волокон. Доведено доцільність їх використання з метою покращення харчової та підвищення біологічної цінності десертних страв.

Таким чином, розглянуті дослідження спрямовано на формування структури, зниження енергетичної цінності заміну традиційних інгредієнтів та збагачення природними біологічно-активними сполуками [9, 10, 11], проте більшість із них характеризується недостатнім вмістом харчових волокон. Вивчення вимог до розроблення десертних страв, в рецептурному складі яких є харчові волокна з плодово-овочевої та плодово-ягідної сировини виявляє потребу сучасного споживача в нових, інноваційних рішеннях. І це зумовлює доцільність розроблення моделі рецептурного складу та моделі технологічної системи одержання десертної продукції з використанням харчових волокон оздоровчого спрямування з новими споживними властивостями, покращеними мінеральним і вітамінним складом, стабільними показниками якості і харчової безпечності для харчування у повсякденних раціонах людей, що працюють на виробництвах важкої промисловості, проживають на екологічно забруднених територіях та всіх верств населення. Досліджень щодо одержання десертних страв з використанням харчових волокон немає. Також немає досліджень, які спрямовано на визначення виду та вмісту

харчових волокон, адже введення їх в рецептурний склад десертних страв матиме низку технологічних переваг, а саме харчові волокна сприятимуть стабілізації і покращенню їх структури, стійкості при зберіганні, покращенню органолептичних властивостей та виходу готової продукції за рахунок вологоутримуючої здатності.

Метою статті є удосконалення рецептурного складу десертної продукції (мусу сирного) харчовими волокнами (клітковиною цитрусовою), що дозволить розширити її асортимент, отримати продукцію підвищеної харчової цінності, з хорошими органолептичними показниками.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- встановити переваги використання клітковини цитрусової у складі сирного мусу;
- визначити оптимальну кількість клітковини цитрусової та її вплив на органолептичні показники сирного мусу;
- розробити модель рецептурного складу сирного мусу.

Матеріали та методи. Для реалізації поставленої мети було використано матеріали: сир кисломолочний 2, 5, 9% жирності, вершки 10, 20, 30% жирності, йогурт натуральний, цукор білий, фруктоза, желатин, вода питна, клітковина цитрусова, інулін, пектин, а також методи, які відображають технологічні властивості розробленої продукції.

Дослідження проводили з використанням клітковини цитрусової у кількостях 0,5; 1,0; 1,2, 1,5 та 2,0 % до маси сирної суміші, що дало змогу встановити оптимальний рівень її внесення.

Для відбору проб для визначення органолептичних показників десертних страв користувались ДСТУ 4503:2005 [12]. Органолептичний аналіз готової продукції проводили відповідно до вимог ДСТУ ISO 3972:2004. Під час органолептичної оцінки десертної продукції звертали увагу на її зовнішній вигляд, колір, консистенцію, смак і аромат. Зовнішній вигляд десертної продукції визначали шляхом її огляду, звертаючи увагу на цілісність форми. Колір, аромат і смак визначали шляхом дегустації [13]. Харчову й енергетичну цінність десертної продукції розраховували з використанням таблиць хімічного складу харчових продуктів.

Виклад основного матеріалу дослідження. У сучасних умовах розвитку ресторанної індустрії важливим завданням є створення десертної продукції підвищеної харчової цінності зі збереженням привабливих органолептичних показників. Із широкого різноманіття

десертних страв увагу привертають сирні муси, так як вони поєднують у собі високу харчову та біологічну цінність із ніжною, легкою текстурою та приємним смаком. Завдяки використанню молочної сировини сирні муси є джерелом повноцінних білків, кальцію та вітамінів, що робить їх не лише смачним, але й корисним продуктом. Крім того, ця група десертів характеризується універсальністю: сирні муси можуть поєднуватися з фруктами, ягідними наповнювачами, шоколадом чи злаками, що розширює можливості для розроблення різноманітних рецептур і задоволення потреб споживачів із різними смаковими уподобаннями. У сучасних умовах підвищеного інтересу до здорового харчування сирні муси є перспективною основою для розроблення десертів спеціального призначення. Введення до їх складу натуральних інгредієнтів, зокрема харчових волокон, дозволяє покращити текстурні характеристики, підвищити поживну цінність та надати продукції додаткових корисних властивостей. Завдяки цьому сирні муси можна розглядати як десерт нового формату, що поєднує традиційну рецептуру з інноваційними підходами до формування інгредієнтного складу.

Одним із ефективних напрямів удосконалення рецептурного складу мусів є збагачення їх харчовими волокнами цитрусового походження. Клітковина цитрусова характеризується високою водо- та жиропоглинальною здатністю, що дозволяє стабілізувати структуру готового виробу та запобігати виділенню сироватки під час зберігання. Її введення до складу десерту сприятиме формуванню більш однорідної консистенції, підвищенню в'язкості і зниженню ризику синерезису, що особливо важливо для продукції зі зниженим вмістом жиру [14].

Аналітичними дослідженнями встановлено, що використання клітковини цитрусової у складі сирного мусу має низку технологічних і споживчих переваг:

- стабілізація структури – утримання клітковиною води й жиру, як наслідок мус стає більш однорідним, зменшується ризик відшарування сироватки;

- покращення текстури – надання мусу ніжної, але пружної консистенції, зменшення крихкості під час його заморожування чи зберігання;

- емульгуюча здатність – поєднання жирової та водної фаз;

- зниження синерезису – забезпечення стійкості мусу під час зберігання;

- джерело харчових волокон – підвищення біологічної цінності мусу, сприяння нормалізації травлення;

– використання в рецептурному складі як низькокалорійної добавки – забезпечення можливості часткової заміни жиру.

– природність – підкреслення концепції «чиста етикетка», за рахунок того, що клітковина цитрусова вважається натуральним інгредієнтом.

У ході експериментальних досліджень для оцінювання впливу клітковини цитрусової на якісні показники сирного мусу було використано її вміст у межах 0,5...2,0 % до маси суміші. Визначено вплив клітковини цитрусової на органолептичні показники сирного мусу. В таблиці 1 та на рис. 1 наведено характеристику органолептичних показників: зовнішнього вигляду, консистенції, смаку і аромату.

Визначено, що оптимальним є внесення клітковини цитрусової у кількості 0,5...1,2 % до маси суміші. Такий рівень дозволяє зберегти ніжність та повітряність сирного мусу без негативного впливу на смак та аромат. За умови внесення клітковини у вищих концентраціях (понад 1,5...2,0 %) спостерігалось надмірне ущільнення структури та поява відчуття борошністості у ротовій порожнині, що знижувало органолептичну оцінку десертної страви.

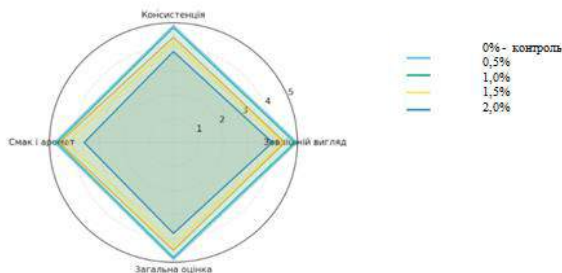


Рис. 1. Вплив клітковини цитрусової на органолептичні показники сирного мусу

Таблиця 1

Характеристика органолептичних показників сирного мусу з додаванням клітковини цитрусової

Вміст клітково- вини	Зовнішній вигляд	Консис- тенція	Смак	Запах
0% - конт- роль	Однорідна система, поверхня блискуча, добре зберігає форму	Кремо- подібна, ніжна	Виражений сирний смак, без сторонніх присмаків	Чистий, приємний, молочний
0,5%	Однорідна, стабільна система, поверхня блискуча	Кремо- подібна, добре аерується, тримає форму	Гармоній- ний, злегка освіжаючий післясмак	Приємний, з легкою цитрусовою нотою
1,0%	Однорідна система, злегка матова поверхня	Трохи щільніша, пружна, однорідна	Смак збалансова- ний, без відчутних змін	Приємний, ледь виражений цитрусовий аромат
1,5%	Однорідна система з матовою поверхнею,	Відчутно щільна, трохи суха, менш повітряна	Злегка борошнис- тий присмак, менш ніжний	Менш виражений молочний аромат, переважає клітковинна нота
2,0%	Тьмяна поверхня, важка структура	Надмірно щільна, крихка, відчуття «сухості»	Борошністі сть, слабкий смак сиру	Сторонній запах клітковини, слабо виражений молочний

Аналітичними дослідженнями встановлено [3], що найкращі результати досягаються при поєднанні класичної сирної основи з харчовими волокнами та використанням підсолоджувачів. Це дозволяє

створити продукт із привабливими органолептичними характеристиками та хорошою текстурою. Спираючись на продукт-аналог та дослідження органолептичних показників модельних систем з додаванням клітковини цитрусової запропоновано модель рецептурного складу сирного мусу (рис. 2).

Модель сирного мусу з клітковиною удосконалено з урахуванням сучасних вимог до харчових продуктів спеціального призначення, тобто таких, що поєднують приємні органолептичні властивості з додатковими корисними властивостями. У рецептурному складі використовується сир середньої жирності, вершки зниженої жирності та фруктовো-ягідний наповнювач, який збагачує продукт натуральними вітамінами, мінералами й антиоксидантами, клітковина у кількості 1,0...1,2%. Частина вуглеводів надходить не лише з цукру, а й із фруктового пюре, що робить смак десерту більш натуральним і гармонійним. Для додаткового збагачення харчовими волокнами вводиться у кількості 0,8% інουλін або пектин, який поєднується з клітковиною цитрусовою. Такий підхід дозволяє підвищити вміст харчових волокон і, відповідно, забезпечити пребіотичний ефект.

Сир кисломолочний 5 % жирності	40%
Вершки 10% жирності	15%
Фруктове або ягідне пюре	20%
Цукор білий або фруктоза	10%
Желатин відновлений	1,5%
Вода питна	12,5%
Клітковина цитрусова	1,2%
Інулін, пектин	0,8%

Рис. 2. Модель рецептурного складу сирного мусу з використанням клітковини цитрусової

Додатковим позитивним ефектом використання клітковини цитрусової є підвищення харчової цінності мусу (табл. 2). Харчові

волокна виконують пребіотичну функцію, сприяючи нормалізації роботи кишківника, а також знижують енергетичну цінність готового виробу за рахунок часткової заміни жиру або крохмальних стабілізаторів. Таким чином, застосування клітковини у рецептурі сирних мусів відповідає сучасним тенденціям виробництва харчових продуктів спеціального призначення.

Таблиця 2

Харчова та енергетична цінність сирного мусу з додаванням клітковини цитрусової

Найменування продукції	Поживна (харчова цінність) на 100 г			Енергетична цінність (калорійність)	
	Білки, г	Жири, г	Вуглеводи, г	ккал	кДж
Сирний мус з додаванням клітковини цитрусової	8,27	3,55	15,28	126	527,2

Висновки. На основі органолептичних досліджень встановлено, що внесення харчових волокон у кількості 0,5...1,2 % від маси суміші забезпечує стабільність структури, збереження ніжної текстури та запобігає виділенню сироватки. Перевищення дозування понад 1,5...2,0 % призводить до небажаних змін консистенції та появи борошнистого присмаку, що негативно впливає на органолептичні показники модельної системи.

Сформовано модель рецептурного складу сирного мусу з використанням клітковини цитрусової. Встановлено, що саме додавання клітковини у визначені концентрації сприяє стабільності текстури та запобігає синерезису модельної системи.

Перспективи подальших досліджень передбачають вивчення структурно-механічних властивостей модельних систем сирного мусу з використанням клітковини цитрусової та їх зміну під впливом технологічних чинників.

Список джерел інформації / References

1. Польовик В. В. Вдосконалення технології самбуків з використанням плодово-ягідного купажного напівфабрикату : дис. канд. техн. наук : 05.18.16 / Польовик Володимир Вікторович, Київ, 2021. 186 с.
Pol'ovyyk V. V. Vdoskonalennya tekhnolohiyi sambukiv z vykorystannnyam plodovoyahidnoho kupazhnoho napivfabrykatu : dys. kand. tekhn. nauk : 05.18.16 / Pol'ovyyk Volodymyr Viktorovych, Kyiv, 2021. 186 s.

Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі, 2025. Вип. 2 (38). ISSN: 2312-3990X (Print) 2519-2922 (Online)

2. Максимів Ю. І., Турчин І. М. Використання овочевого пюре для підвищення біологічної цінності молочного пудингу. Технології харчової та легкої промисловості. 2018. №6. С. 107–110.

Maksymiv YU. I., Turchyn I. M. Vykorystannya ovochevoho pyure dlya pidvyshchennya biolohichnoyi tsinnosti molochnoho pudynhu. Tekhnolohiyi kharchovoyi ta lehkoyi promyslovosti. 2018. №6. S. 107–110.

3. Петришин Н.З., Бліщ Р.О. Удосконалення технології десертних страв із використанням яблучного порошку. Вісник Львівського торговельно-економічного університету. Технічні науки. 2018. Вип. 21. С. 92–95. <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2018-21-14>

Petryshyn N.Z., Blishch R.O. Udoskonallennya tekhnolohiyi desertnykh strav iz vykorystanniam yabluchnoho poroshku. Visnyk L'vivs'koho torhovel'no-ekonomichnoho universytetu. Tekhnichni nauky. 2018. Vyp. 21. S. 92–95.

4. Стукальська Н. М. Удосконалення технології десертів у закладах ресторанного господарства / Н. М. Стукальська, О. В. Кузьмін, І. М. Скринник // Інтернаука. 2022. №15 (134). С. 63-69.

Stukal's'ka N. M. Udoskonallennya tekhnolohiyi desertiv u zakladakh restorannoho hospodarstva / N. M. Stukal's'ka, O. V. Kuz'min, I. M. Skrynnyk // Internauka. 2022. №15 (134). S. 63-69.

5. Антоненко А. Інноваційні технології десертів із підвищеною біологічною цінністю. // А. Антоненко. Ресторанний і готельний консалтинг. Інновації, (2). 2018. С. 32-42.

Antonenko A. Innovatsiyni tekhnolohiyi desertiv iz pidvyshchenoyu biolohichnouy tsinnistyu. // A. Antonenko. Restoranny i hotel'nyy konsal'tynh. Innovatsiyni, (2). 2018. S. 32-42.

6. Антоненко А.В., Толлок Г.А., Бровенко Т.В., Ратушенко А.Т., & Горкун А.О. Технологія функціональних десертів із використанням гуміарабіку. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, 2024. (1). С. 119-127. <https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2023.96>

Antonenko A.V., Tolok H.A., Brovenko T.V., Ratushenko A.T., & Horkun A.O. Tekhnolohiya funktsional'nykh desertiv iz vykorystanniam humiarabiku. Tavriys'kyy naukovyy visnyk. Seriya: Tekhnichni nauky, 2024. (1). S. 119-127.

7. Фарісєєв А.Г., Двалі А.М., Остапенко Д.М., Перспективи удосконалення технології солодких страв // Сучасні технології харчових виробництв : матеріали IV Міжнар. конф. молодих вчених та студентів, м. Дніпро, 18-20 травня 2022 р. Д. : ЛІРА, 2022. С. 68-71.

Farisyeyev A.H., Dvali A.M., Ostapenko D.M., Perspektyvy udoskonallennya tekhnolohiyi solodkykh strav // Suchasni tekhnolohiyi kharchovykh vyrobnytstv : materialy IV Mizhnar. konf. molodykh vchenykh ta studentiv, m. Dnipro, 18-20 travnya 2022 r. D. : LIRA, 2022. S. 68-71.

8. Антоненко, А. В., Баль-Прилипко, Л. В., Бровенко, Т. В., Пересічна, С. М., & Горкун, А. О. (2023). Технологія функціональних десертних страв з апіпродуктами. *Здоров'я людини і нації*, 1, 96-107.

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2023.96>

Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі, 2025. Вип. 2 (38). ISSN: 2312-3990X (Print) 2519-2922 (Online)

Antonenko, A. V., Bal'-Prylypko, L. V., Brovenko, T. V., Peresichna, S. M., & Horkun, A. O. (2023). Tekhnolohiya funktsional'nykh desertnykh strav z ariproduktamy. *Zdorov'ya lyudyny i natsiyi*, 1, S. 96-107.

9. Калугіна І. М., Поплавська С. О. Структурно-механічні властивості мусу з фейхоа. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. Харків: НТУ «ХПІ». 2024. № 1 (19). С. 49-57. <https://doi.org/10.20998/2413-4295.2024.01.07>.

Kaluhina I. M., Poplavs'ka S. O. Strukturno-mekhanichni vlastyvyosti musu z feykhoa. *Visnyk Natsional'noho tekhnichnoho universytetu «KHPi»*. Seriya: Novi rishennya v suchasnykh tekhnolohiyakh. Kharkiv: NTU «KHPi». 2024. № 1 (19). S. 49-57.

10. Патент на корисну модель № 118131 UA МПК A23J 1/08 (2006.01). Склад низькокалорійного білкового десерту / Польовик В.В., Корецька І.Л., Кирпиченкова О.М., Клец Д.О.; заявник – Національний університет харчових технологій. № у 2017 00903; заявл. 01.02.2017; опубл. 25.07.2017, Бюл. № 14, 2017 р.

Patent na korysnu model' № 118131 UA MPK A23J 1/08 (2006.01). Sklad nyz'kokaloriynoho bilkovoho desertu / Pol'ovyyk V.V., Korets'ka I.L., Kyrypichenkova O.M., Klets D.O.; zayavnyk – Natsional'nyy universytet kharchovykh tekhnolohiy. № u 2017 00903; zayavl. 01.02.2017; opubl. 25.07.2017, Byul. № 14, 2017 r.

11. Нещадим Л. Інноваційні методи та технології приготування десертної продукції. Інновації та технології у сфері послуг харчування. 2021. № 1-2(3-4). С. 59-65. [https://doi.org/10.24025/2708-4949.1-2\(3-4\).2021.241488](https://doi.org/10.24025/2708-4949.1-2(3-4).2021.241488)

Neshchadym L. Innovatsiyni metody ta tekhnolohiyi pryhotuvannya desertnoyi produktsiyi. *Innovatsiyni ta tekhnolohiyi u sferi posluh kharchuvannya*. 2021. № 1-2(3-4). S. 59-65.

12. ДСТУ 4503:2005 Вироби сиркові. Загальні технічні умови. ДЕРЖСПОЖИВСТАНДАРТ УКРАЇНИ. Київ, 2006. 14 с.

DSTU 4503:2005 Vyrobny syrkovy. Zahal'ni tekhnichni umovy. DERZHSPZHIVYSTANDART UKRAYINY. Kyiv, 2006. 14 s.

13. ДСТУ ISO 3972:2004 Аналіз органолептичний. Метод дослідження смакової чутливості. Київ, 2004. 18 с.

DSTU ISO 3972:2004 Analiz orhanoleptychnyy. Metod doslidzhennya smakovoyi chutlyvosti. Kyiv, 2004. 18 s.

14. Павлюк І. О., Омельченко С. Б., Федак Н. В. Критерії вибору харчової клітковини для виготовлення кремової десертної продукції. II Міжнародна науково-практична конференція: Сталий ланцюг харчування та безпека кризів науку, знання та бізнес. 15 травня 2025 р. Харків, 2025. С. 107-108.

Pavlyuk I. O., Omel'chenko S. B., Fedak N. V. Kryteriyi vyboru kharchovoyi klitkovyny dlya vyhotovlennya kremovoyi desertnoyi produktsiyi. II Mizhnarodna naukovy-praktychna konferentsiya: Stalyy lantsyuh kharchuvannya ta bezpeka kriz' nauku, znannya ta biznes. 15 travnya 2025 r. Kharkiv, 2025. S. 107-108.

Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі, 2025. Вип. 2 (38). ISSN: 2312-3990X (Print) 2519-2922 (Online)

Павлюк Ілля Олександрович, здобувач СО доктор філософії, Кафедра харчових технологій в ресторанній індустрії Державний біотехнологічний університет, landstar87@gmail.com

Pavliuk Illia, PhD candidate, Department of food technology in the restaurant industry State Biotechnological Universit, landstar87@gmail.com.

Омельченко Світлана Борисівна, кандидат технічних наук, доцент, доцент, Кафедра харчових технологій в ресторанній індустрії Державний біотехнологічний університет, omelchenko.s.b@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3635-6626>

Omelchenko Svitlana, PhD, Senior Lecturer, Senior Lecturer, Department of food technology in the restaurant industry State Biotechnological University, omelchenko.s.b@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3635-6626>

Федак Наталя Василівна, кандидат технічних наук, професор, професор, Кафедра харчових технологій в ресторанній індустрії Державний біотехнологічний університет, fedaknv@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7460-3213>

Fedak Natalia, PhD, Professor, Professor, Department of food technology in the restaurant industry State Biotechnological University, fedaknv@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7460-3213>

Лісніченко Олена Олександрівна, кандидат економічних наук, доцент, доцент, Кафедра харчових технологій в ресторанній індустрії Державний біотехнологічний університет, kdket_hduht@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4930-4916>

Lisnichenko Olena, PhD, Senior Lecturer, Senior Lecturer, Department of food technology in the restaurant industry State Biotechnological University, kdket_hduht@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4930-4916>

Прийнято 18.11.2025 р. Оприлюднено 01.12.2025р.

ХАРЧОВА БЕЗПЕКА ТА ЕКСПЕРТИЗА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

UDC 664.7+339.5

DOI 10.5281/zenodo.18222883

APPLICATION OF PHYSICAL AND MATHEMATICAL METHODS AT THE EXAMINATION OF DRY BREAKFAST FOODS

A. Pak, A. Pak, M. Sofronova, T. Dmytro, K. Bohdan

The object of the study is the breakfast cereals from different manufacturers. The aim of the article is to prove the possibility of using physical and mathematical methods for studying the dispersed composition of breakfast cereals during their commodity and customs examinations and expanding the possibilities of exporting these products based on assessing their quality.

Key words: dry breakfast foods, commodity examination, differential distribution functions of pores by radius

ЗАСТОСУВАННЯ ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ ПІД ЧАС ЕКСПЕРТИЗИ СУХИХ СНІДАНКІВ

А.В. Пак, А.О. Пак, М.С. Софронова, Д.О. Торяник, Б.Г. Халін

Об'єктом дослідження є сухі сніданки від різних виробників: «Nesquik» ТМ «Nestle», "«Lion» ТМ «Lion», «Duo Balls» ТМ «Doctor Benner», «Start» ПрАТ «Lantmannen», «Mr. Croco» ПрАТ «Дніпропетровський комбінат харчових концентратів». Метою статті є доведення можливості застосування фізико-математичних методів дослідження дисперсного складу сухих сніданків під час їх товарознавчих і митних експертиз.

Дослідженнями макропористої структури зразків сухих сніданків від різних виробників встановлено, що найбільш наближену до монодисперсної структуру має зразок «Duo Balls». Він має найменший розкид у значеннях радіусів макропор та найменшу дисперсію функції розподілення макропор за радіусами – 0.881. Зразок «Lion» відрізняється від зразка «Duo Balls» не суттєво, дисперсія його диференціальної функції розподілення макропор за радіусами, яка дорівнює 0.948, відрізняється на 8 %. Далі йдуть зразки «Start» ($D(r)=1.082$) та «Mr. Croco» ($D(r)=1.131$). Найбільш віддалену від монодисперсної структуру має зразок «Nesquik» ($D(r)=1.333$), дисперсія якого відрізняється на 51 % від зразка «Duo Balls».

За ізотермами сорбції досліджуваних зразків сухих сніданків від різних виробників встановлено значення відносної вологості оточуючого газового середовища, за якої можливе тривале зберігання цієї продукції без суттєвих змін якості. Ці значення відносної вологості для сухих сніданків становлять, %:

«Nesquik» – 68; «Lion» – 67; «Duo Balls» – 70; «Start» – 71; «Mr. Croco» – 62. За відносної вологості оточуючого газового середовища, яка перевищує ці значення, тривале зберігання можливе лише у газонепроникному упакованні.

За диференціальними функціями розподілу мікропор за радіусами встановлено, що найменший розкид мікропор за радіусами має зразок «Mr. Croco», а найбільший – «Duo Balls». Зразки «Nesquik», «Lion» та «Start» займають проміжне положення.

Відзначено, отримані результати є об'єктивними показниками якості сухих сніданків, які можуть бути використані під час товарознавчої та митної експертизи цієї продукції.

Ключові слова: сухі сніданки, товарознавча експертиза, функція розподілення пор за радіусами

Problem statement in general terms. An important place in the agro-industrial complex of Ukraine is occupied by the grain industry, which includes industries engaged in the processing of grain crops: flour and cereal, food and feed.

Ukraine occupies a leading position in terms of the volume of cultivation and export of many agricultural crops: sunflower oil, sunflower seeds, rapeseed, corn, wheat, barley. Exports of agro-food products from Ukraine in January-June 2025 amounted to 11.3 billion USD [1]. The main sales markets for domestic agricultural products remain three regions - the countries of the European Union, Asia and Africa [2]. Their total share amounted to 92% of the value of Ukrainian agricultural exports. However, it should be noted that this is 9% less than last year's indicators for the corresponding period [3, 4].

The importance of domestic cereal production for the food security of the state and the peculiarities of the development of this market are devoted to a number of scientific works by Ukrainian researchers [5–7]. In the vast majority of these works, devoted to the consideration of the outlined issues, there is an analysis and discussion of the development trend of the cereal market in terms of supply formation, the degree of state intervention in pricing and the integration of Ukraine into the world economic space.

Analysis of recent research and publications. Among the range of cereal production products, such food concentrates as breakfast cereals should be highlighted [8].

Breakfast cereals have long become an integral part of the diet of a large number of people around the world. Convenience, minimal time consumption and a variety of tastes – all this determines their popularity. Recently, due to the awareness of the need for healthy eating and the accelerated pace of life, the population of Ukraine has also begun to prefer instant cereals and breakfast cereals [9].

The use of breakfast cereals goes beyond simple nutrition; they are convenient meal solutions, appealing to people who lead active and health-conscious lifestyles.

Breakfast cereals are products that are used by the population to quickly satisfy hunger «on the go» or for pleasure. Breakfast cereals are products made from corn, wheat, rice and other crops in the form of sticks, flakes, air grains, rings, stars, pillows, etc., which are consumed with milk, yogurt or another product that suits the taste. To improve the taste properties of the mixture, sugar syrup, caramel, nuts, dried fruits, pieces of chocolate are added, and the mixture is often enriched with vitamins and mineral salts of calcium, phosphorus, iron [10].

The global breakfast cereal market size was estimated at 40.3 billion USD in 2023 and is projected to reach 52.58 billion USD by 2031, growing at a CAGR of 3.38% from 2024 to 2031 [11].

The future of the global breakfast cereal market looks promising, with expected growth driven by increasing consumer demand for healthy, organic and high-protein options. Innovations in flavor profiles, packaging and sustainable practices are expected to further enhance the attractiveness of the market, given changing food preferences and environmental considerations.

The breakfast cereal market in Ukraine is saturated and can offer a wide range of products, both domestically and internationally produced, to the potential consumer [12]. A large share of the market is occupied by foreign brands, the production of which is located in Ukraine. It should be noted that the increase in consumption of products produced by national manufacturers is limited by the presence on the market of a large number of foreign analogues, which consumers prefer due to their reputation and quality. That is, Ukraine, having a sufficient raw material base, produces an insufficient amount of such products as breakfast cereals. The reason for this is that when consumers choose breakfast cereals, the determining factor is to a greater extent the reputation of the brand gained through high quality. Based on this, the development directions of domestic manufacturers, obviously, need to be adjusted in view of increasing the quality of the products obtained to a level not lower than the quality level of well-known foreign brands. This, obviously, will make it possible to satisfy domestic consumers and compete with well-known foreign brands on the international market. The main objective characteristics that provide an assessment of the quality of such products as breakfast cereals are organoleptic and physicochemical indicators. It should be noted that information on such physical indicators as hygroscopic properties, porosity, dispersed composition, as well as their compliance with regulatory documentation is not fully provided. At the same

time, it should be noted the relevance of expanding the application of physical methods of quality assessment and mathematical methods of processing the obtained experimental data during commodity and customs examination of breakfast cereals.

The aim of the article is to prove the possibility of using physical and mathematical methods for studying the dispersed composition of breakfast cereals during their commodity and customs examinations and expanding the possibilities of exporting these products based on assessing their quality.

Materials and methods. The object of the study is the breakfast cereals «Nesquik» TM «Nestle» (hereinafter «Nesquik»), «Lion» TM «Lion» (hereinafter «Lion»), «Duo Balls» TM «Doctor Benner» (hereinafter «Duo Balls»), «Start» PrJSC «Lantmannen» (hereinafter «Start»), «Mr. Croco» PrJSC «Dnipro Food Concentrates Plant» (hereinafter «Mr. Croco»). The breakfast cereal «Nesquik» is a product of foreign production. The breakfast cereals «Lion», «Duo Balls», «Start» are products of a foreign manufacturer with production facilities in Ukraine. The breakfast cereals «Mr. Croco» are products of a Ukrainian manufacturer.

The macroporous structure was determined by microphotographs of the internal structure of the studied products. Microphotographs were taken using a HiView X4 1600X digital microscope.

The gyroscopic properties of the studied products were determined by the strain gauge method.

Description of the main research material. One of the determining indicators of the quality of breakfast cereals is their internal structure. The internal structure determines, firstly, such a consumer quality indicator as the appearance of the product, namely, the external surface. Secondly, it determines the properties of breakfast cereals to absorb water from a gaseous environment and under the condition of their wetting. At the same time, the hygroscopic properties of this dried product, i.e. the ability to give off or absorb water from the surrounding gaseous environment, are determined by the microporous structure of the studied systems. And the appearance of such products as breakfast cereals and the properties to absorb water under the condition of wetting are determined by their macroporous structure.

The study was conducted in two stages. At the first stage, the macroporous structure of breakfast cereals was studied, and at the second stage, the microporous structure.

When studying the external surface and macroporous structure of breakfast cereal samples, the initial data were microphotographs obtained using a digital microscope. The products under study are glazed – samples of breakfast cereals that have a spherical shape, covered with a layer of caramel.

Based on this, photographs of the external surface and a flat section of the samples were taken. The photographs obtained in this case are shown in Fig. 1 and Fig. 2.

From the photographs of the external surface, it can be seen that the surface of the sample «Mr. Croco» is more heterogeneous (Fig. 1 e). On the surface of this sample, there are inflows that can be identified by differences in their color, with sizes of 2...3 mm. The surface of other samples (Fig. 1 a-d) is visually more homogeneous with irregularities that do not exceed 400...500 μm .

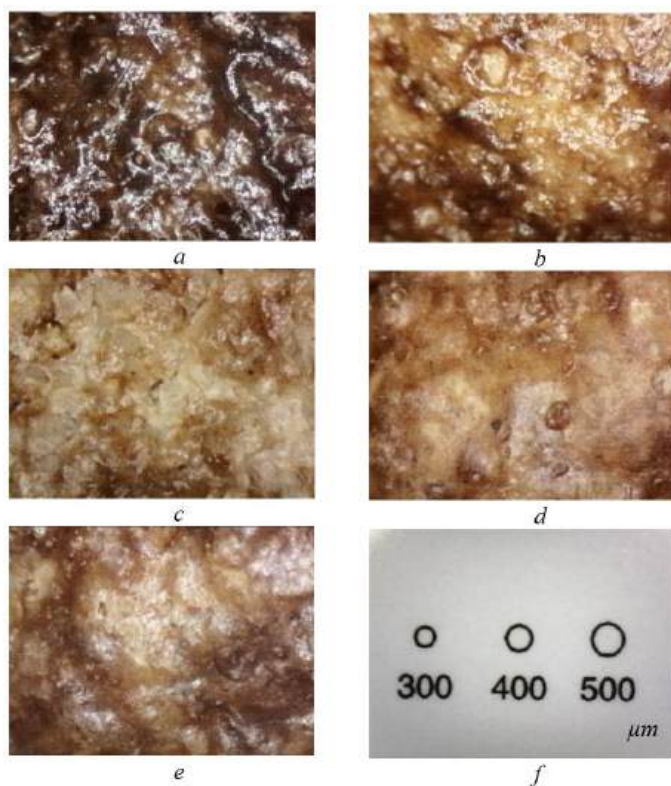


Fig. 1. Microphotographs of the rating scale (f) and the outer surface of samples of breakfast cereals from different manufacturers: a – «Nesquik»; b – «Lion»; c – «Duo Balls»; d – «Start»; e – «Mr. Croco»

In order to identify the causes of the presence of inhomogeneities on the outer surface of breakfast cereal samples, their flat section surface was examined (Fig. 2). At the same time, the structure of the samples was studied. The structure here means the differences in the sizes of the macropores that the samples under study contain. The sample, which macropores differ less in size from each other, was considered more homogeneous. Macropores mean pores visible to the «naked eye», that is, visible without the use of magnifying optical devices. The size of such pores is in the range of 200...1000 μm .

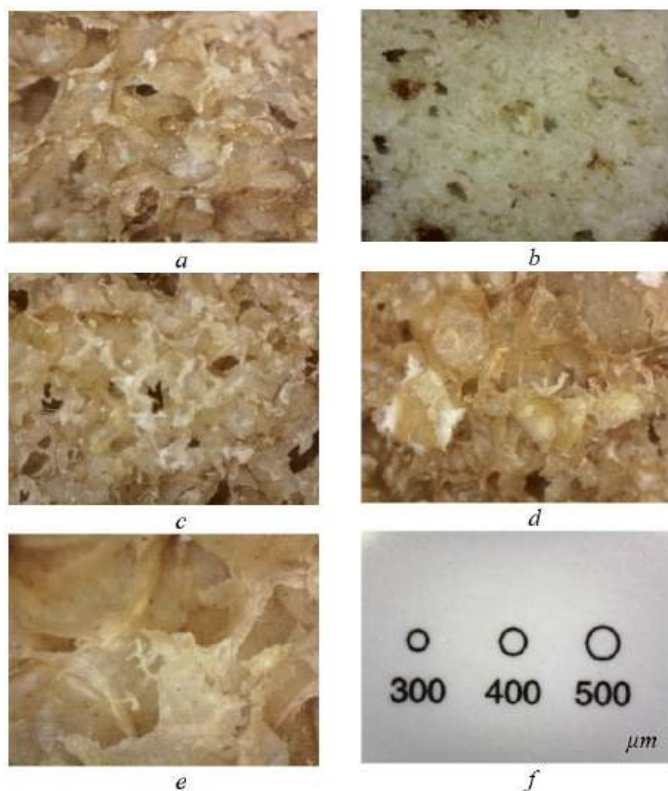


Fig. 2. Micrographs of the evaluation scale (f) and the surface of a flat section of samples of breakfast cereals from different manufacturers: a – «Nesquik»; b – «Lion»; c – «Duo Balls»; d – «Start»; e – «Mr. Croco»

Obviously, an objective assessment of the homogeneity of the structure of such porous systems, which are the studied samples of breakfast cereals, is provided by the analysis of the distribution of macropores by radii in them.

The distribution of macropores by radii in the studied samples of breakfast cereals was obtained by a statistical method.

From the micrographs of the surface of a flat section of each of the studied samples, the number of macropores $N_1, N_2, N_3, \dots, N_n$, was calculated, which in size are, respectively, in the $[0, a)$; $[a, 2 \cdot a)$; $[2 \cdot a, 3 \cdot a)$... $[n \cdot a, (n+1) \cdot a)$. In this case, the value of the parameter a was equal to $50 \mu\text{m}$.

The total number of counted macropores N was found as:

$$N = N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_n. \quad (1)$$

The number of macropores for each of the N_i ranges (where i varies from 1 to n) was normalized to the total number of macropores and the relative number of macropores whose radius is in the i -th range was obtained.

A histogram was constructed using the obtained data, where the abscissa axis plotted the ranges of macropore radii, and the ordinate axis plotted the relative number of macropores for each range. The envelope of such a histogram is the differential function of the distribution of macropores by radii for the studied sample.

The analytical form of the envelope, which is the differential function of the distribution of macropores by radii for the studied samples of breakfast cereals, was found by approximating the experimental points with a function of the form:

$$f(r) = a \cdot r^b \cdot \exp(c \cdot r), \quad (2)$$

where a, b, c – approximation coefficients.

Fig. 3 shows the differential distribution functions of macropores by radii for the studied samples of breakfast cereals. Table 1 shows the values of the approximation coefficients for these differential distribution functions.

Table 1

Approximation coefficients of the differential distribution function of macropores by radii for samples of breakfast cereals from different manufacturers

Sample	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
«Nesquik»	0.918	6.361	-2.127
«Lion»	32.563	4.063	-2.772
«Duo Balls»	14.539	7.966	-3.652
«Start»	0.758	8.909	-2.948
«Mr. Croco»	$3.208 \cdot 10^{-6}$	23.218	-4.81

Using the differential distribution function, the average radius of the micropores of the studied sample was found by the formula:

$$\langle r \rangle = \int r \cdot f(r) dr. \tag{3}$$

The most probable radius r_{pr} of the macropores corresponds to the maximum of the differential distribution function. Based on this, the numerical value of the radius was determined by the roots of the first derivative of the differential distribution function.

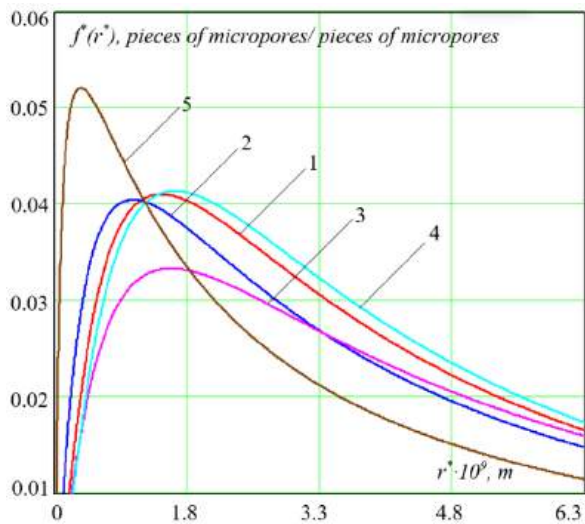


Fig. 3. Differential distribution functions of macropores by radii for samples of breakfast cereals from different manufacturers: 1 – «Nesquik»; 2 – «Lion»; 3 – «Duo Balls»; 4 – «Start»; 5 – «Mr. Croco»

Дисперсія диференціальної функції розподілу макропор за радіусами визначалась за формулою:

$$D(r) = \int (r - \langle r \rangle)^2 \cdot f(r) dr. \quad (4)$$

The variance of the differential distribution function of macropores by radii was determined by the formula:

$$D(r) = \int (r - \langle r \rangle)^2 \cdot f(r) dr. \quad (4)$$

The variance of the differential distribution function of macropores by radii was chosen as a criterion for assessing the homogeneity of the macrostructure of the studied samples of breakfast cereals. Dispersion in probability theory and mathematical statistics is a parameter for assessing the dispersion of a quantity by its probability. In the case of the differential distribution function of macropores by radii, it was chosen to assess the dispersion of macropores by radii. Obviously, the macrostructure of the sample should be considered closer to monodisperse, that is, one that consists of macropores of the same radius, provided that the variance of the differential distribution function of macropores of the studied sample is smaller.

The variance of the differential distribution functions, the most probable and average radii of the macroporous structure of the studied samples of breakfast cereals are given in Table 2.

Table 2

Variance $D(r)$ of the differential distribution function, average $\langle r \rangle$ and most probable macropore radius r_{pr} of breakfast cereal samples from different manufacturers

Sample	$\langle r \rangle \cdot 10^6, \text{ m}$	$r_{pr} \cdot 10^6, \text{ m}$	$D(r)$
«Nesquik»	378	299	1.333
«Lion»	207	150	0.948
«Duo Balls»	263	219	0.881
«Start»	359	306	1.082
«Mr. Croco»	517	486	1.131

From the form of the differential distribution functions of macropores by radii for the studied samples, it is clear that in the studied range (from 50 to 700 μm) they are unimodal, that is, they have one extremum. This

extremum corresponds to the most probable value of the radius of the micropores of the sample rim. The differences in the nature of the obtained distribution functions lie in the difference in the values of the most probable and average radius and the dispersion of these functions, and, accordingly, in the different dispersion of macropores by radii in the studied samples.

Based on the value of the dispersion of the differential distribution function of macropores by radii, the sample «Duo Balls» has the structure closest to monodisperse. It has the smallest dispersion in the values of the radii of macropores. The dispersion for this sample is 0.881. The next sample is the «Lion», the dispersion of which differs from the «Duo Balls» sample by 8% ($D(r)=0.948$), which can be considered an insignificant difference. The samples «Start» ($D(r)=1.082$) and «Mr. Croco» ($D(r)=1.131$) follow. The most distant from monodisperse structure is the «Nesquik» sample ($D(r)=1.333$), the dispersion of which differs by 51% from the «Duo Balls» sample, which has a structure closest to monodisperse.

The «Nesquik» sample has the most heterogeneous structure of the studied breakfast cereal samples, however, the average and most probable macropore radii are smaller compared to the sample with the largest radii «Mr. Croco». The average radius of the «Nesquik» sample is 1.37 times smaller compared to the average radius of the «Mr. Croco», and the most probable one is 1.63 times smaller. Based on this, although the sample «Mr. Croco» has a structure closer to monodisperse compared to the sample «Nesquik», however, the larger average and most probable radii, compared to other samples, cause pronounced irregularities that are visually observed on its surface (Fig. 1).

It should be noted that the distribution of macropores by radii in the studied samples mainly determines the appearance of breakfast cereals. As for the ability to absorb liquid when wetting, here the influence of the distribution of macropores by radii is limited by the fact that the surface of the studied breakfast cereals is covered with glaze. Based on this, the penetration of liquid into the macropores is limited during the time required for the glaze to dissolve.

However, regarding the absorption of water in the gaseous state, glaze is not an obstacle. The characteristic, which is an assessment of the property of dried products, such as breakfast cereals, to absorb water in a gaseous state from the surrounding environment, is the sorption isotherm [13].

The sorption isotherms were obtained by the tensometric method. Samples of breakfast cereals weighing 3...4 g were placed in desiccators with different relative humidity of the gaseous environment in them. The relative

humidity in the desiccators was discretely changed from 10 to 90% in steps of 10%.

The samples were periodically weighed until they reached equilibrium moisture content. Then the values of the equilibrium moisture content of the sample at the corresponding relative humidity (sorption isotherms) were constructed. The sorption isotherms obtained for breakfast cereals from different manufacturers are shown in Fig. 4.

It should be noted that all the studied samples had a low initial moisture content, which did not exceed $6...8 \cdot 10^{-2}$ rel. units (kg water/kg dry matter). Based on this, for the studied samples only sorption of water vapor from the surrounding gaseous environment created in the desiccator was observed.

The nature of the sorption isotherms for all the studied samples is similar. There are two sections: a section corresponding to polymolecular moisture sorption, and a section corresponding to moisture absorption by micropores. These sections differ in different inclinations of the sorption isotherms to the axis on which the relative humidity of the surrounding gaseous environment is plotted. It should be noted that the sorption isotherms of the studied samples do not have a section corresponding to monomolecular sorption.

The polymolecular sorption area can be separated from the area corresponding to moisture absorption by micropores by their linear approximation, as shown in Fig. 4. The boundary between these areas corresponds to the limit of relative humidity, above which it is not recommended to store the studied product for a long time. If the relative humidity of the environment increases relative to this limit value, water is absorbed by micropores and the samples swell. This leads, firstly, to the disappearance of such an organoleptic indicator of the quality of breakfast cereals as crispness, and, secondly, to the acceleration of oxidation and microbiological spoilage of this product during storage.

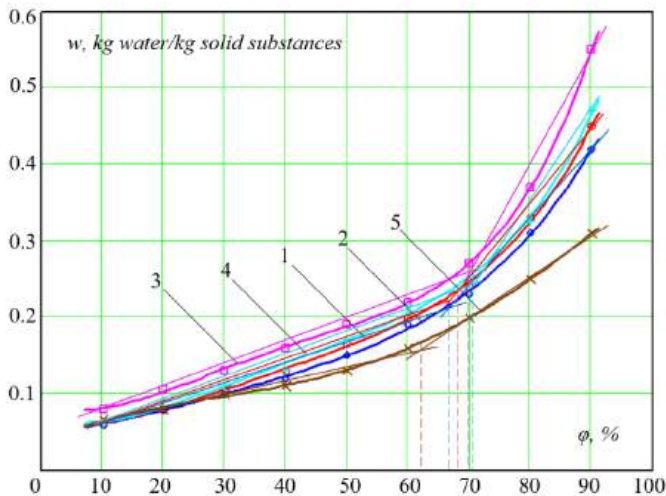


Fig. 4. Sorption isotherms of breakfast cereal samples from different manufacturers: 1 – «Nesquik»; 2 – «Lion»; 3 – «Duo Balls»; 4 – «Start»; 5 – «Mr. Croco»

For the studied samples, the boundary between the polymolecular sorption area and the area corresponding to moisture absorption by micropores is as follows, %: «Nesquik» – 68; «Lion» – 67; «Duo Balls» – 70; «Start» – 71; «Mr. Croco» – 62. Based on the results obtained, it is possible to formulate the storage conditions of breakfast cereals: their long-term storage is possible at the relative humidity of the gas environment, which corresponds to the boundary between the polymolecular sorption area and the area corresponding to moisture absorption by micropores. At the relative humidity of the surrounding gas environment, which exceeds this limit value, long-term storage is possible only in gas-tight packaging.

The reason for this nature of the sorption isotherms is obviously the different microporous structure of the studied breakfast cereal samples. To analyze the microporous structure of the studied breakfast cereals, differential distribution functions of micropores by radius were obtained.

The method of obtaining differential distribution functions of micropores by radius is described in detail in [14, 15]. It is based on the approximation of sorption isotherms by a function of the form:

$$\varphi = \frac{w^{A_3}}{A_1 + A_2 w^{A_3}}, \quad (5)$$

where A_1, A_2, A_3 – approximation coefficients; w – moisture content.

Using approximation coefficients, a differential distribution function of micropores by radius is obtained, which has the following form:

$$f_n(r^*) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{R^*}} \exp\left(-\frac{(\ln(R^*)-m_R)^2}{2\sigma_R^2}\right), \quad (6)$$

where m_R and σ_R – the parameters of the logarithmic normal distribution; R^* – the dimensionless radius of the micropore $R^* = (r^* - d_0)/d_0$; r^* – the radius of the micropore, m; $d_0=0.3 \cdot 10^{-9}$ m – the radius of the water molecule.

Differential distribution functions of micropores by radii for samples of breakfast cereals from different manufacturers are shown in Fig. 5. Table 3 shows the average and most probable micropore radius calculated from the obtained differential distribution functions [14, 15].

Table 3

Average $\langle r^* \rangle$ and most probable r_{pr}^* micropore radius of samples of breakfast cereals from different manufacturers

Sample	$\langle r^* \rangle \cdot 10^9, \text{ m}$	$r_{pr}^* \cdot 10^9, \text{ m}$
«Nesquik»	10.4	1.5
«Lion»	13.8	1.2
«Duo Balls»	13.9	1.6
«Start»	9.5	1.7
«Mr. Croco»	6.3	0.6

Differential distribution functions (Fig. 5) have one extremum, while differing in the values of the micropore radii corresponding to these extrema and the line width, and, accordingly, the average micropore radius (Table 3). The samples «Nesquik», «Lion» and «Start» have a similar line width. The «Mr. Croco» sample has the smallest line width, and the «Duo Balls» sample has the largest. The line width indicates the size of the micropore dispersion by radii, i.e. the larger the line width, the more micropores with different radii the sample holds. As a result, a more developed microporous structure contributes to a greater amount of moisture that such a system can absorb from the surrounding gas environment. This is the reason why the isotherm of the «Duo Balls» sample lies higher, and the isotherm of the «Mr. Croco» sample lies lower compared to the other studied samples relative to the moisture content axis. That is, the sample «Duo Balls» absorbs the largest amount of moisture from the surrounding gas environment, and the sample «Mr. Croco» the smallest. This result indicates that, obviously, the sample

«Duo Balls» loses such an organoleptic indicator inherent in breakfast cereals as crispness, at lower values of the relative humidity of the surrounding environment, compared to other samples. As for the sample «Mr. Croco», given its sorption isotherm, it retains crispness at values of the relative humidity of the surrounding environment that are higher compared to other studied samples of breakfast cereals. This is a significant consumer advantage compared to other samples.

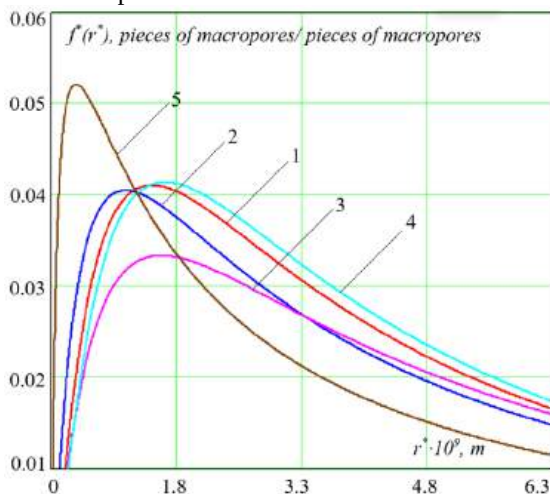


Fig. 5. Differential distribution functions of micropores by radius for samples of breakfast cereals from different manufacturers:
1 – «Nesquik»; 2 – «Lion»; 3 – «Duo Balls»; 4 – «Start»;
5 – «Mr. Croco»

It should be noted that although the sample «Mr. Croco» has the largest average and most probable radius of macropores (Table 2), it has the smallest average and most probable radius of micropores (Table 3) compared to other studied samples. This indicates that the study of the distribution of pores by radii, which determine the structure of such porous systems as breakfast cereals, does not provide complete information with one method. It follows that in order to obtain a complete picture of such a functional and technological property as porosity, it is necessary to use at least two different research methods.

Thus, the results obtained prove that the sample of breakfast cereals «Mr. Croco», in terms of porous structure, is not inferior to products of foreign manufacturers, and in terms of hygroscopic properties it even has advantages in terms of storage requirements.

The results obtained are obviously objective indicators that characterize the micro and macro porosity of breakfast cereals. They were obtained by physical and mathematical methods used in scientific research in the food and processing industry. It should be noted that the results obtained by fundamental methods are more acceptable compared to the results obtained by express methods, which are most often used during commodity and customs examinations.

The limitation of the conducted research is the incomplete commodity expertise of the studied breakfast cereals. The disadvantage of the research is the limited range of the studied products. Expanding the range of breakfast cereals is a potential prospect for further research.

Conclusions. Studies of the macroporous structure of breakfast cereal samples from different manufacturers have shown that the sample «Duo Balls» has the structure closest to monodisperse. It has the smallest spread in the values of macropore radii and the smallest dispersion of the macropore distribution function by radii – 0.881. The sample «Lion» does not differ significantly from the sample «Duo Balls», the dispersion of its differential macropore distribution function by radii, which is 0.948, differs by 8%. The samples «Start» ($D(r)=1.082$) and «Mr. Croco» ($D(r)=1.131$) are next. The sample «Nesquik» ($D(r)=1.333$) has the structure furthest from monodisperse, the dispersion of which differs by 51% from the sample «Duo Balls».

It is noted that the distribution of macropores by radius in the studied samples mainly determines the appearance of breakfast cereals. As for the ability to absorb liquid when wetting, here the influence of the distribution of macropores by radius is limited by the fact that the surface of the studied breakfast cereals is covered with glaze. Based on this, the penetration of liquid into the macropores is limited during the time required for the dissolution of the glaze. It is noted that with regard to the absorption of water in the gaseous state, glaze is not an obstacle. The characteristics that assess the property of dried products, such as breakfast cereals, to absorb water from the surrounding gaseous environment are sorption isotherms.

From the sorption isotherms of the studied samples of breakfast cereals from different manufacturers, the value of the relative humidity of the surrounding gaseous environment at which long-term storage of this product is possible without significant changes in quality was determined. These values of relative humidity for breakfast cereals are, %: «Nesquik» – 68; «Lion» – 67; «Duo Balls» – 70; «Start» – 71; «Mr. Croco» – 62. If the relative humidity of the surrounding gas environment exceeds these values, long-term storage is possible only in gas-tight packaging.

According to the differential distribution functions of micropores by radius, it was found that the sample «Mr. Croco» has the smallest spread of micropores by radius, and the largest – «Duo Balls». The samples «Nesquik», «Lion» and «Start» occupy an intermediate position. It was noted that due to the more developed porous structure, the sample «Duo Balls» absorbs the largest amount of moisture from the surrounding gas environment, and the sample «Mr. Croco» the smallest, compared to other studied samples. It was noted that as a result, the sample «Duo Balls» loses such an organoleptic indicator inherent in breakfast cereals as crispness, at lower values of the relative humidity of the surrounding environment, compared to other samples. It was noted that the sample «Mr. Croco», given its sorption isotherm, retains crispness at values of the relative humidity of the surrounding environment that are higher compared to other studied samples of breakfast cereals. This is a significant consumer advantage compared to other samples.

The results obtained prove that the sample of breakfast cereals «Mr. Croco» of the Ukrainian manufacturer PrJSC «Dnipro Food Concentrates Plant», in terms of porous structure, is not inferior to the products of foreign manufacturers, and in terms of hygroscopic properties it has advantages in terms of storage requirements.

It is noted that the results obtained are objective indicators of the quality of breakfast cereals, which can be used during commodity and customs examinations of these products.

The study was conducted within the framework of the Erasmus+ Jean Monnet program under the project «European concept of dynamic regulation and coordination of examination of goods in customs affairs» (EDETMS) / Project No.: 101127747 –ERASMUS-JMO-2023-HEI-TCH-RSCH, funded by the European Union.

Список джерел інформації / References

1. Пугачов С. Український агроекспорт склав понад \$11 мільярдів за півроку: найбільші країни-імпортери. *Економічна правда*. Available at: <https://epravda.com.ua/biznes/yaki-krajini-kupuyut-ukrajinsku-agroprodukciju-naybilshe-809856/>

Puhachov S. Ukrainskyi ahroeksport sklav ponad \$11 miliardiv za pivroku: naibilshi krainy-importery. *Ekonomichna pravda*.

2. Статистична інформація [Електронний ресурс]. *Державна служба статистики України. Офіційний веб-сайт*. Available at: <http://ukrstat.gov.ua/>

Statystychna informatsiia [Elektronnyi resurs]. *Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. Ofitsiyniy veb-sait*.

Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі, 2025. Вип. 2 (38). ISSN: 2312-3990X (Print) 2519-2922 (Online)

3. Аналіз ринку продуктів переробки нішевих круп України. 2021 рік. *Електронний ресурс*. Available at: <https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-produktov-pererabotki-nishevyyh-krup-ukrainy-2021-god>

Analiz rynku produktiv pererobky nishevykh krup Ukrainy. 2021 rik. *Elektronnyi resurs*

4. Аналіз ринку круп України. 2019 рік. *Електронний ресурс*. Available at: <https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-krupukrainy-2019-god>

Analiz rynku krup Ukrainy. 2019 rik. *Elektronnyi resurs*

5. Пенькова О.Г., Харенко А.О., Цимбалюк Ю.А. Тенденції та перспективи розвитку ринку круп'яних виробів в Україні. *Науковий вісник Мукачівського державного університету. Серія «Економіка»*. 2020. № 1 (13). С. 38–44. Available at:

<https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/1195704>
([https://doi.org/10.31339/2313-8114-2020-1\(13\)-38-44](https://doi.org/10.31339/2313-8114-2020-1(13)-38-44))

Penkova O.H., Kharenko A.O., Tsymbaliuk Yu.A. (2020). Tendentsii ta perspektyvy rozvytku rynku krupianykh vyrobiv v Ukraini. *Naukovyi visnyk Mukachivskoho derzhavnoho universytetu. Seriya «Ekonomika»*, 1 (13), 38–44.

6. Нісходовська О.Ю., Марусей Т.В. Конкурентні переваги підприємств по вирощуванню круп'яних культур. *Економіка та суспільство*. 2019. №20. С. 332–337. Available at:

<https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/31/30>
(<https://doi.org/10.32782/2524-0072/2019-20-44>)

Niskhodovska O.Yu., Marusei T.V. (2019). Konkurentni perevahy pidpriemstv po vyroshchuvanniu krupianykh kultur. *Ekonomika ta suspilstvo*, 20, 332–337.

7. Лебідь Л. Круп'яні реалії. Ринок, наявні потужності та перспективи експорту. *Офіційний сайт компанії «Агропортал»*. Available at: <https://agroportal.ua/publishing/lichnyi-vzglyad/krup-yani-realiji-rinok-nayavni-potuzhnosti-ta-perspektivi-eksportu>

Lebid L. Krupiani realii. Rynok, naiavni potuzhnosti ta perspektyvy eksportu. *Ofitsiyni sait kompanii «Ahroportal»*.

8. Баля Л.В. Аналіз харчової та енергетичної цінності сухих сніданків. *Вісник ЛТЕУ. Технічні науки*. 2016. 16. С. 123–126. Available at: <https://surl.lu/ruhsxw>

Balia L.V. (2016). Analiz kharchovoi ta enerhetychnoi tsinnosti sukhykh snidankiv. *Visnyk LTEU. Tekhnichni nauky*, 16, 123–126.

9. Ходенко Я., Вишнева Н. Мюслі по-українськи. *Електронний ресурс*. Available at: <http://statuspress.com.ua/nisha/myusli-po-uk-rainski.html>

Khodenko Ya., Vyshneva N. Miusli po-ukrainsky. *Elektronnyi resurs*.

10. Гордієнко Г.С. Тенденції виробництва сухих сніданків в Україні і розширення їх асортименту. *Електронний ресурс*. Available at: https://www.rusnauka.com/36_PWMN_2010/Economics/76394.doc.htm

Hordiienko H.S. Tendentsii vyrobnytstva sukhykh snidankiv v Ukraini i rozshyrennia yikh asortymentu. *Elektronnyi resurs*.

Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі, 2025. Вип. 2 (38). ISSN: 2312-3990X (Print) 2519-2922 (Online)

11. Venger, V., Romanovska, N., Chyzhevska, M. Integration of Ukraine to the Global Value Chains // *Comparative Economic Research. Central and Eastern Europe*. 2022. 25, 2. pp.137–161. Available at: <https://doi.org/10.18778/1508-2008.25.17>

Venger, V., Romanovska, N., Chyzhevska, M. (2022). Integration of Ukraine to the Global Value Chains. *Comparative Economic Research. Central and Eastern Europe*, 25, 2, 137–161.

12. Штрубенхоф Х.-В. Український експорт не є загрозою для європейських фермерів? *Пропозиція. Головний журнал з питань агробізнесу*. 2023. 7–8 (333), С. 17–19. Available at: <https://journals.ua/prof/propozitsiya/35723-07-23.html>

Shtrubenkhooff, Kh.-V. (2023). Ukrainskyi eksport ne ye zahrozoiu dlia yevropeiskyykh fermeriv? *Propozytsiia. Holovnyi zhurnal z pytan ahrobiznesu*, 7–8(333), 17–19.

13. Погожих М.І., Пак А.О., Чеканов М.А., Іштван Є.О., Павлюк І.М. Дослідження системної води харчової сировини термодинамічними та молекулярно-кінетичними методами. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2014. 5/11(71), С. 42–46. Available at: <https://journals.urau.ua/eejet/article/view/27790/25292>

Pohozhykh, M.I., Pak, A.O., Chekanov, M.A., Ishtvan, Ye.O., Pavliuk, I.M. (2014). Doslidzhennia systemnoi vody kharchovoi syrovyny termodynamichnymy ta molekuliarno-kinetychnymy metodamy. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5/11(71), 42–46.

14. Потапов В. О. Структурно-енергетичний метод аналізу ізотерм сорбції-десорбції харчової сировини. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства та торгівлі. ХДУХТ*. 2005. 1. С. 313-322.

Potapov V.O. (2005). Strukturno-enerhetychnyi metod analizu izoterm sorbsii-desorbsii kharchovoi syrovyny. *Prohresywni tekhnika ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv, restoranno ho gospodarstva ta torhivli. KhDUKht*, 1, 313-322.

15. Чобіток В.І., Пак А.В., Пак А.О., Софронова М.С. Research of consumer properties of buckwheat porridge at the customs examination // Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг. ДБТУ. 2024. 2 (36). С. 203–217. Available at: <https://biotechuniv.edu.ua/nauka/naukovi-zhurnaly/zbirnyk-naukovykh-prats-ekonomichna-strategiya-i-perspektyvy-rozvytku-sfery-torgivli-ta-poslug/>

Chobitok V.I., Pak A.V., Pak A.O., Sofronova M.S. (2024). Research of consumer properties of buckwheat porridge at the customs examination. *Ekonomichna stratehiia i perspektyvy rozvytku sfery torhivli ta posluh. DBTU*, 2 (36), 203–217.

Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі, 2025. Вип. 2 (38). ISSN: 2312-3990X (Print) 2519-2922 (Online)

Пак Аліна Володимирівна, канд. техн. наук, доцент, кафедра маркетингу та торговельного підприємництва, Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, e-mail: pak.alina1984@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0311-9731>

Pak Alina, PhD in Technical Science, Associate Professor Department of Marketing and Trade Entrepreneurship, V.N. Karazin Kharkiv National University, e-mail: pak.alina1984@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0311-9731>

Пак Андрій Олегович, д-р техн. наук, професор, кафедра фізики та математики, Державний біотехнологічний університет, e-mail: pak.andr1980@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3140-3657>

Pak Andrey, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Physics and Mathematics, State Biotechnological University, e-mail: pak.andr1980@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3140-3657>

Софронова Марина Сергіївна, канд. фіз.-мат. наук, доцент, кафедра вищої математики, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», e-mail: m_myravvyova@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7052-4860>

Sofronova Maryna, PhD in Physics and Mathematics Sciences, Associate Professor, Department of Higher Mathematics, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», e-mail: m_myravvyova@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7052-4860>

Торяник Дмитро Олександрович, канд. фіз.-мат. наук, доцент, кафедра фізики та математики, Державний біотехнологічний університет, e-mail: datory@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0414-8569>

Toranyk Dmytro, PhD in Physical and Mathematical Science, Associate Professor, Department of Physics and Mathematics, State Biotechnological University, e-mail: datory@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0414-8569>

Халін Богдан Геннадійович, магістр, кафедра маркетингу та торговельного підприємництва, Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, e-mail: xalin21@icloud.com

Khalin Bohdan, Department of Marketing and Trade Entrepreneurship, V.N. Karazin Kharkiv National University, e-mail: xalin21@icloud.com

Прийнято 18.11.2025 р. Оприлюднено 01.12.2025р.

ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ХАРЧОВОЇ ІНДУСТРІЇ

UDC 663.81.05:664.857.081.6-93

DOI 10.5281/zenodo.18223067

IMPROVING THE DESIGN OF MEMBRANE EQUIPMENT FOR CONCENTRATING AND PURIFYING JUICES

**G. Deinychenko, D. Dmytrevskyi, D. Honchar, O. Piddubnyi,
V. Lavreniuk**

The article considers the theoretical principles of improving the design of membrane equipment for concentrating and purifying juices. The current state of membrane technologies is analyzed, the main problems of the operation of the devices are identified, and a design concept with turbulizing inserts is proposed, aimed at increasing the efficiency of mass transfer, reducing membrane contamination, and improving the energy efficiency of the process.

Keywords: membrane filtration, fruit and berry juices, ultrafiltration, purification, membrane selectivity, product quality, technological parameters

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ МЕМБРАННОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ КОНЦЕНТРУВАННЯ ТА ОЧИЩЕННЯ СОКІВ

**Г.В. Дейниченко, Д.В. Дмитревський, Д.О. Гончар,
О.А. Піддубний, В.В. Лавренюк**

У статті представлено теоретичне обґрунтування удосконалення конструкції мембранного обладнання для концентрування та очищення соків, що є актуальним напрямом розвитку харчової промисловості. Мембранні технології дозволяють здійснювати процеси очищення, освітлення та концентрування продуктів при низьких температурах, що забезпечує збереження біологічно активних речовин, ароматичних компонентів та смакових якостей соку. Водночас існуючі промислові апарати мають певні обмеження, пов'язані з нерівномірним розподілом потоку по поверхні мембран, утворенням концентраційного шару, забрудненням мембран та високими енергетичними витратами.

У статті здійснено аналіз сучасних типів мембранних модулів – спіральні-звитих, трубчастих та порожньоволоконних – і визначено їхні переваги та недоліки. На основі цього проведено формування концепції удосконаленої конструкції мембранного апарата, яка передбачає інтеграцію турбулізуючих вставок у канали фільтраційного модуля для забезпечення

рівномірного розподілу тиску та швидкості потоку. Така конструкція має потенціал зменшення концентраційної поляризації, підвищення коефіцієнта масоперенесення, зниження енергоспоживання та подовження терміну служби мембран.

У роботі наведено схему майбутнього апарата та таблицю очікуваних технічних параметрів, порівняно з традиційними установками. Акцент зроблено на необхідності подальшого моделювання гідродинамічних умов методом обчислювальної гідродинаміки, створення моделі та виготовлення дослідного зразка для експериментальної перевірки.

Отримані результати створюють науково-технічну основу для розробки ефективної мембранної установки, що сприятиме підвищенню продуктивності, покращенню якості кінцевого продукту, збереженню біоактивних речовин і енергозбереженню на підприємствах сокової промисловості, а також нададуть основу для впровадження інноваційних технологій у харчовому виробництві.

Ключові слова: мембранна фільтрація, плодовагідні соки, ультрафільтрація, очищення, селективність мембран, якість продукту, технологічні параметри

Statement of the problem. The modern food industry, in particular juice production, is actively developing in the direction of increasing the efficiency of technological processes, preserving the naturalness of products and minimizing energy costs. One of the key stages in the production of juices is their concentration and purification, on which the quality of the final product, stability during storage and transportability largely depend. Traditional methods of concentration - evaporation or heat treatment - are accompanied by significant energy consumption and lead to the loss of biologically active substances, aromatic and flavor components. In this regard, the scientific and technical community is increasingly paying attention to membrane technologies as an effective alternative to classical processes [1]. Membrane methods, such as reverse osmosis, nanofiltration, ultrafiltration and microfiltration, allow for the purification and concentration of juices at low temperatures, ensuring the preservation of their natural composition and organoleptic properties. However, the implementation of membrane processes on an industrial scale faces a number of problems, including low productivity due to membrane contamination, high cost of their replacement, difficulty in ensuring a stable hydrodynamic regime and uneven distribution of flows in the module. That is why the issue of improving the design of membrane equipment aimed at increasing the efficiency of mass transfer, reducing the phenomenon of concentration polarization and increasing the durability of membranes is becoming particularly relevant [2].

In addition, modern requirements for food production include not only technical efficiency, but also environmental safety and economic feasibility of processes. The development of innovative designs of membrane devices must take into account the optimization of energy consumption, the possibility of automated process control and ease of maintenance [3]. Thus, the current scientific and technical problem is the creation of improved membrane systems for concentrating and purifying juices, ensuring high product quality, energy saving and long-term stability of operation. Solving this problem will help increase the efficiency of processing enterprises, expand the possibilities of processing fruit and berry raw materials, and reduce the environmental burden on the environment.

Review of the latest research and publications. In recent years, membrane technologies for juice purification and concentration have attracted considerable attention from scientists as an energy-efficient and quality-friendly alternative to traditional thermal methods [4]. Review papers summarize that micro- and ultrafiltration are effective for preliminary classification and clarification of juices, while nanofiltration and reverse osmosis provide increased removal of trace elements and partial concentration at lower temperatures, which contributes to the preservation of aromatic and biologically active components [5]. This general trend is confirmed by a number of works that record the advantages of membrane operations in terms of final product quality and energy consumption [6].

One of the key problems that is repeated in modern publications is the fouling of membranes during juice processing (pectin, proteins, colloids, sucrose), which leads to a rapid drop in productivity and the need for frequent washing cycles [7]. Review studies classify the mechanisms of contamination, indicate the factors (feedstock composition, temperature, hydrodynamics, pressure) and describe existing approaches to control - chemical and mechanical cleaning, mode optimization, pre-treatment of feedstock [8].

A separate direction is the improvement of the design of modules and elements that affect the flow distribution and intensification of mass transfer: channel geometry, spacer network structure, the use of three-dimensional printed spacer elements, as well as the modernization of flat-film and tubular modules [9]. New studies show that optimized spacers and innovative module configurations can significantly reduce concentration polarization and contamination retention [10].

Another notable trend is the modification of membrane surfaces (hydrophilic coatings, nanocomposites, antimicrobial layers) to increase resistance to contamination and extend maintenance intervals [11]. Recent

reviews also highlight the potential of thermal-membrane hybrids (e.g. membrane distillation, forward/reverse osmosis combined with UF/MF) to achieve higher degrees of concentration without significant energy penalties [12]. Despite significant progress, gaps are identified in the literature: the need for standardized tests for different types of juices, economic evaluations of scaling up, and longer-term field tests of new designs [13]. Therefore, the scientific and engineering challenge of integrating material science approaches, hydrodynamic module optimization, and adequate fouling management strategies remains open and determines the direction of further research.

The objective of the research. The purpose of the article is to analyze the current state of development of membrane technologies for concentrating and purifying juices, to substantiate the directions for improving the design of membrane equipment in order to increase efficiency, energy saving, and quality of the final product.

Materials and methods. In the process of preparing the article, open scientific sources were used, containing modern approaches to the design, modeling and analysis of the operation of membrane equipment intended for the concentration and purification of food liquids, in particular juices. The main attention is paid to the methods of comparative analysis of scientific works, technical standards and patent decisions, which allows systematizing information on the principles of constructive improvement of membrane modules and factors that determine their efficiency in the food industry [14].

The method of structural and functional analysis was used to summarize information on the structure of membrane elements of various types - tubular, spiral-wound, plate and capillary. This made it possible to identify key structural parameters, such as the geometry of the channels, the type of material, the thickness of the selective layer, hydrodynamic conditions in the module, as well as to determine their influence on the mass transfer resistance and the intensity of membrane surface contamination [15].

The critical review method was used to evaluate the technological regimes used in ultrafiltration and reverse osmosis of juices. Based on the analysis of scientific publications, the parameters that most often vary in studies were considered: flow rate, pressure, temperature, turbulence level, mechanisms for preventing fouling, methods of hydrodynamic amplification.

The comparative systematization generalization method allowed to structure approaches to optimizing the design of membrane equipment: by improving the movement of fluid in the channels, using turbulization inserts, changing the configuration of the flow part, using the latest polymer and

composite materials, increasing the resistance of the membrane layer to colloidal and organic contaminants.

In addition, the classification generalization method was used to organize the criteria for the effectiveness of membrane processes - productivity, degree of selectivity, stability of filtration characteristics, energy consumption and resource of membranes. This made it possible to determine which parameters of the device design are the most promising for further improvement.

Thus, the methods used provided a comprehensive overview of existing engineering solutions and scientific approaches, which allows us to form a holistic vision of the directions for improving the design of membrane equipment for juice production.

Presentation of the research material. Membrane technologies are currently one of the most promising areas for intensification of juice purification and concentration processes, as they provide high efficiency at low temperatures and allow preserving the natural properties of the product. Unlike thermal methods, membrane processes allow minimizing the loss of aromatic and biologically active substances, as well as reducing energy costs. However, despite significant progress in this area, most industrial plants have certain disadvantages, in particular, uneven flow distribution over the membrane surface, high susceptibility to contamination, reduced productivity during long-term operation, and significant costs for cleaning elements. That is why the current study is aimed at theoretical justification and development of a concept for an improved design of membrane equipment for juice concentration and purification. At this stage, the work is mainly analytical and design in nature and involves the creation of a model of a future plant, which will later be manufactured and experimentally tested [16].

Analysis of existing types of membrane devices shows that the most common are spiral-wound, tubular and hollow fiber modules. They are characterized by compactness, high specific productivity and ease of maintenance. However, during the operation of such systems, intensive formation of a concentration layer on the membrane surface is observed, which reduces the filtration rate [17]. Therefore, one of the main areas of improvement is the optimization of the hydrodynamics of the flow in the module channels, the creation of conditions for turbulization of the liquid movement, which will prevent the formation of stagnant zones and reduce the polarization effect [18]. The proposed conceptual scheme of the improved membrane device has the following form.

Figure 1 shows the conceptual scheme of the improved membrane device.

The design involves the use of a flat-film or tubular module with integrated turbulators (special perforated or spiral inserts), which ensure a uniform distribution of pressure and flow velocity. This will improve the conditions of mass transfer on the membrane surface and increase its efficiency.

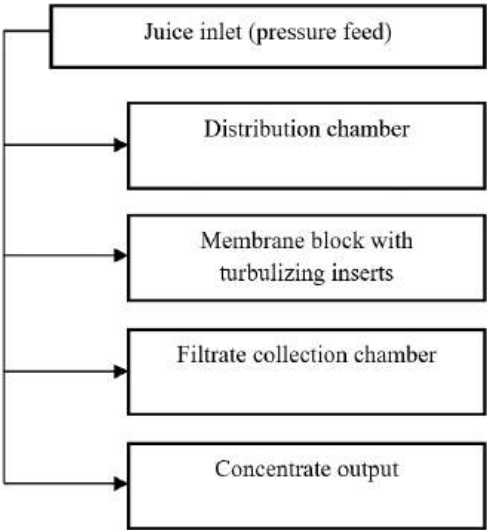


Fig. 1. Conceptual diagram of an improved membrane device

It is planned that the device will operate in reverse osmosis or nanofiltration mode, depending on the task at hand – purification or concentration of juice. The use of a combined approach (for example, sequential use of ultrafiltration and nanofiltration modules) will allow combining high transparency of the filtrate with an increase in the content of dry substances in the concentrate [19].

For further development of the design, it is planned to conduct modeling of the hydrodynamic characteristics of the flow using the computational hydrodynamics method. This will allow determining the optimal geometric parameters of the channels, the angle of inclination of the inserts, the intervals between them, as well as the ratio of pressure and juice flow rate.

In the future, it is expected that improving the design will allow achieving the results shown in table 1.

As can be seen, the predicted indicators indicate the prospects of the proposed direction, since they allow to improve not only the technical, but also the economic characteristics of the process.

In addition to hydrodynamic optimization, attention will be paid to the selection of membrane materials and structural elements of the apparatus. To minimize contamination, the possibility of using polymers with increased hydrophilicity (for example, polyamide or polysulfone membranes with a surface coating based on titanium or silicon oxides) is being considered. Such materials have high antifouling properties and a longer operational life.

Table 1

Expected performance of promising equipment (compared to traditional installations)

Indicator	Expected result (compared to traditional installations)
Uniformity of flow distribution	+15–20 %
Mass transfer coefficient	+25 %
Concentration polarization intensity	-20 %
Specific energy consumption	-10–15 %
Membrane cleaning frequency	-30 %
Expected membrane life	+25–30 %
Filtrate transparency	Improvement on 30 %
Preservation of bioactive substances	90–95 %

The structural design of the apparatus provides for the possibility of modular connection of elements, which will allow to easily adapt the installation to different production volumes - from laboratory to industrial scales. The modular structure also simplifies maintenance, repair and replacement of individual membrane elements without stopping the entire process.

Among the tasks of the subsequent stages of the study are the creation of a model of the apparatus, calculation of operating parameters (flow rate, pressure drop, membrane layer resistance) and experimental verification of the obtained data. It is assumed that after confirmation of theoretical calculations, a prototype of the device will be manufactured, which will be tested on model juice solutions of different concentrations.

It is expected that the results of the experiments will allow to improve the design of the device, determine the optimal operating modes and

formulate practical recommendations for industrial implementation. In addition, the data obtained can become the basis for creating an automated control system for the membrane concentration process, which will increase the stability and controllability of juice production.

Thus, this study lays the scientific and technical foundation for the development of a new effective design of membrane equipment. At this stage, an analytical review of modern approaches was conducted, the concept of the future device was formed, the key parameters that affect its efficiency were determined, and the expected results after the development were presented. The next stage of the work will be the creation of a prototype and its testing in conditions as close as possible to industrial ones.

Conclusion. The conducted research is of a theoretical and design nature and is aimed at substantiating the concept of an improved design of membrane equipment for concentrating and purifying juices. Analysis of modern technologies showed that the main problems of existing systems are uneven flow distribution, formation of concentration polarization and rapid contamination of membranes. The proposed concept of the apparatus involves the use of turbulators in the filtration channels, which should ensure intensification of mass transfer, reduction of polarization and increase in process efficiency. It is expected that the implementation of such a design will allow to increase the mass transfer coefficient, reduce energy consumption and extend the service life of membranes. Further research involves the creation of a model of the apparatus, hydrodynamic modeling and the manufacture of a prototype for experimental verification of the results obtained.

Список джерел інформації / References

1. Lu, C., Bao, Y., & Huang, J. Y. Fouling in membrane filtration for juice processing. *Current Opinion in Food Science*, 2021, Vol. 42, pp. 76–85. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.05.004>.
2. Katibi, K. K., Mohd Nor, N., Yunus, K. F., et al. Strategies to enhance the membrane-based processing of fruit juices: A review. *Membranes*, 2023, Vol. 13(7), pp. 679. <https://doi.org/10.3390/membranes13070679>.
3. Sarbatly, R., Hashim, M., et al. Recent developments of membrane technology in the clarifying and concentrating fruit juice. *Processes*, 2023, Vol. 11(4), pp. 1012–1027. <https://doi.org/10.3390/pr11041012>
4. Khorshidian, N., Khademi, F., et al. Effect of membrane clarification on the physicochemical properties of juices. *International Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, 2022, Vol. 16(2), pp. 45–56.
5. Cifuentes-Cabezas, M., et al. Deep study on fouling modelling of ultrafiltration membranes: Implications for juice processing. *Food and Bioprocess Technology*, 2023, Vol. 16, pp. 234–245. <https://doi.org/10.1007/s11947-023-03033-0>.

6. Kujawa, J., Rozicka, A., Cerneaux, S., & Kujawski, W. Raw juice concentration by osmotic membrane processes. *Journal of Food Engineering*, 2015, Vol. 158, pp. 59–68. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.03.012>

7. Cherevko O.I., Deinychenko G.V., Dmytrevskiy D.V., Guzenko V.V., Heiier H.V., Tsvirkun L.O. Application of membrane technologies in modern conditions of juice production. Progressive technique and technologies of food production enterprises, catering business and trade, 2020, Vol. 2 (32). pp. 67-77. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4369743>.

8. Bhattacharjee, C. Fruit juice processing using membrane technology: A review. *Food Engineering Reviews*, 2017, Vol. 9(1), pp. 35–48. <https://doi.org/10.1007/s12393-017-9155-x>

9. Deynichenko, G., Guzenko, V., Dmytrevskiy, D., Chervonyi, V., Omelchenko, O., Horielkov, D., Korolenko, O. Developing a technique for the removing of a gel layer in the process of membrane treatment of pectin extract. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2020, 4(11–106), 63–69. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.208984>.

10. Deynichenko, G., Guzenko, V., Dmytrevskiy, D., Chervonyi, V., Kolisnichenko, T., Omelchenko, O., Nykyforov, R. Study of the new method to intensify the process of extraction of beet pulp. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2018, 4(11–94), 15–20. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.140126>.

11. Gulec, H. A., Bagci, P. O., & Bagci, U. Clarification of apple juice using polymeric ultrafiltration membranes: A comparative evaluation of membrane fouling and juice quality. *Food and Bioprocess Technology*, 2017, Vol. 10(5), pp. 875–885. <https://doi.org/10.1007/s11947-017-1871-x>

12. De Barros, S. T. D., Andrade, C. M. G., Mendes, E. S., & Peres, L. Study of fouling mechanism in pineapple juice clarification by ultrafiltration. *Journal of Membrane Science*, 2003, Vol. 215(1–2), pp. 13–24. [https://doi.org/10.1016/S0376-7388\(02\)00615-4](https://doi.org/10.1016/S0376-7388(02)00615-4)

13. Ilame, S. A., & Singh, S. Application of membrane separation in fruit and vegetable juice processing: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2015, Vol. 55(7), pp. 964–987. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.679979>

14. Fukumoto, L. R., Delaquis, P., & Girard, B. Microfiltration and ultrafiltration ceramic membranes for apple juice clarification. *Journal of Food Science*, 1998, Vol. 63(5), pp. 845–850. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1998.tb17912.x>

15. Dornier, M., Belleville, M. P., & Vaillant, F. Membrane technologies for fruit juice processing. In *Fruit Preservation* (pp. 211–248). Springer, 2018. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3311-2_8

16. Zhao, D., Lau, E., Huang, S., & Moraru, C. I. The effect of apple cider characteristics and membrane pore size on membrane fouling. *LWT – Food Science and Technology*, 2015, Vol. 64, pp. 974–979. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.07.001>

17. Verma, S. P., & Sarkar, B. Analysis of flux decline during ultrafiltration of apple juice in a batch cell. *Food and Bioprocess Processing*, 2015, Vol. 94, pp.

Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі, 2025. Вип. 2 (38). ISSN: 2312-3990X (Print) 2519-2922 (Online)

147–157. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2015.03.002>

18. Deynichenko, G., Dmytrevskiy, D., Guzenko, V., Omelchenko, O., Perekrst, V. Prospects of using equipment for membrane separation of food liquids. Scientific bulletin of the Tavria State Agrotechnological University, 2023. Vol. 13, № 2. С. 1-11. <https://doi.org/10.31388/2220-8674-2023-2-12>.

19. Deinychenko G.V., Dmytrevskiy D.V., Zolotukhina I.V., Perekrst V.V., Guzenko V.V. Directions of improvement of processes of membrane separation of juices from fruit and berry raw materials. Progressive technique and technologies of food production enterprises, catering business and trade, 2021. Vol. 1 (33). pp. 89–98. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5036090>.

Deynichenko Gregoriy, Doctor of Technical Sciences, Prof., Professor of the department of food technology in the restaurant industry State Biotechnology University. Address: Alchevskiyh str., 44, Kharkiv, Ukraine, 61002, e-mail: deynichenkogv@ukr.net, ORCID: 0000-0003-3615-8339

Дейниченко Григорій Вікторович, д-р техн. наук, проф., професор кафедри харчових технологій в ресторанній індустрії, Державний біотехнологічний університет. Адреса: вул. Алчевських, 44, м. Харків, Україна, 61002, e-mail: deynichenkogv@ukr.net, ORCID: 0000-0003-3615-8339

Dmytrevskiy Dmytro, PhD in Tech. Sc., Assoc. Prof. of the department of equipment and engineering of processing and food industries, Kharkiv State Biotechnology University. Address: Alchevskiyh str., 44, Kharkiv, Ukraine, 61002; e-mail: dmytrevskiydv@gmail.com. ORCID: 0000-0003-1330-7514

Дмитревський Дмитро В'ячеславович, канд. техн. наук, доц., доцент кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, вул. Алчевських, 44, м. Харків, Україна, 61002, e-mail: dmytrevskiydv@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1330-7514

Honchar Dmytro, postgraduate, Kharkiv State Biotechnology University. Address: Alchevskiyh str., 44, Kharkiv, Ukraine, 61002, e-mail: dgoncharowl@gmail.com, ORCID: 0009-0006-8808-6161

Гончар Дмитро Олександрович, аспірант, Державний біотехнологічний університет, вул. Алчевських, 44, м. Харків, Україна, 61002, e-mail: sashapoddubnyj@gmail.com, ORCID: 0009-0006-8808-6161

Piddubnyi Oleksandr, master's degree candidate, Kharkiv State Biotechnology University. Address: Alchevskiyh str., 44, Kharkiv, Ukraine, 61002, e-mail: sashapoddubnyj@gmail.com, ORCID: 0009-0009-9331-7579

Піддубний Олександр Андрійович, здобувач вищої освіти ступеня магістра, Державний біотехнологічний університет, вул. Алчевських, 44, м. Харків, Україна, 61002, e-mail: sashapoddubnyj@gmail.com, ORCID: 0009-0009-9331-7579

Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі, 2025. Вип. 2 (38). ISSN: 2312-3990X (Print) 2519-2922 (Online)

Vladyslav Lavreniuk, bachelor's degree candidate, Kharkiv State Biotechnology University. Address: Alchevskyyh str., 44, Kharkiv, Ukraine, 61002, e-mail: lavreniuk.vladyslav@gmail.com, ORCID: 0009-0001-1454-9657

Лавренюк Владислав Вікторович, здобувач вищої освіти ступеня бакалавра, Державний біотехнологічний університет, вул. Алчевських, 44, м. Харків, Україна, 61002, e-mail: lavreniuk.vladyslav@gmail.com, ORCID: 0009-0001-1454-9657

Прийнято 18.11.2025 р. Оприлюднено 01.12.2025р.

УДК 621.798:664]:330.341.1
DOI 10.5281/zenodo.18223195

ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ У РОЗРОБЦІ ПАКУВАЛЬНОЇ ТАРИ ДЛЯ ПРОДУКЦІЇ ХАРЧОВОЇ ТА ПЕРЕРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

**Д.В. Дмитревський, О.Є. Загорулько, І.В. Лебединець,
В.М. Червоний, Д.В. Горєлков**

У статті розглянуто сучасні інноваційні рішення у сфері розробки пакувальної тари для харчової та переробної промисловості. Проаналізовано тенденції застосування біорозкладних, активних і «розумних» пакувальних матеріалів, їх переваги та особливості впровадження. Визначено перспективні напрями удосконалення конструкцій тари з урахуванням екологічних і технологічних вимог виробництва.

Ключові слова: пакувальна тара, інноваційні рішення, харчова промисловість, переробна промисловість, екологічна упаковка, біорозкладна тара, бар'єрні властивості, стійкість, дизайн упаковки, зберігання продуктів

INNOVATIVE SOLUTIONS IN THE DEVELOPMENT OF PACKAGING FOR FOOD AND PROCESSING INDUSTRY PRODUCTS

**D. Dmytrevskyi, A. Zagorulko, I. Lebedinec, V. Chervonyi,
D. Horielkov**

The article explores innovative approaches to the development of packaging for food and processing industry products in the context of modern environmental, technological and economic challenges. The current trends in the development of packaging materials are analyzed, in particular the introduction of biopolymers, active and intelligent packaging systems that are able not only to ensure product

safety, but also to interact with it, responding to changes in the internal environment. The advantages of using biodegradable materials based on polylactide, starch and cellulose are considered, as well as problems associated with their mechanical stability and production cost. Particular attention is paid to the concepts of “smart packaging” and “active packaging”, which involve the use of sensory elements, freshness indicators, RFID technologies and nanomaterials. The paper provides a comparative characteristic of traditional and modern packaging materials, and also presents a scheme for introducing innovative solutions into packaging production, which takes into account the stages from material selection to environmental efficiency assessment. The importance of combining the functionality of packaging with the principles of sustainable development and circular economy is emphasized.

The results obtained allow us to formulate recommendations for further improvement of packaging technologies for the food industry, aimed at reducing the negative impact on the environment, improving product quality and efficiency of logistics processes. The article has practical value for specialists, scientists and manufacturers working on the implementation of environmentally friendly innovations in the packaging industry.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Сучасна харчова та переробна промисловість перебуває на етапі активного впровадження інноваційних технологій, спрямованих на підвищення якості, безпечності та конкурентоспроможності продукції. Одним із ключових аспектів забезпечення цих показників є розробка ефективних, екологічно безпечних і економічно доцільних пакувальних матеріалів і конструкцій тари [1]. Традиційні рішення у сфері пакування часто не відповідають сучасним вимогам сталого розвитку, зокрема через використання невідновлюваних ресурсів, складність перероблення або утилізації матеріалів, а також недостатній рівень захисту продуктів від зовнішніх впливів [2].

Зростання обсягів виробництва харчової продукції, збільшення тривалості логістичних ланцюгів і підвищення вимог споживачів до якості товарів формують необхідність пошуку нових підходів до створення пакувальної тари [3]. Особливого значення набувають технології, які поєднують функціональність, екологічність і економічну ефективність [4]. Водночас актуальним залишається питання інтеграції «розумних» і «активних» пакувальних систем, здатних реагувати на зміни стану продукту, забезпечувати контроль умов зберігання та інформувати споживача [5].

Таким чином, проблема полягає у необхідності розроблення інноваційних рішень у сфері пакувальної тари, які враховують сучасні тенденції розвитку матеріалознавства, екологічні вимоги, технологічні

особливості харчової та переробної промисловості, а також запити споживачів на безпечну та зручну упаковку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика вдосконалення пакувальної тари для харчової та переробної промисловості активно досліджується в останні десятиліття у зв'язку з посиленням екологічних вимог, розвитком біотехнологій та цифрових інновацій [6]. У працях зарубіжних і вітчизняних учених розглядаються питання використання біорозкладних матеріалів на основі полілактиду (PLA), крохмалю, целюлози та інших природних полімерів як альтернативи традиційним пластикам на нафтовій основі [7]. Ці дослідження підтверджують, що впровадження таких матеріалів сприяє зменшенню негативного впливу пакувальних відходів на довкілля, проте супроводжується низкою технологічних викликів – зокрема, низькою механічною стійкістю та чутливістю до вологи [8].

Сучасні тенденції розвитку пакувальної галузі також пов'язані з концепціями «smart packaging» та «active packaging», які передбачають використання інтелектуальних елементів контролю якості, сенсорів свіжості, індикаторів температури або газового складу середовища [9]. Останні дослідження доводять ефективність таких систем для подовження терміну зберігання продукції, зменшення харчових втрат та забезпечення прозорості ланцюга постачання [10]. У цьому контексті перспективним напрямом є інтеграція RFID-технологій, QR-кодів та наноматеріалів у пакувальні конструкції, що дозволяє поєднати функції захисту, ідентифікації та інформування споживача [11].

Варто відзначити також дослідження, спрямовані на оптимізацію конструкцій тари з погляду ергономіки, енергоефективності виробництва та мінімізації маси упаковки без втрати її захисних властивостей [12]. Розвиваються підходи до вторинного використання пакувальних матеріалів, удосконалюються технології сортування та перероблення пластикових відходів, що узгоджується з принципами циркулярної економіки [13].

Отже, огляд наукових джерел свідчить про зростаючу увагу до створення інноваційних, екологічно безпечних та функціональних пакувальних систем [14]. Водночас недостатньо дослідженими залишаються питання поєднання екологічності, економічної доцільності та технологічної адаптивності нових матеріалів і конструкцій саме до потреб харчової та переробної промисловості України [15]. Це зумовлює актуальність подальших наукових розробок у зазначеному напрямі.

Мета статті. Метою статті є аналіз сучасних інноваційних підходів до розробки пакувальної тари для продукції харчової та переробної промисловості, визначення напрямів удосконалення матеріалів і конструкцій упаковки з урахуванням екологічних, технологічних та економічних вимог сучасного виробництва.

Матеріали та методи. У процесі дослідження інноваційних рішень у розробці пакувальної тари для харчової та переробної промисловості було застосовано комплекс методів, що дозволяють всебічно оцінити властивості сучасних матеріалів, визначити їх функціональні характеристики та узагальнити тенденції розвитку галузі. Матеріалами для аналізу слугували біополімери різного походження, полімерні нанокомпозити, активні та інтелектуальні пакувальні системи, а також традиційні полімерні матеріали, що широко використовуються у харчовому виробництві. Методи, використані для опрацювання інформації, забезпечили можливість системного огляду сучасних наукових підходів і технологічних рішень у сфері пакувальних технологій [16].

Оцінювання фізико-механічних властивостей пакувальних матеріалів здійснювалося на основі вивчення методичних підходів до визначення міцності, еластичності та опору зовнішнім чинникам. Значну увагу приділено аналізу бар'єрних характеристик щодо кисню та водяної пари, оскільки саме ці параметри визначають придатність матеріалу до пакування продукції з різною чутливістю до окисних та гідротермічних змін. Також узагальнено методи дослідження біорозкладності матеріалів, які включають визначення швидкості деградації у природних або компостних умовах, що дозволяє оцінити екологічний потенціал пакувальних рішень [17].

У межах аналізу активних пакувальних систем розглянуто методи оцінки здатності матеріалів взаємодіяти із харчовим середовищем шляхом поглинання кисню, інгібування розвитку мікроорганізмів або нейтралізації небажаних продуктів метаболізму. Такі методи дають змогу визначити ефективність пакувальних вставок, сорбентів та антимікробних компонентів, що включаються до структури упаковки або додаткових елементів. Для вивчення інтелектуальних пакувальних систем застосовано методики оцінювання сенсорних і діагностичних елементів, здатних реагувати на зміни стану продукту або умов навколишнього середовища. Проаналізовано принципи роботи індикаторів свіжості, температурних сенсорів та маркувальних елементів, які забезпечують можливість моніторингу якості продукції на всіх етапах її переміщення. Екологічні аспекти

оцінювали на основі методів аналізу життєвого циклу пакувальних матеріалів, що дозволяють визначити вплив упакування на довкілля на етапах виробництва, використання та утилізації. У межах цього аналізу розглянуто підходи до встановлення рівня енергоемності пакувальних рішень, обсягів викидів та можливостей утилізації чи рециклінгу. Порівняльний аналіз матеріалів здійснювався шляхом вивчення їх основних характеристик, таких як механічна стійкість, бар'єрні властивості, екологічна безпечність, функціональність та економічна ефективність. Це дозволило встановити ключові переваги та недоліки різних груп матеріалів і визначити перспективні напрями їх подальшого використання у харчовій промисловості.

Таким чином, система використаних методів забезпечила можливість комплексно охарактеризувати сучасні тенденції розвитку пакувальних технологій, визначити їх потенціал та сформулювати узагальнені висновки щодо ефективності впровадження інноваційних рішень у виробництво пакувальної тари для харчових продуктів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Пакувальна тара є важливою складовою виробничо-технологічного процесу у харчовій та переробній промисловості, оскільки вона забезпечує не лише збереження якості, безпечності й харчової цінності продукції, а й виконує функції маркування, транспортування, маркетингу та захисту від зовнішніх чинників. Сучасні тенденції розвитку пакувальної індустрії відображають загальні пріоритети промислового розвитку – екологізацію, цифровізацію та енергоефективність. Це зумовлює необхідність переходу від традиційних полімерних рішень до інноваційних технологій, які відповідають принципам сталого розвитку та вимогам безпеки харчових продуктів [18].

Розвиток пакувальних технологій на сучасному етапі спрямований на створення матеріалів і конструкцій, здатних виконувати комплекс функцій: захисну, інформаційну, екологічну та функціонально-інтелектуальну [19]. Основними напрямками інновацій є: розробка екологічних матеріалів на біоснові, застосування інтелектуальних систем контролю стану продукту (smart packaging), а також удосконалення конструкцій тари з метою мінімізації маси, енерговитрат та вартості виробництва [20].

Серед найбільш перспективних матеріалів нині розглядають біополімери, які здатні повністю або частково замінити традиційні пластики нафтового походження. Полілактид (PLA), полігідроксикапроати (PHA), крохмальні композити та багатoshарові наноматеріали демонструють високу екологічність, задовільні бар'єрні

властивості та сумісність із харчовими продуктами. Водночас їх використання супроводжується певними технологічними викликами – зокрема, чутливістю до вологи, обмеженою термостійкістю або високою собівартістю [21]. Зважаючи на це, актуальним є поєднання таких матеріалів у багатошарових структурах, де кожен шар виконує окрему функцію: захисну, міцнісну, бар’єрну чи естетичну [22].

Нижче наведено порівняльну характеристику основних інноваційних матеріалів, що нині застосовуються у виробництві пакувальної тари для харчових продуктів [23].

У таблиці 1 наведено характеристику п’яти основних груп пакувальних матеріалів, що розглядаються як перспективні альтернативи традиційним пластикам. Вона дозволяє порівняти їх за основними властивостями – хімічною природою, екологічністю, перевагами, обмеженнями та сферами використання [24]. Дані показують, що найбільш збалансованими за поєднанням екологічних і технологічних властивостей є матеріали на основі PLA і целюлозних композитів із біопокриттям, які здатні забезпечити як міцність, так і біорозкладність тари.

Розвиток пакувальної індустрії тісно пов’язаний з упровадженням активних і розумних систем пакування, які дозволяють підвищити термін придатності продукції, мінімізувати ризики псування та покращити контроль якості під час зберігання й транспортування. Активна упаковка взаємодіє із середовищем продукту за рахунок спеціальних компонентів: абсорберів кисню, вологорегулюючих пакетів, антимікробних плівок або модифікованого газового середовища. Такі рішення особливо ефективні для м’яса, риби та готових страв, де ключовими чинниками є стабільність мікрофлори та вологовміст.

Розумна упаковка, на відміну від активної, виконує функцію моніторингу. Вона оснащується сенсорами або індикаторами, які відображають зміни у стані продукту або порушення умов зберігання. До найпоширеніших рішень належать індикатори свіжості, які змінюють колір при появі летких сполук, термоіндикатори для контролю температурних режимів, а також QR-коди та RFID-чіпи, що забезпечують простежуваність продукту на всіх етапах ланцюга постачання. Інтеграція таких технологій у пакувальні системи створює передумови для формування концепції «інтелектуального ланцюга поставок», коли споживач, дистриб’ютор і виробник отримують актуальну інформацію про стан товару.

Таблиця 1

Характеристика п'яти основних груп пакувальних матеріалів

Тип матеріалу	Хімічна основа	Екологічність	Основні переваги	Недоліки	Галузі застосування
PLA (полілактид)	Біополімер із кукурудзяного крохмалю або цукрової тростини	Висока, біорозкладний	Прозорість, жорсткість, безпечність для продуктів	Низька термостійкість	Пакування молочних, кондитерських виробів
PHA (полігідроксиканоати)	Біосинтез бактеріями	Дуже висока	Сумісність із харчовими продуктами, повна біодеградація	Висока собівартість	Біопакети, плівки для м'яких продуктів
Композити на основі крохмалю	Крохмаль + поліестери	Висока	Низька вартість, легкість перероблення	Нестійкість до вологи	Тара для сухих продуктів
Багат шарові нанокомпозити	Полімери + наноглина або наночастинки срібла	Середня	Високі бар'єрні властивості, антибактеріальність	Ускладнене на утилізація	М'ясні, рибні вироби, дитяче харчування
Паперово-картонні матеріали з біопокриттям	Целюлоза + біополімер	Висока	Біорозкладність, можливість друку	Обмежена міцність	Фастфуд, сухі продукти

Важливою складовою інноваційного розвитку є екологічна безпечність пакувальних рішень. Відповідно до принципів циркулярної економіки, сучасна упаковка має не лише виконувати функцію захисту, але й бути частиною замкнутого життєвого циклу продукту. Це означає можливість її перероблення, повторного використання або біологічного розкладання. У цьому контексті значну увагу приділяють матеріалам, виготовленим із вторинної сировини, зокрема поліетилентерефталату (rPET), а також системам збирання і сортування пакувальних відходів. Проведені дослідження показують, що використання біополімерних матеріалів і вторинних ресурсів дозволяє скоротити вуглецевий слід виробництва до 40% порівняно з традиційними пластиковими упаковками.

Важливим етапом розроблення пакувальної тари є комплексний аналіз вимог до продукту, умов його зберігання, транспортування та реалізації. З цією метою доцільно застосовувати алгоритмічний підхід, що охоплює всі етапи – від дослідження властивостей продукції до впровадження готового рішення у виробництво. Нижче наведено логічну схему, яка відображає послідовність дій при створенні інноваційної пакувальної тари.

Схема, показана на рисунку 1, ілюструє послідовність етапів упровадження інновацій у сфері пакувальної тари. На початковому етапі здійснюється аналіз вимог ринку та характеристик продукту, що дозволяє сформулювати технічні параметри майбутньої упаковки. Наступним кроком є вибір матеріалу, який має забезпечити оптимальне поєднання міцності, екологічності та функціональності. Після цього розробляється конструкція тари, інтегруються елементи «розумної» упаковки, проводяться випробування за фізико-механічними та мікробіологічними критеріями. Завершальним етапом є оцінка екологічного впливу та вартості виготовлення, після чого здійснюється промислове впровадження й подальший моніторинг ефективності рішень. Такий підхід забезпечує комплексність процесу розробки та підвищує надійність кінцевого продукту.

З економічного погляду, впровадження інноваційних пакувальних технологій є доцільним, попри певне підвищення вартості матеріалів. За результатами аналітичних досліджень, використання біополімерної тари або активних пакувальних систем дозволяє скоротити втрати харчових продуктів на 10...15%, зменшити витрати на транспортування через легші матеріали та підвищити ринкову привабливість продукції. До того ж, компанії, які застосовують екологічні пакувальні рішення, формують позитивний корпоративний імідж і мають конкурентну перевагу на європейському ринку, де питання сталого розвитку є визначальним.



Рис. 1. Алгоритм інноваційного підходу до створення пакувальної тари

В Україні останніми роками спостерігається підвищення інтересу до екологічних та функціонально інтелектуальних пакувальних рішень, зокрема у виробництві соків, кондитерських виробів і молочної продукції. Наукові установи проводять дослідження, спрямовані на модифікацію полімерів природного походження, створення біокомпозитів і оцінку їх бар'єрних властивостей. Проте широке впровадження таких технологій стримується відсутністю чіткої нормативно-правової бази щодо маркування, перероблення й сертифікації біоматеріалів.

Майбутній розвиток пакувальної індустрії визначатиметься інтеграцією нанотехнологій, сенсорних систем та біоінженерних підходів. Прогнозується, що у найближчі роки частка біорозкладної тари у структурі пакувальних матеріалів у Європі сягне 30...35%, а

розумні системи контролю стануть стандартом для преміальної продукції. Українським підприємствам важливо адаптуватися до цих глобальних тенденцій, адже це сприятиме підвищенню конкурентоспроможності, зниженню екологічного навантаження та формуванню сучасного іміджу виробника.

Таким чином, інноваційні рішення у розробці пакувальної тари становлять комплексне поєднання матеріалознавчих, технологічних, екологічних та економічних аспектів. Їх упровадження у харчовій і переробній промисловості забезпечує не лише підвищення якості та безпечності продукції, але й гармонійне поєднання виробництва з принципами сталого розвитку, що є ключовою вимогою сучасної економіки.

Висновки. У результаті проведеного аналізу встановлено, що інноваційні рішення у сфері пакувальної тари для харчової та переробної промисловості є ключовим чинником підвищення конкурентоспроможності підприємств, зменшення екологічного навантаження та забезпечення якості продукції. Використання біополімерних, активних і розумних пакувальних систем дозволяє поєднати захисні, інформаційні та екологічні функції тари. Розроблення сучасних конструкцій упаковки з урахуванням принципів екоефективності та циркулярної економіки сприяє раціональному використанню ресурсів і зниженню кількості відходів. Перспективним напрямом подальших досліджень є вдосконалення технологій виробництва біорозкладних матеріалів, інтеграція цифрових технологій контролю стану продукції та формування стандартів для впровадження інноваційних пакувальних рішень у харчовій галузі.

Список джерел інформації / References

1. Marsh, K., & Bugusu, B. Food packaging. Roles, materials, and environmental issues. *Journal of Food Science*, 2007. 72(3), pp. 39–R55. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00301.x>
2. Yam, K. L., & Lee, D. S. (2012). *Emerging food packaging technologies: Principles and practice*. Woodhead Publishing. 395 p.
3. Realini, C. E., & Marcos, B. Active and intelligent packaging systems for a modern society. *Meat Science*, 2020. 163, 108087. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108087>
4. Kerry, J. P., O'Grady, M. N., & Hogan, S. A. Past, current and potential utilisation of active and intelligent packaging systems for meat and muscle-based products: A review. *Meat Science*, 2021. p. 174, 108414. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108414>
5. Robertson, G. L. *Food packaging: Principles and practice*, 2016 (3rd ed.). CRC Press. 733 p.

6. Siracusa, V. Food packaging permeability behaviour: A report. *International Journal of Polymer Science*, 2020, p. 1–15. <https://doi.org/10.1155/2020/2902172>
7. Müller, K., Seidensticker, T., & Wurm, F. R. Bio-based polymer materials for sustainable packaging. *Advanced Materials*, 2022 34(5), 2105150. <https://doi.org/10.1002/adma.202105150>
8. Chiellini, E., & Corti, A. Biodegradable polymers and plastics. In *Handbook of Biopolymers and Biodegradable Plastics*, 2018, (pp. 1–38). Elsevier.
9. Nilsen-Nygaard, J., Fernández, E. N., Radusin, T., Rotabakk, B. T., Sarfraz, J., Sharmin, N., & Sivertsvik, M. Current status of biobased and biodegradable food packaging materials: Impact on food quality and effect of innovative processing and packaging technologies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2021, 20(2), pp. 1333–1380. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12693>
10. Ahmed, J., & Varshney, S. K. Polylactides—Chemistry, properties and green packaging technology: A review. *International Journal of Food Properties*, 2011, 14(1), pp. 37–58. <https://doi.org/10.1080/10942910903125284>
11. Peelman, N., Ragaert, P., De Meulenaer, B., Adons, D., Peeters, R., Cardon, L., Van Impe, F., & Devlieghere, F. Application of bioplastics for food packaging. *Trends in Food Science & Technology*, 2013, 32(2), pp. 128–141. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.06.003>
12. Brody, A. L., Bugusu, B., Han, J. H., Sand, C. K., & McHugh, T. H. Innovative food packaging solutions. *Journal of Food Science*, 2008, 73(8), pp. 107–116. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00933.x>
14. Cazon, P., Velazquez, G., Ramírez, J. A., & Vázquez, M. Polysaccharide-based films and coatings for food packaging: A review. *Food Hydrocolloids*, 2017, 68, pp. 136–148. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.09.009>
15. Zhao, Y., & Zhang, H. Advances in intelligent packaging for perishable food. *Food Reviews International*, 2021, 37(8), pp. 770–792. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1725890>
16. Johansson, C., Bras, J., Mondragon, I., Nechita, P., Plackett, D., Simon, P., Svetec, D. G., Virtanen, S., Baschetti, M. G., Breen, C., & Aucejo, S. Renewable fibers and bio-based materials for packaging applications. A review. *BioResources*, 2012, 7(2), pp. 2506–2552.
17. Peltzer, M., & Salvay, A. G. Environmentally friendly polymer nanocomposites for food packaging: A review. *Food Packaging and Shelf Life*, 2020, 24, 100484. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2020.100484>
18. Dangaran, K., Tomasula, P. M., & Qi, P. Structure and function of protein-based edible films and coatings. In *Edible Films and Coatings for Food Applications*, 2009, (pp. 25–56). Springer.
19. Thakur, V. K., & Thakur, M. K. Recent advances in green hydrogels from lignin: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2015, 72, pp. 834–847. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2014.09.044>
20. Popa, M., & Pal, P. Smart biodegradable packaging materials for food applications: A comprehensive review. *Materials Today Sustainability*, 2022, 19, 100227. <https://doi.org/10.1016/j.mtsust.2022.100227>

Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі, 2025. Вип. 2 (38). ISSN: 2312-3990X (Print) 2519-2922 (Online)

21. Гречишкіна, Л.В., & Чуб, О.С. Сучасні тенденції у створенні екологічної пакувальної тари для харчових продуктів. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*, 2023, 29(3), pp. 115–122.

Hrechishkina, L. V., & Chub, O. S. Suchasni tendentsii u stvorenni ekolohichnoi pakuvalnoi tary dlia kharchovykh produktiv. *Naukovi pratsi Natsionalnoho universytetu kharchovykh tekhnolohii*, 2023, 29(3), pp. 115–122.

22. Гончаренко, Т. М., & Мельник, О. В. Використання біополімерних матеріалів у харчовому пакуванні. *Харчова наука і технологія*, 15(1), 2021, с. 48–57. <https://doi.org/10.15673/fst.v15i1.2003>

Honcharenko, T. M., & Melnyk, O. V. Vykorystannia biopolimernykh materialiv u kharchovomu pakuvanni. *Kharchova nauka i tekhnolohiia*, 2021, 15(1), pp. 48–57. <https://doi.org/10.15673/fst.v15i1.2003>

23. Вітрова, О. М., & Коваленко, В. П. Перспективи застосування біорозкладних полімерів у пакувальній промисловості. *Науковий вісник НУХТ*, 2020, 26(4), с. 87–95.

Vitrova, O. M., & Kovalenko, V. P. Perspektyvy zastosuvannia biorozkladnykh polimeriv u pakuvalnii promyslovosti. *Naukovyi visnyk NUKhT*, 2020, 26(4), pp. 87–95.

24. Кравець, І. О., & Денисюк, Л. В. Екоорієнтовані технології пакування харчових продуктів. *Технологічний аудит і резерви виробництва*, 2023, 4(2), с. 60–66. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2023.290111>

Kravets, I. O., & Denysiuk, L. V. Ekoorientoivani tekhnolohii pakuvannia kharchovykh produktiv. *Tekhnolohichniy audyt i rezervy vyrobnytstva*, 2023, 4(2), pp. 60–66. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2023.290111>

Dmytrevskiy Dmytro, PhD in Tech. Sc., Assoc. Prof. of the department of equipment and engineering of processing and food industries, Kharkiv State Biotechnology University. Address: Alchevskyyh str., 44, Kharkiv, Ukraine, 61002; e-mail: dmitrevskyidv@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1330-7514

Дмитревський Дмитро В'ячеславович, канд. техн. наук, доц., доцент кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, вул. Алчевських, 44, м. Харків, Україна, 61002, e-mail: dmitrevskyidv@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1330-7514

Aleksey Zagorulko, PhD in Tech. Sc., Assoc. Prof. of the department of equipment and engineering of processing and food industries, Kharkiv State Biotechnology University. Address: Alchevskyyh str., 44, Kharkiv, Ukraine, 61002; e-mail: panamari73@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1186-3832

Загорулько Олексій Євгенович, канд. техн. наук, доц., доцент кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, вул. Алчевських, 44, м. Харків, Україна, 61002, e-mail: panamari73@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1186-3832

Lebedinec Ighor, PhD in Tech. Sc., Assoc. Prof. of the department of equipment and engineering of processing and food industries, Kharkiv State

Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі, 2025. Вип. 2 (38). ISSN: 2312-3990X (Print) 2519-2922 (Online)

Biotechnology University. Address: Alchevskyh str., 44, Kharkiv, Ukraine, 61002; e-mail: igor13lebedinec@gmail.com, ORCID: 0000-0002-5703-838X

Лебединець Ігор Володимирович, канд. техн. наук, доц., доцент кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, вул. Алчевських, 44, м. Харків, Україна, 61002, e-mail: igor13lebedinec@gmail.com, ORCID: 0000-0002-5703-838X

Horielkov Dmytro, PhD in Tech. Sc., Assoc. Prof., Department of International E-commerce and Hotel and Restaurant Business, V. N. Karazin Kharkiv National University, Svobody sq., 4, Kharkiv, Ukraine, 61022; e-mail: gorelkov.dmv@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9315-9322

Горелков Дмитро Вікторович, канд. техн. наук, доц., доцент кафедри міжнародної електронної комерції та готельно-ресторанної справи, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, майдан Свободи, 4, м. Харків, Україна, 61022, e-mail: gorelkov.dmv@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9315-9322

Chervonyi Vitalii, PhD in Tech. Sc., Assoc. Prof., Department of International E-commerce and Hotel and Restaurant Business, V. N. Karazin Kharkiv National University, Svobody sq., 4, Kharkiv, Ukraine, 61022; e-mail: chervonyi.v@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9085-2260

Червоний Віталій Миколайович, канд. техн. наук, доц., доц. кафедри міжнародної електронної комерції та готельно-ресторанної справи, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, майдан Свободи, 4, м. Харків, Україна, 61022, e-mail: chervonyi.v@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9085-2260

Прийнято 18.11.2025 р. Оприлюднено 01.12.2025р.

УДК 631.362

DOI 10.5281/zenodo.18223400

УДОСКОНАЛЕННЯ КОМПОНОВКИ СХЕМ ПРИВОДІВ ВІБРАЦІЙНИХ СЕПАРАТОРІВ

**О.В. Богомолов, В.М. Михайлов, О.І. Завгородній, Б.В. Ляшенко,
О.О. Богомолов, Є.В. Бойко**

Розглянуті питання удосконалення схем компоновки приводів робочого органу насіннеочисних машин, а саме схеми компоновки двохвальних дебалансних віброзбуджувачів спрямованої дії збуджувальної сили з електродвигуном розміщеним в системі коливальної частини сепаратора. Показано, що запропоновані схеми регулювання кута спрямованості коливань робочого органу сепараторів на даний час недосконалі і в більшості

сепараторів конструктивно складні. В роботі запропоновано дві схеми компоновки приводу робочого органу насіннеочисних машин з розміщенням електродвигуна на торцевій або боковій стінці віброзбуджувача в залежності від компоновки самого робочого органу насіннеочисної машини. Для обох варіантів компоновки запропоновані залежності, за допомогою яких розраховуються схема та форма компоновки салазок привода, що дозволяють спростити процедуру регулювання кута спрямованості коливань робочого органу насіннеочисних машин.

Ключові слова. Насіннеочисні машини, сепарація, привод, компоновка, віброзбуджувач

IMPROVEMENT OF THE LAYOUT OF THE DRIVE SCHEMES OF VIBRATION SEPARATORS

**O.V. Bogomolov, V.M. Mikhailov, O.I. Zavgorodniy,
B.V. Lyashenko, O.O. Bogomolov, E.V. Boyko**

The issues of improving the layout of the drives of the working body of seed cleaning machines are considered, namely the layout of the two-shaft unbalanced vibration exciters of the directed action of the exciting force with an electric motor placed in the system of the oscillating part of the separator. It is shown that the proposed schemes for regulating the angle of oscillation of the working body of the separators are currently imperfect and in most separators are structurally complex.

The paper proposes two layout schemes for the drive of the working body of seed cleaning machines with the placement of the electric motor on the end or side wall of the vibratory exciter depending on the layout of the working body of the seed cleaning machine itself. For both layout options, dependencies are proposed, with the help of which the scheme and shape of the layout of the drive sled are calculated, which allows simplifying the procedure for adjusting the directionality of the oscillations of the working body of seed cleaning machines.

Keywords. Seed cleaning machines, separation, drive, layout, vibratory exciter.

Постановка проблеми в загальному вигляді. Відомо, що для якісного збереження зерна після збирання першочерговою задачею є його очищення від домішок органічного та мінерального походження [1 – 3, 8]. В останні роки в Україні все більше приділяється уваги розробці насіннеочисних машин з вібраційними робочими органами, які мають певні переваги перед звичайними коливальними робочими органами за рахунок більш інтенсивної дії на оброблюваний матеріал [5, 6]. Однак, компоновка приводу в системі робочого органу таких машин має певні недоліки, які полягають у складності регулювання кута

спрямованості коливань робочого органу [4, 9]. Тобто питання компоновки приводу, якщо в насіннеочисній машині застосовується двохвальний віброзбуджувач спрямованої дії не вирішені, процес регулювання кута спрямованості є складним, що і є їх основним недоліком.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вищевикладене свідчить про те, що процес регулювання кута спрямованості насіннеочисних машин з віброзбуджувачем спрямованої дії є складним. Проблеми регулювання кута спрямованості коливань підіймалися в багатьох роботах [2, 4, 7, 9], в яких показано, що для очищення зерна використовують багато видів насіннеочисних машин. Найбільш розповсюдженими є машини, в яких робочим органом є коливальний кузов з решетами, або блок вібраційних неперфорованих поверхонь [3, 4, 7].

Однак застосування двох віброзбуджувачів для приводу робочого органу насіннеочисних машин в багатьох випадках є нераціональним, при чому це, як правило, електродвигуни – віброзбуджувачі, що приводить до зайвих витрат електроенергії, складнощів в обслуговуванні та ремонті.

Мета статті – удосконалення компоновки схем приладів вібраційних сепараторів

Матеріали та методи. В матеріалах статті застосовані теоретичні та розрахункові методи на базі положень вищої математики та теоретичної механіки з проведенням графоаналітичного аналізу.

Виклад основного матеріалу дослідження. В роботі пропонується дві схеми компоновки приводів вібраційних насіннеочисних машин.

Перша схема компоновки приводів представлена на рис. 1. Таку схему можна використовувати в насіннеочисних машинах, в яких ведучий вал віброзбуджувача встановлений в центрі тяжіння вібростола.

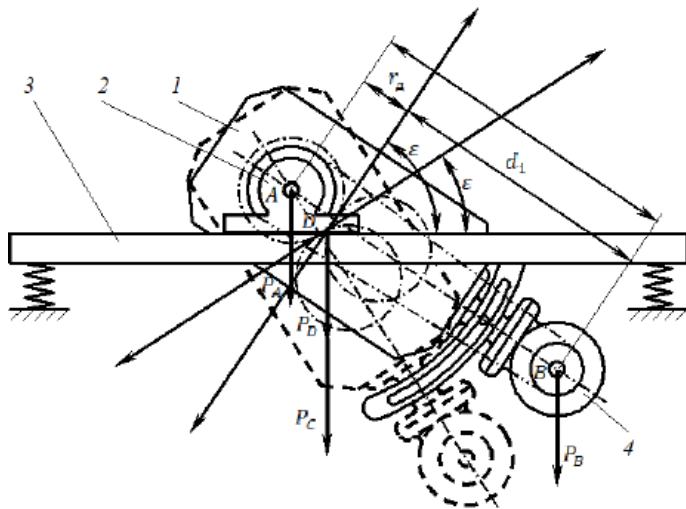


Рис. 1. Схема компоновки привода при розміщенні ведучого валу вібробуджувача в центрі тяжіння частини, що коливається:
1 – вібробуджувач; 2 – корпус підшипника; 3 – вібростіл;
4 – електродвигун

При компоновці привода машини практично зручніше користуватися відстанню між центром тяжіння електродвигуна і валом вібробуджувача h , аніж відстанню між центром тяжіння двигуна і невидимою точкою – точкою торкання ділительних кіл шестерень d_1 . З рівняння (1) і рис. 1. слідує:

$$h = d_1 + r_o = r_o \left(\frac{\overline{P_A}}{\overline{P_B}} \right) + r_o = r_o \left(\frac{\overline{P_A}}{\overline{P_B}} + 1 \right). \quad (1)$$

Для простоти у формули (1) замість векторного поняття «сила тяжіння» P можна застосувати скалярне поняття «маса» M . В цьому випадку рівняння (1) запишеться так:

$$h = r_o \left(\frac{M_1}{M_2} + 1 \right), \quad (2)$$

де M_1 – маса частини, що коливається (без електродвигуна);
 M_2 – маса електродвигуна.

За цією схемою ведучий вал віброзбуджувача 1 так само закріплюється в додаткових підшипниках 2, встановлених на вібростіл. Електродвигун 4 закріплюється на корпусі віброзбуджувача так, щоб лінія дії сил, що збуджують віброзбуджувач проходила через центр тяжіння електродвигуна. Для забезпечення ідентичності коливань робочого органу салазки 5 кріплення нижньої точки віброзбуджувача виконують по кривій, яку визначають за залежністю:

$$y = \frac{h_1 x + r_o(L + r_o)}{\sqrt{(L + r_o)^2 - x^2}} - \sqrt{(L + r_o)^2 - x^2}, \quad (4)$$

де x, y – координати кривої;

h_1 – відстань від осі u до центра тяжіння частини, що коливається;

L – відстань між нижньою точкою кріплення віброзбуджувача і напрямом дії збуджуючої сили.

При такій компоновці привода лінія дії збуджуючих сил віброзбуджувача, в будь-якому його положенні проходить через центр тяжіння S_M частини машини, що коливається, чим забезпечується ідентичність коливань робочого органу при регулюванні кута нахилу.

Регулюють кут нахилу наступним чином. Відпускають болтові з'єднання кріпленням віброзбуджувача і гвинтовим механізмом переміщують віброзбуджувач уздовж рами 3, при цьому нижня точка кріплення віброзбуджувача переміщується по опорній криволінійній поверхні 5, в результаті чого віброзбуджувач повертається навколо ведучого валу, і кут нахилу змінюється. Після зміни кута нахилу коливань закріплюють болтові з'єднання, що фіксують віброзбуджувач у встановленому положенні.

Висновки. Таким чином удосконалення приводу вібраційних насіннеочисних машин з використанням віброзбуджувачів спрямованої дії полягає в запропонованні схем та розрахунку залежностей форми компоновки салазок приводу, що дозволяють спростити процедуру кута спрямованості коливань робочого органу насіннеочисних машин.

Список джерел інформації / References

1. Бредихін В.В., Богомолов О.В., Сліпченко М.В. та ін. Наукові основи ошадної підготовки насіння з поліпшеним біологічним потенціалом. Монографія. Харків, Діса+: 2023. 408 с.

Bredykhin V.V., Bohomolov O.V., Slipchenko M.V. та ін. Naukovi osnovy oshchadnoyi pidhotovky nasinnya z polipshenym biolohichnym potentsialom. Monohrafiya. – Kharkiv, Disa+: 2023. 408 s.

2. Богомолов А.В. Сепарація труднорозделимых сипучих сумішей. Монографія: Х.: ХНТУСХ ім. П. Василенко. 2013. 308 с.

Bohomolov A.V. Separatsiya trudnorazdelnykh sypuchykh smesey.

Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі, 2025. Вип. 2 (38). ISSN: 2312-3990X (Print) 2519-2922 (Online)

Монографія: КН.: КНТUSKH ут. Р. Vasylenko. 2013. 308 s.

3. Кобец А.С., Чурсинов Ю.О., Черных С.А. та ін. Машины та обладнання для зберігання та комплексної обробки зерна. Дніпропетровськ.: ДДАЕУ, 2014. 614 с.

Kobets A.S., Chursynov YU.O., Chernykh S.A. та in. Mashyny ta obladaannya dlya zberihannya ta kompleksnoyi obrobky zerna. Dnipropetrovsk.: DDAEU, 2014. 614 s.

4. Заика П.М., Мазнев Г.Е. Сепарация семян по комплексу физико-механических свойств. М. Колос, 1978. 278 с.

Zayka P.M., Maznev H.E. Separatsyya semyan po kompleksu fizyko-mekhanicheskyykh svoystv. M. Kolos, 1978. 278 s.

5. Богомолов О.В., Михайлов В.М., Завгородній О.І. та ін. Шляхи зниження енергоємності процесів сепарації зернових сумішей. / Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства та торгівлі. Вип. 1 (35). 2024р.

Bohomolov O.V., Mykhaylov V.M., Zavhorodniy O.I. та in. Shlyakhy znyzhennya enerhoyemnosti protsesiv separatsiyi zernovykh sumishey. / Prohresyvni tekhnika ta tekhnolohiyi kharchovykh vyrobnytstv, restorannoho hospodarstva ta torhivli. Vyp. 1 (35). 2024r.

6. Васильковский М.И., Васильковский А.М., Косинов М.М. и др. К созданию зерноочистительных машин нового поколения. Вісник ХДТУСГ «Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв». Вип. 22. – Харків: 2003. – с. 29-33.

Vasyl'kovskyy M.Y., Vasyl'kovskyy A.M., Kosynov M.M. y dr. K sozdanyyu zernoochystitel'nykh mashyn novoho pokoleniya. Visnyk KHDTUS-H «Suchasni napryamky tekhnolohiyi ta mekhanizatsiyi protsesiv pererobnykh i kharchovykh vyrobnytstv». Vyp. 22. Kharkiv: 2003. s. 29-33.

7. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 3, розділ 7. Очистка і сортування насіння / П.М. Заїка. Х: Око, 2006. 408 с.

Zayika P.M. Teoriya sil'skohospodars'kykh mashyn. Tom 3, rozdil 7. Ochystka i sortuvannya nasinnya / P.M. Zayika. KH: Oко, 2006. 408 s.

8. Гаполюк Н.Г. Пути снижения энергоёмкости зерноперерабатывающих производств. // Хранение и переработка зерна. 2002. №2. с. 59-60.

Naponyuk N.H. Puty snyzheniya énerhoemkosti zernopererabatyvayushchykh proyzvodstv. // Khraneniye y pererabotka zerna. 2002. №2. s. 59-60.

9. Вибрации в технике: Справочник в 6-ти т. – М.: Машиностроение, 1980. т.4.

Vybratsyy v tekhnike: Spravochnyk v 6-ty t. M.: Mashynostroeniye, 1980. t. 4.

Богомолов Олексій Васильович, д.т.н., професор кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, bogomolov.ph@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1531-7030>

Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі, 2025. Вип. 2 (38). ISSN: 2312-3990X (Print) 2519-2922 (Online)

Bogomolov Oleksiy, Doctor of Technical Sciences, Professor Department of Equipment and Engineering of Processing and Food Production State Biotechnological University, bogomolov.ph@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1531-7030>

Михайлов Валерій Михайлович, доктор технічних наук, професор, проректор з наукової роботи, професор кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, e-mail: vami2209@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4335-1751

Mykhailov Valeriy, Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-rector for Scientific Work, Professor Department of Equipment and Engineering of Processing and Food Production, State Biotechnological University, e-mail: vami2209@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4335-1751

Завгородній Олексій Іванович, д.т.н., професор кафедри фізики та математики, Державний біотехнологічний університет, вул. Алчевських, 44, м. Харків, Україна, 61002, Email: alexey.z.2014@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2510-9160>

Zavhorodniy Oleksiy, Doctor of Technical Sciences, Professor Department of Physics and Mathematics State Biotechnological University, street Alchevskikh, 44, Kharkiv, Ukraine, 61002, Email: alexey.z.2014@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2510-9160>

Ляшенко Богдан Віталійович, кандидат технічних наук, т.в.о. директора ВСП Вовчанського фахового коледжу ДБТУ, доцент кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, e-mail: Liashenkob@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7228-8814

Lyashenko Bohdan, Candidate of Technical Sciences, Acting Director of the Higher Vocational School of Vovchanskyi Vocational College of DBTU, Associate Professor of the Department of Equipment and Engineering of Processing and Food Industries, State Biotechnological University, e-mail: Liashenkob@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7228-8814

Богомолв Олександр Олексійович, аспірант кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, bogomolov25@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4137-0181>

Bogomolov Oleksandr, PhD student Department of equipment and engineering of processing and food production, State Biotechnological University, bogomolov25@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4137-0181>

Бойко Євгеній Володимирович, аспірант кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, oipxv@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-4340-165X>

Boiko Evgenii, PhD student Department of equipment and engineering of processing and food production, State Biotechnological University, oiptxv@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-4340-165X>

Прийнято 18.11.2025 р. Опубліковано 01.12.2025р.

УДК 631.362

DOI 10.5281/zenodo.18223635

ДО ПИТАННЯ СЕПАРАЦІЇ ЗЕРНОВИХ СУМІШЕЙ БЕЗ ВИТРАТ ЕНЕРГІЇ НА ПРОЦЕС СЕПАРАЦІЇ

**О.В. Богомолів, В.М. Михайлов, О.О. Богомолів, Є.В. Бойко,
В.О. Панов, І.О. Бочарніков**

Розглянуті питання очищення зернових сумішей від насіння бур'янистих рослин та домішок, які при збиранні врожаю потрапляють у купу з насінням основної культури. Проаналізовано вибір ознак подільності зернової суміші, способів та технічних засобів з урахуванням вхідних параметрів, які відносяться до сировини, що обробляється, а також конструктивних та режимних параметрів роботи зерноочисних машин. Показано, що найбільш ефективними сепараторами є гравітаційні сепаратори, в яких на процес сепарації енергія не витрачається. Запропоновано спосіб гравітаційної сепарації зернових сумішей за силою тертя під дією сили тяжіння при русі частинок по циліндричній криволінійній поверхні. Розглянуто рух матеріальної частинки по циліндричній поверхні гравітаційного сепаратора. Приведена розрахункова схема руху частинки, та для різноманітних значень коефіцієнта тертя отримані залежності кутової координати точки відриву частинки від поверхні сепаратора та з урахуванням цього порядку відповідного розташування приймачів продуктів розподілу. Побудовані графіки залежності кутів α та β від коефіцієнта тертя частинок суміші по циліндричній фрикційній поверхні. Запропонована принципова схема гравітаційного сепаратора з циліндричною фрикційною поверхнею, що сепарує.

Ключові слова: сепарація, зерно, суміш, гравітаційний сепаратор, домішки.

ON THE ISSUE OF SEPARATION OF GRAIN MIXTURES WITHOUT ENERGY EXPENDITURES FOR THE SEPARATION PROCESS

**O.V. Bogomolov, V.M. Mykhaylov, O.O. Bogomolov, E.V. Boyko,
V.O. Panov, I.O. Bocharnikov**

The issues of cleaning grain mixtures from weed seeds and impurities that fall into a heap with the seeds of the main crop during harvesting are considered. The selection of features of grain mixture divisibility, methods and technical means is analyzed, taking into account the input parameters related to the raw materials being processed, as well as the design and operating parameters of grain cleaning machines. It is shown that the most effective separators are gravity separators, in which energy is not spent on the separation process. A method of gravitational separation of grain mixtures by friction under the action of gravity during the movement of particles along a cylindrical curvilinear surface is proposed. The movement of a material particle along the cylindrical surface of a gravity separator is considered. A calculation scheme of particle motion is given, and for various values of the friction coefficient, the dependences of the angular coordinate of the point of separation of the particle from the separator surface and, taking into account this order, the corresponding location of the distribution product receivers are obtained. Graphs of the dependence of the angles α and β on the friction coefficient of the mixture particles along the cylindrical friction surface are constructed. A schematic diagram of a gravity separator with a separating cylindrical friction surface is proposed.

Keywords: separation, grain, mixture, gravity separator, impurities.

Постановка проблеми в загальному вигляді. В останні роки в Україні в зв'язку зі зниженням культури землеробства виникла кілька проблем, пов'язаних з тим, що посіви сільськогосподарських культур засмічуються великою кількістю бур'янів, насіння яких при збиранні потрапляє у купу з насінням основної культури. Для сепарації зернових сумішей застосовуються багато видів сепараторів [1, 2, 10].

При цьому вибір технічних засобів очищення зернової суміші є завжди складною задачею. Це пояснюється тим, що для нинішнього вирішення цієї задачі надто багато входних параметрів, які відносять до сировини що обробляється: вид зерна, наявність органічних та мінеральних домішок, їх фізико-механічні властивості, вологість тощо, а також конструктивних та режимних параметрів роботи зерноочисних машин.

Вихідними ж параметрами були, як правило два, це продуктивність та якість сепарації незважаючи іноді на високі

енерговитрати. Але в останній час, в зв'язку зі стрімким подорожчанням електроенергії, а в деяких випадках її відсутності все гостріше постає питання розробки сепараторів, у яких на процес сепарації енергія зовсім не витрачається, так званих гравітаційних сепараторів

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Принципи розділення зернових сумішей у всіх сепараторів засновані на відмінності фізико-механічних властивостей зерна основної культури, бур'янів та домішок. [1 - 4, 11, 12]. Основні фізико-механічні властивості зерна та домішок, за якими здійснюють розділення це: довжина, ширина, товщина, форма, пружність, шорсткість, коефіцієнти тертя, щільність, колір, аеродинамічні властивості. Під час вибору ознаки подільності та способу сепарації суміші, в першу чергу враховують ті ознаки подільності, за якими забезпечується найбільш повне розділення суміші на фракції з заданими показниками якості, по-друге враховують енерговитрати на процес сепарації та допоміжні процеси (транспортування, активне вентилявання, сушіння тощо). Переважна більшість зерноочисних машин здійснюють сепарацію за відмінністю розмірів частинок суміші та їх аеродинамічних властивостей. В пневмосортувальних столах, які застосовуються значно рідше для спеціальної очистки, сепарація здійснюється за щільністю. В останні роки з'явилися сепаратори для сепарації зернових сумішей за кольором. Ціна їх найбільша серед усіх, енерговитрати одні з найбільших, обслуговування складне. Для сепарації зернових сумішей за пружністю, формою, коефіцієнтами тертя, шорсткістю та електрофізичними властивостями промисловою обладнання практично не випускається за виключенням електромагнітних сепараторів для розділення за шорсткістю, при цьому при роботі з магнітним порошком виникають певні проблеми. Для сепарації за електрофізичними властивостями наразі не розроблено навіть рекомендацій, до того ж під сумнівом є заходи безпеки при роботі на обладнанні, в якому застосовується електростатичне поле, поле коронного розряду чи інше.

А от для сепарації зернових сумішей за пружністю, формою та коефіцієнтами тертя, а саме за цими фізико - механічними характеристиками, як правило вдається виділити з важкороздільних сумішей насіння важковідокремлюваних бур'янів певні рекомендації розроблені, створені і деякі види обладнання, наприклад, віброфрікційні сепаратори, ударні сепаратори, фрикційні сепаратори. [4-7, 11, 13]. При цьому два останні види названих сепараторів розроблені, як гравітаційні, прості за конструкцією, що працюють без втрат енергії на процес сепарації. Однак ударні сепаратори розроблені

тільки в останні роки, на них отримано всього декілька патентів, науково-дослідні роботи в їх удосконаленні продовжуються. А щодо фрикційних сепараторів, то їх розроблено усього два види, це похилі скатні поверхні та гвинтові сепаратори «Змійка». Тому розробка нових видів фрикційних сепараторів є безперечно актуальною важливою задачею.

Метою статті є обґрунтування та розробка фрикційного гравітаційного сепаратора зернових сумішей.

Матеріали та методи. В матеріалах статті застосовані теоретичні та розрахункові методи на базі положень вищої математики та теоретичної механіки з проведенням графоаналітичного аналізу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Серед більшості сепараторів насіння в тій чи іншій мірі для сепарації використовується сила тяжіння, як один з параметрів, що визначає той чи інший вид руху частинки (або групи частинок). Однак, практично у всіх випадках цей параметр присутній у поєднанні з іншими (за виключенням ударних сепараторів). Наприклад, в вібраційних використовуються такі параметри, як частота коливань, сила тертя, кут нахилу деки та інші. Часто це призводить до складнощів в аналізі результатів роботи сепаратора. В цій роботі пропонується простий сепаратор для розділення насіння за силою тертя під дією сили тяжіння при русі частинки по криволінійній поверхні. Найбільш простими за конфігурацією є сферична та циліндрична поверхні, як найбільш освоєні в промисловості. Кінематики руху по таким поверхням аналогічні, тому зупинимось на циліндричній, як найбільш технологічній. Крім того, ця поверхня дозволяє забезпечувати необхідну продуктивність шляхом вибору її довжини по утворюючій. Радіус її має значення у виборі роздільної здатності сепаратора. Розглянемо рух матеріальної частинки (насінини) по циліндричній поверхні (половина циліндра в розрізі, або суцільного, або трубчастого). Розрахункова схема наведена на рис. 1.

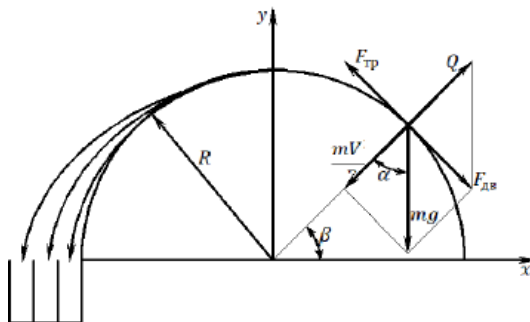


Рис. 1. Розрахункова схема

Частинка зісковзує з верхньої точки циліндра радіуса R під дією сили тяжіння mg , реакція циліндра Q та сила тертя $F_{тр}$. Спроекуємо сили на радіальний напрямок, тобто на напрям доцентрової сили:

$$\frac{mV^2}{R} = mg \cos \alpha - Q,$$

де: V – швидкість частинки, м/с:

g – прискорення сили тяжіння, м/с².

В момент відриву $Q=0$.

Тоді:

$$\frac{mV^2}{R} = mg \cos \alpha. \quad (1)$$

За законом збереження енергії потенційна енергія частинки в верхній точці циліндра дорівнює сумі потенційної та кінетичній енергій в точці розриву:

$$mgR = mgR \cos \alpha + \frac{mV^2}{2}. \quad (2)$$

З рівнянь (1) і (2) матимемо:

$$mgR = mgR \cos \alpha + \frac{mV^2}{2}, \quad mgR = R \frac{mV^2}{R} + \frac{mV^2}{2}.$$

Після скорочення на m отримаємо

$$gR = V^2 + \frac{V^2}{2}. \quad (3)$$

З (3) отримаємо:

$$\frac{V^2}{R} = \frac{2}{3}g. \quad (4)$$

Звідси з урахуванням (1) отримаємо:

$$\cos \alpha = \frac{2}{3}. \quad (5)$$

Отже, без урахування тертя точка відриву на поверхні циліндру в кутовому вимірюванні постійна і обчислюється відповідно (5).

Враховуючи, що $(\beta = \frac{\pi}{2} - \alpha)$, $(\alpha = \frac{\pi}{2} - \beta)$,

тоді:

$$\cos(\frac{\pi}{2} - \beta) = \sin \beta. \quad (6)$$

З (6) будемо мати:

$$\beta = \arcsin \frac{2}{3} = 41,8^\circ.$$

При цьому куті відбувається відрив частинки від поверхні циліндра. До цього значення кута частинка ковзає по поверхні без відриву, а округлі частинки скочуються, потрапляючи у відповідний приймач.

Проектуючи сили на вісь x , будемо мати:

$$F_{\text{дв}} \cos \alpha + Q \sin \alpha - \frac{mV^2}{R} \sin \alpha - F_{\text{тр}} \cos \alpha = 0. \quad (7)$$

Маючи на увазі, що $Q = 0$, $F_{\text{тр}} = f \frac{mV^2}{R} \sin \alpha$,

$$F_{\text{дв}} = mg \sin \alpha, \text{ отримаємо:}$$

$$mg \sin \alpha \cos \alpha - \frac{mV^2}{R} \sin \alpha - f \frac{mV^2}{R} \sin \alpha \cos \alpha = 0,$$

де f – коефіцієнт тертя.

Після відповідних перетворень матимемо:

$$g \cos \alpha - \frac{V^2}{R} - f \frac{V^2}{R} \cos \alpha = 0, \left(y - f \frac{V^2}{R} \right) \cos \alpha = \frac{V^2}{R}.$$

З (4) $\frac{V^2}{R} = \frac{2}{3}g$, тобто

$$\cos \alpha = \frac{2}{3}g \frac{1}{g - f \frac{2}{3}g} = \frac{2g}{3g - 2fg} = \frac{2}{3 - 2f} \quad (8)$$

З (8) впливає:

$$\alpha = \arccos \frac{2}{3 - 2f}. \quad (9)$$

Враховуючи (6) будемо мати:

$$\beta = \frac{\pi}{2} - \arccos \frac{2}{3 - 2f}. \quad (10)$$

Таким чином, відповідно (10), матимемо кутову координату точки відриву частинки від поверхні циліндра. Зокрема при $f=0$ отримаємо:

$$\alpha = \arccos \frac{2}{3} = 41,8, \text{ що дає}$$

$$\beta = 90^\circ - 41,8 = 48,2^\circ$$

Для різноманітних значень коефіцієнта тертя на рис. 2 показана залежність кутової координати точки відриву, що дає можливість розташувати положення відповідних приймачів, α - висхідна крива, β -низхідна крива.

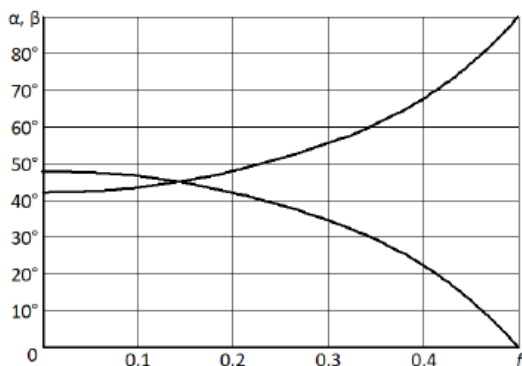


Рис. 2. Залежність кутової координати точки відриву від коефіцієнта тертя

Деякі траєкторії руху частинок показані на рис. 2. Відповідно цим вищеописаним міркуванням пропонується схема сепаратора показана на рис. 3.

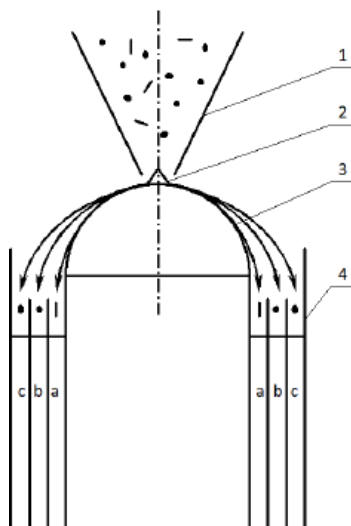


Рис. 3. Принципова схема гравітаційного сепаратора насіння:
 1 – завантажувальний бункер; 2 – розсіювач; 3 – циліндр що сепарує;
 4 – приймачі

Працює сепаратор наступним чином. Зернова суміш з бункера 1 через розсікач 2, який запобігає затору насіння в зоні висипки, поступає на циліндричну поверхню, що сепарує. Насіння переміщуються до місця з кутом $\beta=48,2^\circ$ без відриву, а округлі скочуються і потрапляють в відповідні приймачі с. Після проходження місця з кутом $\beta=48,2^\circ$ відбувається розділення по тертю, причому частинки з меншим коефіцієнтом тертя потрапляють в приймачі в, а з більшим – в приймачі а.

Висновки. Таким чином проведений аналіз методів та способів очищення зернових сумішей від насіння важковідокремлюваних бур'янів показав можливість їх очищення за фрикційними властивостями. Запропонована та теоретично обґрунтована конструкція гравітаційного фрикційного сепаратора зернових сумішей. Отримана залежність кутової точки відриву частинки, що рухається по циліндричній поверхні сепаратора для різноманітних значень коефіцієнтів тертя, що дає можливість певного розташування відповідних приймачів.

Список джерел інформації / References

1. Бредихін В.В., Богомолов О.В., Сліпченко М.В. та ін. Наукові основи ощадної підготовки насіння з поліпшеним біологічним потенціалом. Монографія. Харків, Діса+: 2023. 408 с.
Bredykhin V.V., Bohomolov O.V., Slipchenko M.V. та in. Naukovi osnovy oshchadnoyi pidhotovky nasinnya z polipshenym biolohichnym potentsialom. Monohrafiya. Kharkiv, Disa+: 2023. 408 s.
2. Богомолов А.В. Сепарация трудноразделимых сыпучих смесей. Монография: Х.: ХНТУСХ им. П. Василенко. 2013. 308 с.
Bohomolov A.V. Separatsiya trudnorazdelnykh sypuchykh smesey. Monohrafiya: – КН.: КННТУСКН ім. П. Vasylenko. 2013. 308 s.
3. Кобец А.С., Чурсинов Ю.О., Черных С.А. та ін. Машины та обладнання для зберігання та комплексної обробки зерна. Дніпропетровськ.: ДДАЕУ, 2014. 614 с.
Kobets A.S., Chursynov YU.O., Chernykh S.A. та in. Mashyny ta obladnannya dlya zberihannya ta kompleksnoyi obrobky zerna. Dnipropetrovsk.: DDAEU, 2014. 614 s.
4. Заика П.М., Мазнев Г.Е. Сепарация семян по комплексу физико-механических свойств. М. Колос, 1978. 278 с.
Zayka P.M., Maznev H.E. Separatsyya semyan po kompleksu fizyko-mekhanicheskyykh svoystv. M. – Kolos, 1978. – 278 s.
5. Патент на корисну модель. 62244. Україна МПК (2011.01) B07 B13/00. Багаторушний ударний сепаратор / Богомолов О.В., Богомолова В.П., № 201014867; заяв 13.12.2010. опубл. 25.08.11, Бюл. №16.
Patent na korysnu model'. 62244. Ukrayina MPK (2011.01) V07 V13/00. Bahatoyarusnyy udarnyy separator / Bohomolov O.V., Bohomolova V.P., №

Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі, 2025. Вип. 2 (38). ISSN: 2312-3990X (Print) 2519-2922 (Online)

201014867; zayav 13.12.2010. opubl. 25.08.11, Byul. №16.

6. Богомолов О.В., Михайлов В.М., Богомолов О.О. Визначення раціональних параметрів сепарації насіння проса на гравітаційному ударному сепараторі. Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства та торгівлі. Вип. 2. 2024 р.

6. Bohomolov O.V., Mykhaylov V.M., Bohomolov O.O. Vyznachennya ratsional'nykh parametriv separatsiyi nasinnya prosa na hravitatsiynomu udarnomu separatori. Prohresyvni tekhnika ta tekhnolohiyi kharchovykh vyrobnytstv, restorannoho hospodarstva ta torhivli. Vyp. 2. 2024 r.

7. Богомолов О.О. Сепарація насіння проса за дільністю відскоку після удару об похилу відбивну поверхню. / Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства та торгівлі. 2024 р. Вип. 1 (35).

Bohomolov O.O. Separatsiya nasinnya prosa za dil'nisty vidskoku pislya udaru ob pokhylu vidbyvnu poverkhnyu. / Prohresyvni tekhnika ta tekhnolohiyi kharchovykh vyrobnytstv, restorannoho hospodarstva ta torhivli. V. 1 (35). 2024 r.

8. Богомолов О.В., Михайлов В.М., Завгородній О.І. та ін. Шляхи зниження енергоємності процесів сепарації зернових сумішей. / Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства та торгівлі. Вип. 1 (35). 2024р.

Bohomolov O.V., Mykhaylov V.M., Zavhorodniy O.I. ta in. Shlyakhy znyzhennya enerhoyemnosti protsesiv separatsiyi zernovykh sumishey. / Prohresyvni tekhnika ta tekhnolohiyi kharchovykh vyrobnytstv, restorannoho hospodarstva ta torhivli. Vyp. 1 (35). 2024 r.

9. Васильковский М.И., Васильковский А.М., Косинов М.М. и др. К созданию зерноочистительных машин нового поколения. Вісник ХДТУСГ «Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв». Вип. 22. Харків: 2003. с. 29-33.

Vasyl'kovskyy M.Y., Vasyl'kovskyy A.M., Kosynov M.M. y dr. K sozdaniyu zernoochystitel'nykh mashyn novoho pokoleniya. Visnyk KHDTUS'G «Suchasni napryamky tekhnolohiyi ta mekhanizatsiyi protsesiv pererobnykh i kharchovykh vyrobnytstv». Vyp. 22. Kharkiv: 2003. s. 29-33.

10. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 3, розділ 7. Очистка і сортування насіння / П.М. Заїка. Х: Око, 2006. 408 с.

Zayika P.M. Teoriya sil'skohospodars'kykh mashyn. Tom 3, rozdil 7. Ochystka i sortuvannya nasinnya / P.M. Zayika. KH: Oko, 2006. 408 s.

11. Гладков Н.Г. Сепарирование семян сельскохозяйственных культур по свойствам их поверхности: Автореф. дис. докт. наук. Волгоград 1964. 44 с.

Hladkov N.H. Separyrovanye semyan sel'skokhozyaystvennykh kul'tur po svoystvam ykh poverkhnosti: Avtoref. dys. dokt. nauk. Volhohrad 1964. 44 s.

12. Гапонюк Н.Г. Пути снижения энергоемкости зерноперерабатывающих производств. // Хранение и переработка зерна. 2002. №2. с. 59-60.

Haponyuk N.H. Puty snyzheniya énerhoemkosti zernopererabatyvayushchykh proydzvodstv. // Khranenyie y pererabotka zerna. 2002. №2. s. 59-60.

Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі, 2025. Вип. 2 (38). ISSN: 2312-3990X (Print) 2519-2922 (Online)

13. Деклараційний патент №57958 Україна, МКВ В07 В13/00 Богомолов О.В., Токолов Ю.І., Зінченко М.О., Пристрій для розподілу зернових матеріалів за пружними властивостями. Заявл. 7.03.2002, Опубл. 15.07.2003 Бюл. №7.

Deklaratsynnyu patent №57958 Ukrayina, MKV V07 V13/00 Bohomolov O.V., Tokolov YU.I., Zinchenko M.O., Prystriy dlya rozpodilu zemovykh materialiv za pruzhnyu vlastyvostyamy. Zayavl. 7.03.2002, Opubl. 15.07.2003 Byul. №7.

Богомолов Олексій Васильович, д. т. н., професор кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, bogomolov.ph@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1531-7030>

Bogomolov Oleksiy, Doctor of Technical Sciences, Professor Department of Equipment and Engineering of Processing and Food Production State Biotechnological University, bogomolov.ph@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1531-7030>

Михайлов Валерій Михайлович, доктор технічних наук, професор, проректор з наукової роботи, професор кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, e-mail: vami2209@gmail.com. ORCID 0000-0003-4335-1751

Mykhailov Valeriy, Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-rector for Scientific Work, Professor Department of Equipment and Engineering of Processing and Food Production, State Biotechnological University, e-mail: vami2209@gmail.com. ORCID 0000-0003-4335-1751

Богомолов Олександр Олексійович, аспірант кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, bogomolov25@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4137-0181>

Bogomolov Oleksandr, PhD student Department of equipment and engineering of processing and food production, State Biotechnological University, bogomolov25@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4137-0181>

Бойко Євгеній Володимирович, аспірант кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, oipxv@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-4340-165X>

Boiko Evgenii, PhD student Department of equipment and engineering of processing and food production, State Biotechnological University, oipxv@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-4340-165X>

Панов Віталій Олександрович, аспірант кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, oipxv@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-3574-8723>

Panov Vitaliy Oleksandrovich, PhD student Department of equipment and engineering of processing and food production, State Biotechnological University,

Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі, 2025. Вип. 2 (38). ISSN: 2312-3990X (Print) 2519-2922 (Online)

oipxv@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-3574-8723>

Бочарніков Ігор Олександрович, аспірант кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, bogomolov25@gmail.com

Bocharnikov Igor, PhD student Department of equipment and engineering of processing and food production, State Biotechnological University, bogomolov25@gmail.com

Прийнято 18.11.2025 р. Оприлюднено 01.12.2025р.

ЗМІСТ

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

Є.В. Лазурко, А.Е. Радченко, О.О. Гринченко

Технологічні передумови створення харчової продукції з пінною структурою на основі аквафаби нутової.....6

А.М. Діхтярь, О.О. Гринченко

Використання модифікованих крохмалів в технології соусів молочних та вершкових.....19

М.В. Артамонова, Т.В. Гавриш, А.О. Воронкін

Розробка макаронних виробів підвищеної харчової цінності.....29

Л.К. Карпенко, О.В. Богомолів, І.В. Цихановська, О.В. Александров, А.С. Нікулін

Інноваційні підходи до створення термостабільної желейної начинки з пектином.....40

І.М. Фоміна, Т.В. Гавриш, К.С. Маліков

Синергетичний ефект екструзії та овочевих добавок: порівняльний аналіз зміни в'язкості клейстерів пшениці, кукурудзи та ячменю.....53

Т.М. Головки, М.В. Жеребкін, І.М. Курмакова, О.О. Чех, О.С. Бондар

Ефективність застосування альтернативних видів борошна як функціональних стабілізаторів білково-жирових емульсій у складі м'ясних паштетів.....66

ХАРЧОВІ ІНГРЕДІЄНТИ ТА ДОБАВКИ

М.Ф. Кравченко, В.С. Михайлик В.С., І.П. Данилюк

Технологія і якість соусів на основі композиційних сумішей.....77

І.О. Павлюк, С.Б. Омельченко, Н.В. Федак, О.О. Лісніченко

Удосконалення рецептурного складу сирного мусу харчовими волокнами та їх вплив на органолептичні властивості.....93

ХАРЧОВА БЕЗПЕКА ТА ЕКСПЕРТИЗА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

А.В. Пак, А.О. Пак, М.С. Софронова, Д.О. Торяник, Б.Г. Халін
Застосування фізико-математичних методів під час експертизи сухих сніданків.....107

ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ХАРЧОВОЇ ІНДУСТРІЇ

Г.В. Дейниченко, Д.В. Дмитревський, Д.О. Гончар, О.А. Піддубний, В.В. Лавренюк

Удосконалення конструкції мембранного обладнання для концентрування та очищення соків.....126

Д.В. Дмитревський, О.Є. Загорулько, І.В. Лебединець, В.М. Червоний, Д.В. Горєлков

Інноваційні рішення у розробці пакувальної тари для продукції харчової та переробної промисловості.....136

О.В. Богомолів, В.М. Михайлов, О.І. Завгородній, Б.В. Ляшенко, О.О. Богомолів, Є.В. Бойко

Удосконалення компоновки схем приводів вібраційних сепараторів.148

О.В. Богомолів, В.М. Михайлов, О.О. Богомолів, Є.В. Бойко, В.О. Панов, І.О. Бочарніков

До питання сепарації зернових сумішей без витрат енергії на процес сепарації.....156

CONTENTS

INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN FOOD PRODUCTION

Y. Lazyrko, A. Radchenko, O. Hrynchenko

Technological foundations for the development of food products with a foamy structure based on chickpea aquafaba.....6

A.M. Dikhtyar, O.O. Hrynchenko

Use of modified starches in the technology of milk and cream sauces.....19

M. Artamonova, T. Gavrysh, A. Voronkin

Development of pasta products with enhanced nutritional value.....29

L.K. Karpenko, O.V. Bogomolov, I.V. Tsikhanovska, O.V. Aleksandrov, A.S. Nikulin

Innovative approaches to creating a heat-stable jelly filling with pectin.....40

I. Fomina, T. Gavrish, K. Malikov

Synergistic effect of extrusion and vegetable additives: a comparative analysis of viscosity changes in wheat, corn, and barley pastes.....53

T. Holovko, M. Zherebkin, I. Kurmakova, O. Chekh, O. Bondar

Efficacy of alternative flours as functional stabilizers for protein-fat emulsions in meat pate.....66

FOOD INGREDIENTS AND ADDITIVES

M. Kravchenko, V. Mihailik, I. Danyliuk

Technology and quality of souces based on compositional mixtures.....77

I. Pavliuk, S. Omelchenko, N. Fedak, O. Lisnichenko

Improving the recipe of cheese mousse with dietary fiber and their influence on organoleptic properties.....93

FOOD SAFETY AND FOOD TESTING

A. Pak, A. Pak, M. Sofronova, T. Dmytro, K. Bohdan

Application of physical and mathematical methods at the examination of dry breakfast foods.....107

ENGINEERING AND TECHNICAL SUPPORT OF FOOD INDUSTRY TECHNOLOGIES

G. Deinychenko, D. Dmytrevskyi, D. Honchar, O. Piddubnyi, V. Lavreniuk

Improving the design of membrane equipment for concentrating and purifying juices.....126

D. Dmytrevskyi, A. Zagorulko, I. Lebedinec, V. Chervonyi, D. Horielkov

Innovative solutions in the development of packaging for food and processing industry products.....136

O.V. Bogomolov, V.M. Mikhailov, O.I. Zavgorodniy, B.V. Lyashenko, O.O. Bogomolov, E.V. Boyko
Improvement of the layout of the drive schemes of vibration separators..148

O.V. Bogomolov, V.M. Mykhaylov, O.O. Bogomolov, E.V. Boyko, V.O. Panov, I.O. Bocharnikov
On the issue of separation of grain mixtures without energy expenditures for the separation process.....156

Наукове видання

**ПРОГРЕСИВНІ ТЕХНІКА ТА ТЕХНОЛОГІЇ
ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ
РЕСТОРАННОГО ГОСПОДАРСТВА І ТОРГІВЛІ**

Збірник наукових праць

Видається з 2005 року

Випускається 2 рази на рік

Випуск 2 (38)

Відповідальний за випуск: В. М. Михайлов

Тех. редактор: Л. Ю. Кротченко

Комп'ютерна верстка: С. В. Прасол

Підп. до друку 01.12.2025 р. Формат 60x84 1/16. Папір офсет.
Ум. друк. арк. 10,7. Тираж 100 прим.

Державний біотехнологічний університет
вул. Алчевських, 44, Харків, 61002.