

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

1

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 (36)
Issue 2 (36)

Харків
ДБТУ
2024

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).

Свідоцтво про реєстрацію КВ № 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 № 3 від 12.12.24 р.

Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. / [редкол. : В. М. Михайлов (відпов. ред.) та ін.]. – Харків : ДБТУ, 2024. – Вип. 2 (36). – 201 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, 2024

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 № 25441-1538ІПР.

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 № 3 from 12.12.24

Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. / [редкол. : В. М. Михайлов (відпов. ред.) та ін.]. – Харків : ДБТУ, 2024. – Вип. 2 (36). – 201 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, 2024

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:

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

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

Головко М.П., д.т.н., проф. (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 M.P., Dr. Sci. (Eng.), 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 Malikovych, Dr. Sci. (Eng.), Prof. (Almaty Technological University, Kazakhstan)

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

УДК 669.149:[664.849:664.856]

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПЛОДООВОЧЕВОЇ ПАСТИ НА ТЕРМІНИ ЗБЕРІГАННЯ РАХАТ-ЛУКУМУ

О.В. Самохвалова, К.Р. Касабова, С.О. Бабаєв

Розглянуто дослідження впливу плодовоовочевої пасти на терміни зберігання рахат-лукуму. Досліджено зміни органолептичних, фізико-хімічних та структурно-механічних показників якості рахат-лукуму під час зберігання.

***Ключові слова:** рахат-лукум, плодовоовочева паста, терміни зберігання, показники якості.*

STUDY OF THE EFFECT OF FRUIT AND VEGETABLE PASTE ON THE SHELF LIFE OF TURKISH DELIGHT

O. Samokhvalova, K. Kasabova, S. Babaiev

The article presents research results on the effect of fruit and vegetable paste made from quince, apple, and pumpkin on the quality indicators of Turkish delight during a 40-day storage period. It has been proven that, during storage, the moisture content in the experimental samples of Turkish delight decreases less intensively, and the amount of reducing sugars increases to a lesser extent than in the control sample. This can be attributed to the higher fiber content, particularly pectin, in the experimental Turkish delight, which helps slow down the drying process and reduces the accumulation of reducing substances during storage. The acidity of the Turkish delight samples with added paste increases somewhat more slowly than in the control sample, and by the end of the storage period, it meets regulatory standards.

The study of changes in water activity in Turkish delight with added fruit and vegetable paste during storage has shown that this indicator decreases more significantly than in the control sample. Meanwhile, the structural firmness of the experimental Turkish delight increased by 6.3%, while the control product increased by 12.0%. The reduction in water activity in the Turkish delight samples may be due to water loss, as well as stronger binding with non-starch polysaccharides compared to starch, which contributes to greater structural stability and less loss of firmness compared to Turkish delight without additives.

After 40 days of storage, the organoleptic properties of products with added fruit and vegetable paste did not deteriorate significantly, with no foreign tastes or odors detected; only a slight weakening of the quince aroma and a less chewy consistency were observed. In contrast, products without additives showed a deterioration in taste, smell, and texture after 30 days of storage. This indicates the

potential for producing more stable quality products and extending the shelf life of Turkish delight with added apple, quince, and pumpkin paste by 10 days.

Keywords: *Turkish delight, fruit and vegetable paste, shelf life, quality indicators.*

Постановка проблеми в загальному вигляді. Кондитерські вироби мають значну різноманітність асортименту, відрізняються привабливим зовнішнім виглядом і кольором, різноманітністю форм й смаків та користуються значним попитом у всіх груп населення. Окрему групу кондитерської продукції складають східні солодощі, які поділяються на борошняні, м'які цукерки і типу карамелі. Серед цієї продукції інтерес представляє рахат-лукум – кондитерський виріб з м'якою драгледоподібною консистенцією, яку забезпечує крохмальний клейстер [1]. Його виготовляють з цукру білого, крохмалю кукурудзяного у якості структуроутворювача, води або соку, з додаванням ароматичних речовин (ванілін, фруктові есенції, трояндова олія та інше), а також горіхів, кокосової стружки, фруктового пюре, тощо [2, 3]. Лукум здебільшого поширений у країнах Балканського півострова і Близького Сходу, але за нашого часу він здобув популярність у споживачів багатьох країн. Цей виріб відрізняється відмінним смаковими якість, проте має невисокий вміст корисних нутрієнтів та містить значну кількість цукру, крохмалю і має високу енергетичну цінність, Підвищити його харчову цінність можливо за рахунок використання різних видів натуральної плодової і фруктової сировини, яка є джерелом низки есенціальних інгредієнтів та смако-ароматичних речовин. Запропоновано використання у технології лукуму функціонального призначення плодоовочевої пасти з айви, яблук, гарбуза, що отримана за енергоощадної технології, та містить значну кількість харчових волокон, зокрема пектинових речовин, вітаміну С, поліфенолів [4].

Згідно до нормативної документації [5] рахат-лукум має термін зберігання близько 30 днів, але за високого вмісту води і цукристих речовин в продукті можуть створюватися сприятливі умови для розвитку мікроорганізмів і погіршення органолептичних і фізико-хімічних показників якості.

Лукум відноситься до багатокомпонентних драгледоподібних кондитерських мас, схильних до псування в процесі зберігання, перебіг, якого залежать від внутрішньої структури, хімічного складу, умов зберігання та інших факторів. Протягом зберігання виробу спостерігаються втрата вологи, а також зміни первинних структури, форми і консистенції виробів. Відомо, що масова частка води, її стан (вільна чи зв'язана) та взаємодія з хімічними сполуками призводять до

змін в продукті різного характеру, таких як, висихання, зацукрювання, відмокання поверхні тощо. Саме вода є середовищем для протікання низки хімічних реакцій і розвитку мікроорганізмів, що призводить до погіршення якості продукту під час зберігання [6].

На характер та інтенсивність цих процесів під час зберігання рахат-лукуму, також суттєво впливають кількісний і якісний склад рецептури, вид і концентрація драглеутворювача, технологічні параметри його виробництва, вид пакування і умови зберігання. Внесення додаткової плодової і овочевої сировини може істотно вплинути на якість продукту і терміни його зберігання, що потребує уважного дослідження. Отже, вивчення впливу багатокomпонентної пасти з айви, яблука і гарбуза на показники якості рахат-лукуму під час зберігання є актуальним напрямом наукових досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема підвищення термінів зберігання цукристих кондитерських виробів, включно з виробами желевної структури, стоїть досить гостро. До основних чинників, що впливають на термін придатності цукрових кондитерських виробів, належать хімічний склад, структура виробу, вміст води, процеси міграції молекул вільної вологи, умови зберігання, вид упаковки. Високий вміст цукру в лукумі забезпечує його відносну мікробіологічну стабільність.

У процесах черствіння і затвердіння масова частка вологи лукуму відіграє вирішальну роль і визначає терміни його придатності під час зберігання. Вміст води, визначає текстуру, фізико-хімічні і реологічні показники якості виробу, та є обмежувальним параметром терміну його придатності [7].

Оскільки основним фактором погіршення якості, що впливає на тривалість зберігання лукуму, є збільшення або втрата вологи, авторами [8] визначено вплив різних умов навколишнього середовища (відносна вологість – 32%, 53%, 75% та температура – 15, 25, 35 °C) на вміст води у виробі та його міцність. Встановлено, що лукум слід зберігати при відносній вологості близько 50% і температурі 15 °C. Більш висока відносна вологість і температура зберігання призводять до погіршення якості і зменшення терміну придатності до 20 днів. Проте забезпечити такі умови зберігання продукції на практиці майже неможливо.

Важливими аспектами збереження желевної продукції є її мікробіологічна безпека. У роботі [9] досліджені ризики високого вмісту афлатоксинів в традиційних кондитерських виробих Турції, зокрема рахат-лукуму. Показано, що збільшення афлатоксинів у продукті може бути за рахунок внесення горіхової сировини, яка не належним чином зберігалась, що є небезпечним для споживання.

Застосування модифікованого газового середовища для зберігання може суттєво подовжити термін придатності лукуму. Вченими з Туреччини було досліджено вплив середовища суміші газів CO_2 і N_2 з різною їх концентрацією на збереженість виробу. Встановлено, що саме використання для зберігання лукуму газового середовища, що складається з CO_2 і N_2 у пропорції 30% і 70% відповідно, позитивно впливає на показники його якості та безпечності. Зберігання виробу в такий спосіб дозволяє більш тривалий час зберегти смак та аромат і мати невисокі значення мікробіологічних показників навіть після закінчення терміну зберігання [10].

Було досліджено вплив підсолоджувачів, які вносили до рецептури лукуму замість цукру на показники якості, в тому числі під час зберігання. В досліджах 25% цукрози було замінено на сорбіт, на суміші сорбіту та ксиліту і сорбіту та стевії. Твердість і вміст вологи дослідного лукуму були значно менше наприкінці зберігання порівняно з контрольним зразком. Найкраще показники якості (органолептичні і реологічні) зберігали зразки, в яких цукрозу частково замінювали сорбітом [11]. Це свідчить, що навіть часткова заміна цукру на підсолоджувачі потребує досліджень властивостей продукції у процесі зберігання.

Важливим аспектом формування драглеподібної структури виробів є стабілізація гетерогенної структури, а саме її модифікація шляхом додавання речовин, що регулюють міцність, в'язкість температури структуроутворення і плавлення тощо.

Дослідження [12] було присвячене вивченню впливу заміни желатину в рахат-лукумі на крохмаль і порошок сушених фініків на такі сенсорні властивості, як смак, післясмак, консистенція, текстура і ніжність драглеподібної структури. Дані, зібрані від сенсорної панелі, показали, що найкращі текстурні властивості мали зразки, які містили тільки желатин та крохмаль. Дещо нижчі результати мали зразки, в яких 5% желатину було замінено на порошок сушених фініків. Проте для отримання більш повної оцінки необхідно провести подальші біологічні та мікробіологічні дослідження під час зберігання продукту.

Здатність стабілізувати структуру притаманна багатьом гідроколоїдам, зокрема мікробним камедам. Їхні загущуючі та стабілізуючі властивості були підґрунтям для обґрунтування використання мікробних біополімерів у багатьох технологіях кондитерських виробів [13]. Для формування драглеподібної структури рахат-лукуму автори пропонують додавати мікробний полісахарид поллулан в суміш крохмалю, цукру та води, яку заварюють [14]. Так, заміна 20 % крохмалю поллуланом і крохмалем у співвідношенні 1:1

сприяє отриманню лукуму зі структурно-механічними характеристиками, що не поступалися виробам без добавок, і в процесі зберігання.

Досліджено можливість використання порошку ріжкового дерева, апельсина та моркви, які є джерелом низки корисних нутрієнтів. У рецептурі рахат-лукум знижували вміст цукру і замінювали частину лукумною маси порошком м'якоті ріжкового дерева, апельсина та моркви у кількості 3%, 6% та 9%. [1]. Було визначено, що усі три види порошоків м'якоті можуть використовуватися у кількості 9%, що позитивно позначається на харчовій цінності, а також текстурних і сенсорних характеристиках рахат-лукуму.

Науковцями [15] досліджено зміни якісних характеристик рахат-лукуму залежно від впливу різних концентрацій м'якоті кизилу. Вносили пухляку кизилу промислового виготовлення у кількості 4,4 та 12,2%. Встановлено, що зростає мікробіологічна стабільність, інтенсивність кольору, посилюється фруктовий смак та міцність нового виду лукуму. Проте, авторами не досліджено зміни хімічного складу під час зберігання.

Кизил у вигляді пюре також знайшов свого застосування у технології збивного лукуму. Науковцями запропоновано часткову замінити частину яблучного пюре на нетрадиційне пюре з кизилу. Це сприяло підвищенню харчової цінності збивного лукуму, особливо за вмістом калію, заліза, аскорбінової кислоти, та покращенню структурно-механічних показників якості розроблених виробів під час зберігання [6].

Встановлено, що сумісне внесення в рецептуру лукуму 2,5 %, 5,0 %, 7,5 % вишні та чорного виноградного сиропу сприяє суттєвому збагаченню виробів антиоксидантами, а також покращенню органолептичних та структурно-механічних показників в тому числі під час зберігання [16]. Застосування також концентрату соку кребового яблука (*Malus floribunda*) у якості натурального барвника надало рахат-лукуму як бажаного кольору, так і функціональних властивостей [17]. Зі збільшенням температури протягом 6-місячного терміну зберігання суттєвих змін титрованої кислотності порівняно з вихідними значеннями не відбулося, проте спостерігалось значне зниження показників загальної фенольної активності, вмісту антоціанів та антиоксидантної активності. Очевидно, що використання нової плодово-ягідної сировини, такої як багатокomпонентні пасти, у технології лукуму потребує у кожному окремому випадку визначення впливу на показники якості виробів під час зберігання.

Метою статті є дослідження впливу плодоовочевої пасти з айви, яблука і гарбуза на терміни зберігання рахат-лукуму.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання: вивчити зміни масової частки води, масової частки редукувальних речовин, величин кислотності, міцності, активності води, а також органолептичних показників якості лукуму з застосуванням багатокомпонентної пасти під час зберігання.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідні зразки рахат-лукуму виготовляли за попередньо обґрунтованою рецептурою [4], в якій яблучне пюре замінено плодоовочевою пастою з айви, яблук і гарбуза, зменшено на 20% кількість крохмалю, а також виключено барвник та ароматизатор. Рецептūra дослідного лукуму включає інгредієнти в кількості, % до загальної маси виробів: цукор білий 57,32, цукрова пудра 8,6, крохмаль кукурудзяний 8,86, плодоовочева паста 25,08, лимонна кислота 0,14.

В якості контрольних використовували зразки, виготовлені за традиційною рецептурою [18] без добавки. Контрольні та дослідні зразки зберігали за температури (20 ± 2) °С, та відносній вологості не більше 75 %, у картонній коробці вкритих полімерною плівкою. Досліджували зміни фізико-хімічних, структурно-механічних та органолептичних показників якості рахат-лукуму в процесі зберігання протягом 40 діб, вимірюючи показники через кожні 10 діб.

Масову частку вологи визначали методом висушування у сушильній шафі до постійної маси за температури 130 °С. Вміст редукувальних речовин, вимірювали методом гарячого титрування із розчином ферріціаніду. Титровану кислотність визначали методом титрування із 0,1 н розчином гідроокису натрію.

Міцність виробів вивчали методом пенетрометрії Labor (Угорщина). Активність води (a_w) у зразках готових виробів визначали на аналізаторі активності води «Aqualab 4» компанії Aqualab (США).

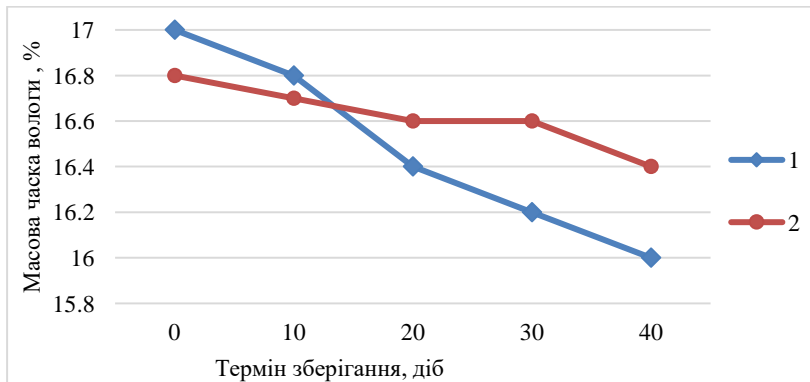
Під час оцінювання органолептичних показників визначали форму та стан поверхні, колір, смак, запах і консистенцію та визначали згідно методик, описаних у стандарті.

Проведені дослідження здійснювались із п'ятикратною повторюваністю для вірогідності отриманих результатів та з величиною відносної похибки не більше трьох відсотків. Для обробки отриманих експериментальних даних використовували стандартні математичні розрахунки на базі MS Office та MathCad.

Збереження свіжості виробу – це підтримання на високому рівні таких показників якості, як консистенція, смак, аромат та зовнішній

вигляд шляхом утримання вологи та запобігання псуванню мікроорганізмами.

Вміст вологи має значний вплив на збереження якості виробів драгледоподібної консистенції, зокрема і рахат-лукуму. Високий вміст вологи в лукумі може призводити до «відмокання» поверхні, а низький є причиною утворення цукрової «скоринки» на поверхні та ущільнюється текстура при цьому [19]. Тому вважали важливим визначити зміни вологості дослідного виробу під час терміну зберігання. Результати досліджень зміни вологості дослідних зразків рахат-лукуму протягом 40 діб наведено на рис. 1.



**Рис. 1. Зміна масової частки вологи в лукумі під час зберігання:
1 – контрольний зразок; 2 – зразок із плодовоовочевою пастою**

Видно, що під час зберігання масова частка вологи контрольного зразка лукуму знижується інтенсивніше, ніж дослідного. Так, її вміст у контрольному зразку зменшувався з 17,0 до 16,0, тоді як дослідного – лише з 16,8 до 16,3. Це свідчить про те, що присутність у рахат-лукумі з плодовоовочевою пастою більшої кількості харчових волокон, зокрема пектину, сприяє кращому утриманню води під час зберігання.

Редукувальні речовини також відіграють істотну роль у процесі зберігання лукуму. Підвищення їхнього вмісту вище 42 % може спричинити зволоження виробів унаслідок високої гігроскопічності та, навпаки, зниження веде до зацукровування та погіршення зовнішнього вигляду готового продукту. На рис. 2 наведено зміни масової частки редукувальних цукрів у дослідному рахат-лукумі під час зберігання.

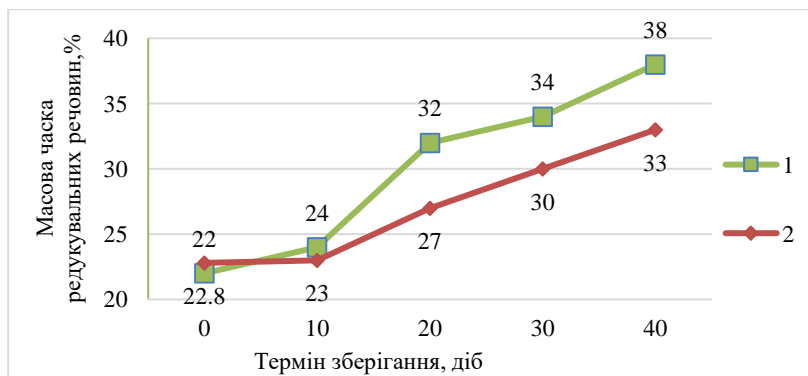


Рис. 2. Зміна масової частки редукувальних речовин у рахат-лукумі під час зберігання: 1 – контрольний зразок; 2 – зразок із плодовоовочевою пастою

Під час 40 днів зберігання масова частка редукуючих цукрів у контрольному зразку лукуму зростає з 22,0 до 38,0, що вказує на значне збільшення редукувальних речовин. В той же час у дослідному зразку лукуму цей показник збільшився меншою мірою – з 22,8 до 33,0, що свідчить про більш повільне накопичення редукувальних речовин у зразках з додаванням плодовоовочевої пасти. Це можна пояснити наявністю у їх складі некрохмальних полісахаридів, які сприяють стабілізації вільної вологи та зменшенню утворенню редукувальних речовин під час тривалого зберігання.

У процесі зберігання рахат-лукуму на основі крохмалю може відбуватися зміння кислотності, що негативно впливає на якість продукції. Результати вимірювання титрованої кислотності рахат-лукуму з внесенням багатокомпонентної пасти під час зберігання наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Зміна титрованої кислотності рахат-лукуму під час зберігання

$\sigma=3\%$, $n=5$

Зразок рахат-лукуму	Значення показника, у протягом зберігання, днів				
	0	10	20	30	40
Контрольний (без добавки)	1,50	1,62	1,70	1,8	1,87
З додаванням плодовоовочевої пасти	1,70	1,70	1,80	1,85	1,90

Як дослідний, так і контрольний зразки демонструють незначне зростання показника титрованої кислотності. Кислотність виробів може зростати за рахунок гідролізу крохмалю і цукрів, взаємодії продуктів реакції з вільною водою, що сприяє створенню кислого середовища. Обидва зразки мають схильність до зростання кислотності з часом, але в зразку рахат-лукуму з пастою це зростання відбувається дещо повільніше і величина його кислотності наприкінці терміну зберігання відповідає вимогам нормативної документації.

Вважається, що саме показник активності води в продуктах з однаковою масовою часткою вологи наразі частіше використовується для прогнозування змін реологічних показників харчових систем, ніж масова частка вологи [19]. Тому вважали за доцільне визначити зміну активності води і міцності дослідного рахат-лукуму при зберіганні протягом 40 діб.

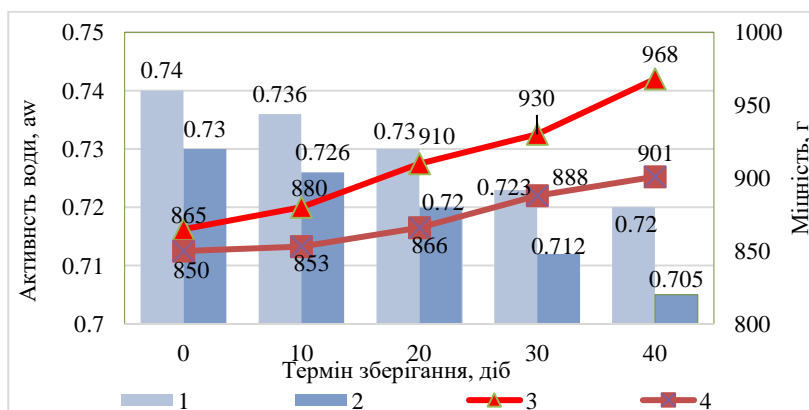


Рис. 3. Міцність і активність води під час зберігання лукуму:
активність води: 1 – контрольного, 2 – із плодовоовочевою пастою;
міцність: 3 – контрольного, 4 – із плодовоовочевою пастою

Активність води обох зразків рахат-лукуму під час зберігання поступово знижується. Значення показника активності води дослідного лукума протягом терміну зберігання знижується у діапазоні 0,730...0,705, а контрольного зразка – 0,740...0,720. Зниження даного показника можливо за рахунок втрати води, що сприяє ущільненню лукумової маси. Це підтверджується вимірюваннями міцності лукуму протягом терміну зберігання, які показали, що цей показник у дослідного лукуму підвищується на 6,3 %, а у контрольного лукуму на 12,0 %. Тобто в дослідному зразку спостерігається більш стабільне зберігання структурної цілісності, що свідчить про кращу текстуру і консистенцію. Тобто можна зробити висновок, що лукум із додаванням

плодоовочевої пасти демонструє кращу структурну стабільність і цілісність, ніж контрольний зразок, протягом періоду зберігання.

У табл. 2 наведено зміни органолептичних показників якості рахат-лукуму. Видно, що форма та стан поверхні обох зразків лукуму, а також їх колір не змінюється протягом усього терміну зберігання. При цьому смак і запах контрольного зразка через 30 діб зберігання дещо змінюються, з'являється легкий сторонній присмак, а консистенція стає дуже тягучою. В той же час у виробів з додаванням плодовоовочевої пасти через 40 діб зберігання відсутні сторонні присмаки і запахи, а спостерігається лише послаблення аромату айви, і менш тягуча консистенція, ніж у виробках без добавки.

Таблиця 2

**Зміна органолептичних показників якості рахат-лукуму
під час зберігання**

Показник	Характеристика показників рахат-лукуму при зберіганні діб				
	0	10	20	30	40
<i>Контроль (без добавок)</i>					
Форма та стан поверхні	Правильної форми, з виразним контуром та рівномірно обсипаною цукровою пудрою				
Колір	Світло-жовтий			Блідо-жовтий	
Смак	Властивий лукуму, без стороннього присмаку			Властивий лукуму з легким стороннім присмаком	
Запах	Властивий лукуму, без стороннього запаху			Властивий лукуму з легким стороннім запахом	
Консистенція	Драгледоподібна, злегка тягуча, в'язка			Драгледоподібна, дуже тягуча	
<i>З додаванням плодовоовочевої пасти</i>					
Форма та стан поверхні	Правильної форми, з виразним контуром та рівномірно обсипаною цукровою пудрою				
Колір	Насичений жовто-помаранчевий				
Смак	Властивий лукуму, кислувато-солодкий з гарним присмаком айви				
Запах	Властивий лукуму, з відчутним ароматом айви				Зі слабким ароматом айви
Консистенція	Драгледоподібна, злегка тягуча, в'язка				Драгледоподібна, тягуча

Висновки. 1. Установлено, що під час зберігання протягом 40 діб рахат-лукуму з додавання плодоовочевої пасти, масова частка вологи знижується менш інтенсивно і масова частка редукувальних цукрів збільшилася меншою мірою, ніж у контрольного зразка. Це пояснюється присутністю в дослідному зразку рахат-лукуму більшої кількості харчових волокон, зокрема пектину, що сприяє міцному утримуванню води і зменшенню накопичення редукувальних речовин під час зберігання. Кислотність рахат-лукуму з пастою зростає дещо повільніше, ніж у контрольному зразку, а її величина наприкінці терміну 1,9^о зберігання відповідає вимогам нормативної документації.

2. Показано, що активність води в рахат-лукумі з додаванням плодоовочевої пасти протягом терміну зберігання знижується більше (від 0,730 до 0,705), ніж у контрольного зразка (від 0,740 до 0,720). При цьому міцність дослідного рахат-лукуму підвищується на 6,3 %, а контрольного виробу на 12,0 %. Зниження величини активності води в дослідних зразках можливе за рахунок втрати води, а також більш міцного її зв'язування некрохмальними полісахаридами порівняно з крохмалем, що сприяє більшій структурній стабільності та зменшенню його міцності порівняно з рахат-лукумом без добавки.

3. Вивчення органолептичних показників виробів із додаванням плодоовочевої пасти через 40 діб зберігання показали, що відсутні сторонні присмаки і запахи, а спостерігається лише послаблення аромату айви, і менш тягуча консистенція, ніж у виробих без добавки, в яких через 30 діб зберігання спостерігаються погіршення смаку, запаху і консистенції. Це свідчить про можливість збільшити термін зберігання рахат-лукуму з додаванням пасти з айви, яблук і гарбуза на 10 діб.

Список джерел інформації / References

1. Hanoğlu, A., Karaoğlu, M.M., Bedir, Y. The effect of carob, orange and carrot pulps on physical, chemical and microbiological properties of Turkish delight // *International Journal of Gastronomy and Food Science*. – 2023. – Vol. 32. – 100709. DOI: 10.1016/j.ijgfs.2023.100709.

2. Batu, A., Kirmaci, B. Production of Turkish delight (lokum) // *Food Research International*. – 2009. – Vol. 42, Issue 1. – P. 1–7. DOI: 10.1016/j.foodres.2008.08.007.

3. Babaiev, S., Kasabova, K., Samokhvalova, O., ShydakovaKamieniuka, O., Zagorulko, A., Zahorulko, A., Budnyk, N., & Shklieriev, O. Structural and mechanical properties of Turkish delight production using fruit and vegetable paste // *EUREKA: Life Sciences*. – 2023. – No. 3. – P. 20–26. DOI: 10.21303/2504-5695.2023.002970.

4. Kasabova, K., Samokhvalova, O., Zagorulko, A., Zahorulko, A., Babaiev, S., Bereza, O., Ponomarenko, N., Tesliuk, H. and Yukhno, V. 2022. Improvement of Turkish delight production technology using a developed multi-component fruit and vegetable paste. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 6, 11 (120) (Dec. 2022), 51–59. DOI:<https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.269393>.

5. ДСТУ 4688:2006. Східні солодощі типу м'яких цукерок. Загальні технічні умови : від 7 листопада 2006 р. № 319 // Держспоживстандарт України. – Київ : ДП "УкрНДНЦ", 2007. – 14 с.

DSTU 4688:2006. Skhidni solodoshchi typu m'yakih cukerok. Zagal'ni tekhnichni umovi : vid 7 listopada 2006 r. № 319 // Derzhspozhivstandart Ukraini. – Kiiv : DP "UkrNDNC", 2007. – 14 s.

6. Гордієнко, Л.В., Толстих, В.Ю., Пожиткова, Л.Г. Зміна показників якості лукуму збивного на основі кизилового пюре при зберіганні // Наукові праці НУХТ. – 2018. – Т. 24, № 3. – С. 170–177. DOI: 10.24263/2225-2924-2018-24-3-20.

Gordienko, L.V., Tolstih, V.Yu., Pozhitkova, L.G. Zmina pokaznikov yakosti lukumu zбивного na osnovi kizilovogo pyure pri zberiganni // Naukovi praci NUHT. – 2018. – Т. 24, № 3. – С. 170–177. DOI: 10.24263/2225-2924-2018-24-3-20.

7. Urun, G., Kasim, S., Ergün, K., İçier, F. Changes in physical, chemical, textural and sensorial properties of different Turkish delight types during storage // Acad Food J. – 2012. – Vol. 10, No. 2. – P. 31–39..

8. Kaya, S., Özkaleli, G. Thermal and textural changes of Turkish delight with storage relative humidity // Journal of Food Science and Engineering. – 2017. – Vol. 7. – P. 186–191. DOI: 10.17265/2159-5828/2017.04.002.

9. Golge, O., Hepsag, F., Kabak, B. Determination of aflatoxins in walnut sujuk and Turkish delight by HPLC-FLD method // Food Control. – 2016. – Vol. 59. – P. 731–736. DOI: 10.1016/j.foodcont.2015.06.035.

10. Dereli, Z., Şevik, R., Batu, A., Gök, V. Effects of modified atmosphere packaging on shelf life of Turkish delight (lokum) // Journal of Food Protection. – 2014. – Vol. 77, Issue 10. – P. 1799–1803. DOI: 10.4315/0362-028X.JFP-14-119.

11. Sheet, B.S.A. Using of some alternative sweeteners in the production of low-energy Turkish dessert (Lokum) // International Academic Journal of Nutrition & Food Sciences. – 2022. – Vol. 3, No. 1. DOI: 10.47310/iajnfs.2022.v03i01.005

12. Alrasheedi, A.A., Ali, A.A., Hijazi, M.A. Modification and sensory evaluation of Turkish delight (lokum) supplemented with different levels of dried date powders // Food Science and Technology. – 2023. – Vol. 43. DOI: 10.5327/fst.00107.

13. Samokhvalova O., Kucheruk Z., Kasabova K., Oliinyk S., Shmatchenko N. Effect of microbial polysaccharides on the quality indicators of protein-free and gluten-free products during storage // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2021. – Vol 1 No 11 (109) P. 61–68.

14. Karakaş Budak, B. Effect of starch substitution with pullulan on confectionery starch gel texture of lokum // Mediterranean Agricultural Sciences. – 2019. – Vol. 32, No. 3. – P. 323–327. DOI: 10.29136/mediterranean.609017.

15. Kavak, D.D., Akpunar, E.B. Quality characteristics of Turkish delight (lokum) as influenced by different concentrations of cornelian cherry pulp // Journal of Food Processing and Preservation. – 2018. – Vol. 42, Issue 7. – e13656. DOI: 10.1111/jfpp.13656.

16. Batu, A., Arslan, A., Eroglu, A. Effects of black grape syrup on texture, colour and sensory qualities of value-added Turkish delight (lokum) // Journal of Nutrition & Food Sciences. – 2014. – Vol. S8. DOI: 10.4172/2155-9600.S8-005.

17. Gülhan, A., Çoklar, H., Akbulut, M. Evaluation of the storage stability of crab apple (*Malus floribunda*) anthocyanins as a natural antioxidant colorant in Turkish delights // Food Science and Technology. – 2023. – Vol. 66. DOI: 10.1590/1678-4324-2023220947.

18. Могильний, М.П. Східні солодоші: технологія, рецептури, рекомендації. – М.: ДеЛи принт, 2002. – 148 с.

Mogil'nij, M.P. Skhidni solodoshchi: tekhnologiya, recepturi, rekomendacii. – M.: DeLi print, 2002. – 148 s.

19. Ergun, R., Lietha, R., Hartel, R.W. Moisture and shelf life in sugar confections // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2010. – Vol. 50, Issue 2. – P. 162–192. DOI: 10.1080/10408390802248833

Самохвалова Ольга Володимирівна, канд. техн. наук, професор кафедри технології хлібопродуктів і кондитерських виробів Державного біотехнологічного університету, sam55ov@gmail.com

Samokhvalova Olga, PhD, professor, department of bakery and confectionery technology State Biotechnological University, sam55ov@gmail.com

Касабова Катерина Рубенівна, канд. техн. наук, доцент кафедри технології хлібопродуктів і кондитерських виробів Державного біотехнологічного університету, kas_kat@ukr.net

Kasabova Kateryna, PhD, assistant professor, department of bakery and confectionery technology State Biotechnological University, kas_kat@ukr.net

Бабаєв Сергій Олександрович, аспірант кафедри технології хлібопродуктів і кондитерських виробів Державного біотехнологічного університету, babaev173@gmail.com

Babaiev Serhii, graduate student, department of bakery and confectionery technology State Biotechnological University, babaev173@gmail.com

DOI 10.5281/zenodo.14671667

УДК 633.2/.3:636.085

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА СТІЙКОГО РОЗВИТКУ ВИРОБНИЦТВА КОРМІВ

Т.В. Гавриш, Н.О. Боровікова, К.Р. Касабова, І.М. Фоміна

Проведено аналіз виробництва органічного корму для худоби з акцентом на зростаючому попиту на екологічно чисту продукцію. Підкреслюється важливість натуральних компонентів кормів, які знижують ризик захворювань та підвищують продуктивність тварин.

Огляд міжнародного досвіду в біоінженерних технологіях показує, як пробіотики і ферменти покращують здоров'я худоби без синтетичних добавок. Стаття також окреслює перспективи розвитку органічного тваринництва в Україні, відзначаючи важливість упровадження інновацій для

покращення якості кормів і здоров'я тварин, що сприяє підвищенню стандартів органічного виробництва.

Ключові слова: органічні корми, екологічна продукція, пробіотики, ферменти, тваринництво, здоров'я худоби.

INNOVATIVE APPROACHES TO INCREASE THE EFFICIENCY AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF FEED PRODUCTION

T. Havrysh, N. Borovikova, K. Kasabova, I. Fomina

The article examines the importance of organic feed production for livestock in the context of growing demand for environmentally friendly products. It emphasizes that consumers prefer products without synthetic additives, which makes organic feed important for livestock. The authors note that natural feed components reduce the risk of diseases, increase animal productivity and reduce dependence on antibiotics.

The article also analyzes international experience in the creation of bioengineering technologies for the production of probiotics and enzymes that improve livestock health without the use of synthetic substances. Research focuses on the biological aspects of organic feeds, their ability to improve digestion, increase animal immunity and reduce the negative effects of pathogenic microorganisms. Particular attention is paid to the classification of organic feeds and their functionality.

The article highlights the prospects for the development of organic animal husbandry in Ukraine, where the production of organic feed is growing thanks to the use of local resources and traditional fermentation technologies. It calls for the introduction of new technologies and innovative solutions to improve the quality of feed and animal health, contributing to the general increase in standards of organic production.

Keywords: organic fodder, ecological products, probiotics, enzymes, animal husbandry, livestock health.

Постановка проблеми в загальному вигляді. Виробництво органічного корму для худоби набуває особливої актуальності в умовах зростаючого попиту на екологічно чисту продукцію. Споживачі все більше надають перевагу харчовим продуктам, виробленим без використання синтетичних добавок, що підвищує значення органічних кормів у тваринництві.

Завдяки природним компонентам та відсутності штучних добавок знижується ризик хвороб, що підвищує загальну продуктивність тваринницьких господарств. Відмова від антибіотиків з використанням натуральних добавок, таких як пробіотики, дозволяє боротися зі стійкістю мікроорганізмів до антибіотиків.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Огляд досвіду іноземних науковців свідчить про значний внесок у виробництво

органічних кормів для худоби. Вони активно розробляють біоінженерні технології для створення кормових добавок, таких як пробіотики та ферменти, що сприяють поліпшенню здоров'я худоби та підвищенню продуктивності без використання синтетичних речовин. Такі добавки дозволяють ефективно знизити залежність від антибіотиків та підвищити екологічну безпеку продукції, що відповідає сучасним запитам на органічну продукцію [1, 2].

Органічний корм – це інноваційний продукт для годівлі худоби, розроблений за допомогою біоінженерних технологій, таких як ферментативна, білкова та генна інженерія. Цей тип корму має високу поживну цінність та добру смакову привабливість, що дозволяє підвищити ефективність його використання, замінити антибіотики, поліпшити здоров'я худоби і птиці, а також покращити якість продукції тваринництва і сприяти покращенню умов розмноження [3, 4].

Дослідження органічних кормів почалися ще в 1980-х роках, але справжнього розвитку вони досягли у 1990-х. В останні десятиліття досягнуто значного прогресу в дослідженнях біологічно активних кормових добавок, особливо в фізіологічних та біохімічних аспектах. Біологічні корми швидко здобули популярність як в наукових дослідженнях, так і в практичному використанні [3,5].

Мета статті – дослідження важливості органічних кормів для худоби у контексті зростаючого попиту на екологічно чисту продукцію з акцентом на перспективах розвитку органічного тваринництва в Україні підкреслюючи необхідність впровадження нових технологій та інновацій для підвищення якості кормів та загальних стандартів виробництва.

Вклад основного матеріалу дослідження. Класифікація органічних кормів є важливим аспектом для забезпечення ефективного та здорового годування тварин. Вона включає чотири основні категорії, які детально представлені в таблиці 1.

Ці категорії охоплюють різні типи кормів, які використовуються в органічному тваринництві й відображають різноманітність підходів до їх виробництва та використання.

Таблиця 1

Класифікація органічних кормів

Основні категорії	Підкатегорії
1. Ферментовані корми	- аеробна ферментація
	- анаеробна ферментація
	- факультативна анаеробна ферментація
	- ферментація з одним штамом
	- ферментація з декількома штамми
	- ферментація з бактеріальними ферментами
	- комбінована ферментація
2. Ферментативні гідролізати кормів	- гідролізація білків
	- гідролізація вуглеводів
3. Бактеріальні ферментні синергетичні корми	- продукти спільного ферментування
4. Біологічні кормові добавки	- пробіотики
	- пребіотики
	- ферментні добавки
	- вітаміни
	- амінокислоти
	- натуральні екстракти
	- олігопептиди

Ферментовані корми можна класифікувати за типом ферментації (аеробна, анаеробна, факультативна анаеробна) і кількістю штамів (ферментація одним або декількома штамми). Основна мета ферментованих кормів – покращення якості корму через ферментацію білків та інших компонентів корму [3].

Ферментативні гідролізати кормів широко використовується у тваринництві та птицеводстві. Завдяки оптимізації умов ферментації покращується перетравлюваність корму, що призводить до підвищення продуктивності худоби та зниження витрат [6].

Органічні корми діють завдяки складним біохімічним процесам. Вони сприяють розщепленню клітковини на прості молекули, такі як моносахариди, дисахариди та амінокислоти, які легше засвоюються організмом худоби [7]. Крім того, ці корми містять ферменти та

невідомі фактори росту, які підвищують опірність худоби до хвороб та стимулюють їх розвиток [8, 9].

У процесі біологічної обробки корму також утворюються корисні метаболіти, такі як органічні кислоти, спирти, вітаміни та мікроелементи, які підвищують поживну цінність корму [10].

Пробіотики є важливим компонентом органічних кормів, які допомагають підтримувати природний баланс мікроорганізмів у кишковому, що сприяє покращенню здоров'я худоби. Наприклад, *Saccharomyces cerevisiae boulardii* (SCB) сприяє зменшенню діареї та покращенню росту свиней і бройлерів [12, 13]. Однак результати досліджень SCB щодо здоров'я молодих телят були неоднозначними [14]. Проте деякі дослідження вказують на можливий противірусний ефект SCB, що може покращити продуктивність худоби.

Біологічні корми мають значний потенціал для подальшого розвитку в контексті екологічно стійкого тваринництва. Важливим напрямом є розвиток нових методів ферментації нетрадиційної сировини для отримання високоякісних кормів з меншою вартістю [3].

Закордонні вчені активно досліджують і розробляють біологічні кормові добавки з метою підвищення ефективності використання корму, поліпшення здоров'я худоби та підвищення продуктивності. Одним із таких напрямків є розробка мікробних кормових добавок, ферментних препаратів та олігосахаридів, що покращують травлення і засвоюваність корму худобою [15].

Органічні корми сприяють поліпшенню смакових властивостей, зменшенню антипоживних факторів, оптимізації використання поживних речовин, а також підвищують ефективність використання сільськогосподарських побічних продуктів. Крім того, такі корми знижують залежність від антибіотиків та фармацевтичних добавок, що є важливим кроком для покращення продуктивності тваринництва.

Після ферментації корму кількість корисних мікроорганізмів значно збільшується, що позитивно впливає на мікрофлору кишечника худоби. Наприклад, молочнокислі бактерії знижують рівень рН у кишковому, виробляючи молочну та оцтову кислоти, що стимулює ріст ворсинок та покращує всмоктування поживних речовин. Це також допомагає обмежити розмноження патогенних бактерій.

Дослідження показують, що пробіотики й інші метаболічно активні речовини у ферментованих кормах можуть стимулювати розвиток імунних органів, активувати клітинний і гуморальний імунітет, підвищувати рівень імуноглобулінів у крові худоби і зміцнювати загальну стійкість до захворювань [16, 17]. Закордонні

дослідження підтверджують ефективність пробіотиків як імунomodляторів, що покращують імунну функцію.

Ферментація кормів дозволяє отримати ненасичені жирні кислоти та ароматичні сполуки, які покращують смакові якості корму, що підвищує споживання корму худобою. Крім того, ферментовані корми виробляють різноманітні ферменти, вітаміни, амінокислоти та фактори росту, що сприяють оптимальному розвитку худоби. Біоферментований корм також створює мікробний бар'єр у кишковоки, що запобігає абсорбції шкідливих речовин і покращує загальний стан здоров'я худоби.

До ферментованих препаратів належать певні штами мікроорганізмів, які здатні продукувати ферменти для ефективного розщеплення складних органічних речовин у кормах. Вони сприяють перетворенню нерозчинних вуглеводів, білків і жирів у легко засвоювані сполуки, що підвищує доступність поживних речовин. Штами дріжджів, молочнокислих бактерій та бацилів активно використовуються для виробництва таких ферментів, як амілаза, протеаза, целюлаза та інші, що поліпшує метаболізм худоби і сприяє її здоровому росту [18].

Дріжджі є основними мікроорганізмами в кормовиробництві завдяки високій швидкості розмноження та багатому поживному складу. Вони збагачують корми білками, амінокислотами, вітамінами групи В. *Saccharomyces cerevisiae* застосовують у кормах для великої рогатої худоби та птиці, що допомагає покращити засвоєння поживних речовин [18].

Молочнокислі бактерії широко використовуються як пробіотики в кормових добавках. Вони підвищують смакові властивості корму, стимулюють вироблення травних ферментів і покращують мікрофлору кишковоки.

Плісняві гриби є важливими джерелами ферментів, таких як протеаза, целюлаза і амілаза, але також можуть продукувати токсини, що є викликом у контролі якості кормів.

Штами *Bacillus*, зокрема *Bacillus subtilis*, використовуються для підвищення розкладу складних компонентів корму, що допомагає поліпшити здоров'я кишкової флори та підвищити продуктивність худоби.

Ферментні добавки відіграють ключову роль у поліпшенні засвоюваності кормів. Вони дозволяють ефективно розщеплювати складні поживні речовини, такі як білки та вуглеводи, що допомагає поліпшити ріст і продуктивність худоби. Використання комплексів ферментів у раціонах сприяє оптимізації роботи травної системи.

В Україні виробництво органічних кормів з кожним роком набуває все більшого розвитку, що є важливою частиною загального тренду на екологічно чисті продукти. Основна увага приділяється якості сировини, зокрема використанню природних компонентів, таких як екстракти рослин і мікробні ферменти. Вітчизняні органічні кормові добавки, подібно до закордонних, спрямовані на покращення засвоєння корму та здоров'я худоби, але відрізняються дещо простішими формулами, заснованими на доступних локальних ресурсах.

На відміну від закордонних добавок, які активно використовують складні біотехнології, в Україні кормові добавки здебільшого базуються на традиційних ферментаційних технологіях з використанням місцевої сировини. Це дозволяє знижувати вартість і забезпечувати екологічну стійкість виробництва. Особлива увага приділяється використанню мікроорганізмів для поліпшення мікрофлори шлунково-кишкового тракту худоби, що є загальносвітовою практикою в сфері органічного тваринництва.

Проте інноваційні рішення, такі як більш інтенсивне використання пробіотиків, ферментів і біологічно активних речовин, тільки починають впроваджуватися в Україні на рівні з міжнародними стандартами. Водночас розвиток місцевих стандартів органічної сертифікації допомагає стимулювати збільшення якості виробництва і залучення нових технологій у галузь кормовиробництва.

Висновки. Застосування органічного корму у тваринництві сприяє створенню більш здорової харчової системи для людей, знижуючи ризик хімічного та бактеріального забруднення і підвищуючи поживну цінність продуктів. Органічні корми не містять синтетичних добавок, пестицидів чи антибіотиків, що знижує ризик їхнього потрапляння в продукцію тваринництва. Як наслідок, зменшується ймовірність накопичення залишкових речовин у людському організмі, що зменшує ризик розвитку алергій та інших негативних наслідків для здоров'я. Зменшується ризик виникнення антибіотикорезистентних бактерій, що є важливим аспектом у збереженні ефективності антибіотиків для лікування хвороб у людей.

Аналіз іноземного досвіду свідчить про значний прогрес у розробці органічних кормових добавок, які забезпечують не лише якісне годування, а й екологічну безпеку продукції. Класифікація органічних кормів, включаючи ферментовані корми та біологічні добавки, демонструє різноманітність підходів до їх виробництва та застосування.

У контексті України важливим є розвиток нових технологій та стандартів органічного виробництва, що підвищить якість кормів і

загальну продуктивність тваринництва. У той час як закордонні розробки активно використовують складні біотехнології, в Україні зосереджуються на доступних локальних ресурсах та традиційних методах, що дозволяє знизити витрати та підвищити екологічну стійкість виробництва. Подальше впровадження інноваційних рішень у сфері органічних кормів та розвиток місцевих стандартів сертифікації можуть стати ключовими чинниками у покращенні конкурентоспроможності українського тваринництва на міжнародному рівні.

Список джерел інформації / References

1. Chen, Y.; Wang, J.; Feng, D.; Bahl, A. Application of biological feed in livestock and poultry breeding. *Guangdong Feed* 2017, 26, 36–39.
2. Lee, J.-S.; Kacem, N.; Kim, W.-S.; Peng, D.Q.; Kim, Y.-J.; Joung, Y.-G.; Lee, C.; Lee, H.-G. Effect of *Saccharomyces boulardii* Supplementation on Performance and Physiological Traits of Holstein Calves under Heat Stress Conditions *Animals* 2019, 9, 510.
3. China Standardization Commission. T/CSWSL 001–2018 Biological Feed Product Classification; Standards Press of China: Beijing, China, 2018.
4. Практикум з годівлі сільськогосподарських тварин / І.І. Ібатулін, Ю.О. Панасенко, В.К. Кононенко та ін.–К.: Вища освіта, 2003.– 432 с.
Workshop on feeding agricultural animals / I.I. Ibatullin, Yu.O. Panasenko, V.K. Kononenko et al.–K.: Higher education, 2003.– 432 p.
5. Історія розвитку зоотехнії : курс лекцій / Т. В. Підпала. – Миколаїв : МНАУ, 2020. – 69 с.
History of the development of zootechnics: a course of lectures / T. V. Podpala. – Mykolaiv: MNAU, 2020. – 69 p.
6. Chen, Y.; Wang, J.; Feng, D.; Bahl, A. Application of biological feed in livestock and poultry breeding. *Guangdong Feed* 2017, 26, 36–39.
7. Hancox, L.R.; Le Bon, M.; Richards, P.J.; Guillou, D.; Dodd, C.E.R.; Mellits, K.H. Effect of a single dose of *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* on the occurrence of porcine neonatal diarrhoea. *Animal* 2015, 9, 1756–1759.
8. Cheng, W.; Lv, Y. Application and development trend of fermentation engineering in feed industry. *Hubei Anim. Husb. Vet. Med.* 2008, 5, 34–35.
9. Ферментні кормові добавки для продуктивного тваринництва [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [Ферментні кормові добавки для продуктивного тваринництва % \(agrostory.com\)](http://agrostory.com)
Enzymatic feed additives for productive animal husbandry [Electronic resource]. – Access mode: Enzymatic feed additives for productive animal husbandry % (agrostory.com)
10. Новаковська В. Ю., Чорнолата Л. П., Гуцол Н. В. Вплив фракційного складу клітковини на перетравність поживних речовин кормової сировини. *Корми і кормовиробництво*. 2023. № 95. С. 186-198. <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202395-17>
Novakovska V. Yu., Chornolata L. P., Hutsol N. V. The effect of the fractional composition of fiber on the digestibility of nutrients of feed raw materials. *Fodder and*

fodder production. 2023. No. 95. P. 186-198.
<https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytsstvo202395-17>

11. Rajput, I.; Li, L.; Xin, X.; Wu, B.; Juan, Z.; Cui, Z.; Yu, D.; Li, W. Effect of *Saccharomyces boulardii* and *Bacillus subtilis* B10 on intestinal ultrastructure modulation and mucosal immunity development mechanism in broiler chickens. *Poult. Sci.* 2013, 92, 956–965.

12. Живі дріжджі поліпшують засвоєння корму коровами [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://agrotimes.ua/tvarinnitstvo/zhivi-drizhdzhi-polipshuyut-zasvoennya-kormu-korovami/>

Live yeast improves feed assimilation by cows [Electronic resource]. – Access mode: <https://agrotimes.ua/tvarinnitstvo/zhivi-drizhdzhi-polipshuyut-zasvoennya-kormu-korovami/>

11. Alugongo, G.M.; Xiao, J.; Wu, Z.; Li, S.; Wang, Y.; Cao, Z. Review: Utilization of yeast of *Saccharomyces cerevisiae* origin in artificially raised calves. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 2017, 8, 34.

12. Fang, L.; Ge, X.; Tang, J.; Yao, X.; Wu, Y.; Sun, H. Preparation of small peptides by soybean meal co-processing with microbe and protease. *China Feed* 2011, 5, 17–20,27.

13. Wang, J.; Han, Y.; Zhao, J.Z.; Zhou, Z.J.; Fan, H. Consuming fermented distillers' dried grains with solubles (DDGS) feed reveals a shift in the faecal microbiota of growing and fattening pigs using 454 pyrosequencing. *J. Integr. Agric.* 2017, 16, 900–910.

14. Koh, H.-W.; Kim, M.S.; Lee, J.-S.; Kim, H.; Park, S.-J. Changes in the Swine Gut Microbiota in Response to Porcine Epidemic Diarrhea Infection. *Microbes Environ.* 2015, 30, 284–287.

15. Різничук І., Кишлалі О., Мажилівська К., Гурко Є. Основи нормованої органічної годівлі тварин. Аграрний вісник Причорномор'я. 2021. Випуск 101. С. 48-58.

Riznichuk I., Kishlali O., Mazhilovska K., Gurko E. Osnovi normovanoї organichnoї godivli tvarin. *Agrarnij visnik Prichornomor'ya.* 2021. Vipusk 101. S. 48-58.

Гавриш Тетяна Володимирівна, канд. техн. наук, доц., зав. кафедрою технології хлібопродуктів і кондитерських виробів, Державний біотехнологічний університет, gavrishtanya@ukr.net.

Gavrish Tatyana, PhD, Associate Professor, head department of technology of bread products and confectionery products, State Biotechnological University, gavrishtanya@ukr.net.

Боровікова Наталія Олексіївна, ст. викл., кафедра технології хлібопродуктів і кондитерських виробів, Державний біотехнологічний університет, nuklon@ukr.net.

Borovikova Natalia, Art. Lecturer, Department of Bakery and Confectionery Technology, State Biotechnological University, nuklon@ukr.net

Касабова Катерина Рубенівна, канд. техн. наук, доц., кафедра технології хлібопродуктів і кондитерських виробів, Державний біотехнологічний університет, kas_kat@ukr.net

Kasabova Kateryna, PhD, Associate Professor, Department of bakery and confectionery technology, State Biotechnological University, kas_kat@ukr.net

Фоміна Ірина Миколаївна, канд. техн. наук, доц., кафедра технології хлібопродуктів і кондитерських виробів, Державний біотехнологічний університет, anirif@ukr.net

Fomina Iryna, PhD, Associate Professor, Department of bakery and confectionery technology, State Biotechnological University, anirif@ukr.net

DOI 10.5281/zenodo.14671988

УДК 637.52:635.11:637.56:635.62:664.38

БУРЯК, ПОПЕРЕДНЬО ОБРОБЛЕНИЙ ЗАМОРОЖУВАННЯМ-РОЗМОРОЖУВАННЯМ, ЯК ДЖЕРЕЛО НІТРИТІВ В ІТАЛІЙСЬКІЙ САЛЯМІ, ЗБАГАЧЕНІЙ АЛЬТЕРНАТИВНИМИ БІЛКАМИ

Т.М. Головка, М.В. Жеребкін, А.О.Геліх, А.М. Філон, Ю. Пан

Ферментовані сушені ковбаси є стародавнім способом консервування м'яса в Європі. Для покращення дозрівання, органолептичних та мікробіологічних показників до саламі додають нітрити. Свіжий буряк є стійким джерелом нітратів, а нова технологія його сушіння включає попередню обробку заморожуванням-розморожуванням та сонячну енергію, що є кліматично-нейтральним рішенням для харчової промисловості. Однак такий напівфабрикат із буряку не використовується як джерело нітритів у технології Італійської саламі, збагаченої альтернативними білками. Результати досліджень показали ефективність використання буряку як джерела нітритів і покращення органолептики та мікробіології саламі.

Ключові слова: європейська кухня, м'ясні вироби, альтернативний білок, харчовий барвник, нульовий голод, здорова дієта.

BEETROOT PRETREATED BY FREEZE-THAW, AS A SOURCE OF NITRITES IN ITALIAN SALAMI ENRICHED WITH ALTERNATIVE PROTEINS

T. Golovko, M. Zherebkin, A. Helikh, A. Filon, Y. Pang

*Fermented dried sausages are an ancient method of meat preservation in Europe. To enhance maturation and microbiological parameters, nitrites are added to salami. Fresh beet (*Beta vulgaris L. var. conditiva Alef.*) is a stable source of nitrates, containing them up to 1240 mg/kg. Sustainable drying of beet, involving freeze-thaw pretreatment and solar energy, is a climate-neutral solution for the food industry. However, beet pretreated by freeze-thaw is not used as a nitrite source in Italian salami with alternative proteins. Dried snails (*Lissachatina fulica*) and*

pumpkin seed protein isolate (*Cucurbita pepo* var. *styriaca*) were used to enrich salami. Both alternative proteins were added to recipes in equal amounts of 5%. Regular dried beet is commonly used as a colorant, but its nitrite-replacing properties are overlooked. Five salami samples enriched with alternative proteins were prepared: Control 1 (without nitrite/nitrate), Control 2 (125 mg/kg sodium nitrite and 125 mg/kg sodium nitrate), A1 (1% beet powder), A2 (1.5% beet powder), and A3 (2% beet powder). The best sample was A2, containing 1.5% beet powder and 5% dried snails and pumpkin seed protein. In A2, moisture content in raw salami was 64.7%, in fermented salami 34.5%, and the yield was 69.8%. Control 2 showed higher values (67.3%, 38.7%, 71.4%), but lower than Control 1. The highest organoleptic scores were in Control 2 (9.15) and A2 (9.2). The best taste (9.2) and aroma (9.6) were found in Control 2, while A2 had the best color (9.3) and texture (9.4). After 40 days of fermentation, aerobic mesophilic bacteria counted 9.7 log CFU/g across experimental samples, higher than Controls 1 and 2. Lactic acid bacteria were highest in A2 at 10.4 log CFU/g. Coliforms were below 3 MPN/g in all samples. After 60 days of storage, starter culture counts decreased by 10-15%, while coliforms remained below 3 MPN/g. Italian salami enriched with alternative proteins can be consumed in households, restaurants, and festivals. Future research should explore new beet varieties, analyze color parameters, and use beet powder in other meat recipes.

Keywords: European cuisine, meat products, alternative protein, food coloring, zero hunger, healthy diet.

Постановка проблеми в загальному вигляді. За даними Глобальних проблем населення ООН зараз на Землі проживає понад 8 мільярдів людей, очікується, що цей показник зросте більш ніж на 2 мільярди в найближчі 30 років. Це створює додатковий тиск на природні ресурси через забезпечення зростаючих потреб у їжі. Згідно програми ООН з довкілля, очікується, що глобальний попит на харчові продукти зросте майже на 60% до 2050 року. Вирішення питання збільшення споживання харчових ресурсів, має першочергову роль у забезпеченні нульового голоду на планеті, згідно 2 цілі стійкого розвитку [1]. Цікаво, що лише 16% населення світу є вегетаріанцями. Існує припущення, що кількість вегетаріанців може зрости в майбутньому, але все ж таки значна частина населення потребує продуктів тваринного походження, особливо в країнах, що розвиваються [2].

Високий вміст жиру, натрію та деяких добавок у м'ясних продуктах є важливою проблемою для здорового харчування [3]. Нітрит натрію є добавкою, яка виконує багато функцій у м'ясних продуктах, таких як пригнічення мікроорганізмів завдяки антиоксидантним властивостям, стабілізація кольору та смаку, але викликає багато критики серед науковців [4–8]. Проте використання нітриту натрію викликає суперечки в науковому співтоваристві та в органах охорони здоров'я головним чином тому, що немає чітких доказів зв'язку між споживанням нітритів і утворенням нітрозамінів [9, 10]. У зв'язку з цим

контроль початкового вмісту нітритів і їх залишків у м'ясних продуктах є важливим, а в харчовій промисловості використання нітритів суворо регламентовано, однак його зменшення або заміна все ще є проблемою [11]. Деякі дослідження оцінювали потенційні природні заміники нітриту натрію для створення рецептур здорових м'ясних продуктів, зберігаючи сенсорні властивості та мікробіологічну безпеку [12–15].

Тому важливо проводити дослідження використання нових джерел нітритів у ферментованих харчових продуктах для покращення їх якісних та мікробіологічних характеристик. У майбутньому це може створити умови для повної заміни штучного нітриту натрію.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Інноваційні дослідження оптимізації рецептур м'ясних виробів направлені на часткову або повну заміну м'яса на альтернативний білок. Для підвищення ефективності таких технологій всебічно досліджуються функціональні властивості ізоляту білка насіння гарбуза [16]. Метод рН-коригуючої обробки є ключовим для покращення функціональних властивостей ізоляту білка насіння гарбуза, оскільки він не лише підвищує формування і стабільність гелю, але й оптимізує розчинність білка та емульгуючі властивості. Це розширює застосування цього рослинного білка у харчових рецептурах та сприяє розвитку здоровіших і стійкіших альтернатив тваринним білкам [17]. Оптимізація ультразвукової алкаліїної екстракції білка з гарбузового шроту є важливим підходом, оскільки вона дозволяє підвищити вихід білка та його функціональні властивості, такі як розчинність і емульгуюча здатність. Це сприяє ефективному використанню рослинних білків у харчовій промисловості та розробці інноваційних продуктів на основі рослинних інгредієнтів [18].

Стійка стратегія заміни нітриту натрію полягає в поєднанні багатих на нітрати овочів із заквасками, які перетворюють нітрати на нітрити [19]. Пошук нової сировини притаманної певному регіону країни, для зменшення собівартості та покращення здоров'я населення є поширеною темою для досліджень [20]. Місцева сировина може ефективно вирощуватись фермерами на особистих господарствах які мають власне виробництво енергоресурсів, що покращує стійкість громади [21]. Одним із найбільш використовуваних мікроорганізмів для ферментації ковбасних виробів є *Staphylococcus carnosus*, які покращують смакові властивості в'яленого м'яса [22, 23].

Буряк має високий потенціал, як альтернативне джерело нітритів у ферментованих м'ясних виробках з високим антиоксидантним потенціалом, що має безліч переваг окрім звичайного використання буряка у якості харчового барвника [24, 25]. Є багато досліджень, що

підтверджують високий вміст біоактивних компонентів у буряку [26]. Стійка сушка овочів сонячною енергією та нові методи попередньої обробки буряка, такої як заморожування-розморожування створюють передумови для подальших досліджень [27].

Важливим питанням для виробництва м'ясних виробів є традиції української кухні та їх удосконалення до критеріїв харчової стійкості. У таких дослідженнях активно використовуються альтернативні білки та місцева сировини [28]. Додавання альтернативних білків має не тільки переваги у підвищенні харчової стійкості, але й недоліки, особливо в питаннях забруднення біотоксинами. Це має враховуватись при розробці нових рецептур з їх додаванням [29]. Частиною збереження української кухні також є крафтові технології, що дозволяють малим підприємствам здійснювати інноваційну діяльність у виробництві м'ясних виробів корисних для здоров'я [30].

Багато європейських м'ясних виробів рецептурно схожі на українські аналоги, що відображає спільні кулінарні традиції та культурні взаємозв'язки між народами. Використання місцевої сировини не лише підвищує якість продукції, а й відновлює традиції, пов'язані з конкретними регіонами, що надає виробам унікального культурного змісту. Цей підхід поглиблює розуміння гастрономічної ідентичності, адже кожен продукт стає носієм історії, звичаїв та практик, що сформувалися протягом поколінь.

Дотримання загального плану стійкого розвитку України є важливим елементом, який має інтегруватися у технології та рецептури м'ясних виробів. В рамках соціокультурної антропології, це не лише означає використання екологічно чистих продуктів, але й врахування соціальних аспектів, таких як підтримка місцевих спільнот, збереження традиційних методів виробництва і формування нових гастрономічних практик. Наприклад, у процесі виробництва м'ясних продуктів важливо залучати місцевих фермерів та виробників, що сприяє розвитку регіональної економіки та зміцнює соціальні зв'язки.

Таким чином, адаптація європейських рецептів через призму українських традицій та стійкого розвитку дозволяє не лише зберегти культурну спадщину, але й підвищити конкурентоспроможність на ринку, формуючи унікальну гастрономічну ідентичність, яка поєднує в собі минуле та сучасність.

Мета статті. Дослідження фокусується на ефективності використання порошку буряка, попередньо обробленого заморожуванням-розморожуванням, як натурального джерела нітритів у виробництві італійської сальмі, збагаченої альтернативними білками.

Важливість цього підходу полягає в тому, що буряк є природним джерелом нітратів, які можуть перетворюватися на нітрити, забезпечуючи необхідну консервуючу дію та покращуючи органолептику. Для збагачення саямі планується використовувати сушених равликів і ізолят білка насіння гарбуза, які є стійкими джерелами білка, що також підвищує харчову цінність продукту.

Основною метою дослідження є оцінка впливу буряка та альтернативних білків на процеси дозрівання та зберігання саямі. Для цього планується проведення органолептичних і мікробіологічних аналізів, що дозволять визначити не лише якість та смакові характеристики продукції, але й її безпечність. Це дослідження сприятиме розвитку нових технологій у м'ясній промисловості та допоможе знайти ефективні способи використання рослинних інгредієнтів у традиційних рецептурах. Це дозволить задовольнити сучасні вимоги споживачів щодо здорового харчування.

Виклад основного матеріалу дослідження. Технологічні особливості рецептури Італійської саямі, її збагачення альтернативними білками та адаптація до здорової дієти. Альтернативні білка, а саме порошок равликів (*Lissachatina fulica*) та ізолят білка насіння гарбуза (*Cucurbita pepo var. styriaca*), додавались до рецептури для зменшення вмісту м'яса та покращення мікробіологічних показників. Два види альтернативного білка додавались до рецептури дослідних зразків у однаковій кількості 5 %. Така зміна в рецептурі також зменшувала кліматичний вплив від виробництва саямі, чим підвищувала її харчову стійкість. Отримані зразки свіжого буряка (*Beta vulgaris L. var. conditiva Alef.*), а саме очищеного від шкірочки, містили 1240 мг/кг нітратів, але частина їх була втрачена (22,7 %) після заморожування-розморожування і сушки і склала 7554 мг/кг нітратів на суху речовину. Буряк є стійким джерелом нітратів, оскільки містить їх у великій кількості, що робить його цінним інгредієнтом у багатьох харчових продуктах. Для його обробки було застосовано стійку технологію сушки, яка включає попередню обробку заморожуванням-розморожуванням та використання сонячної енергії, що є кліматично нейтральним рішенням для харчової промисловості. Цей процес не лише зберігає поживні речовини буряка, але й знижує його екологічний слід.

Після сушки буряк подрібнювали в порошок, що дозволяє легко використовувати його в різних рецептурах. Використання такого порошку може сприяти підвищенню харчової цінності продуктів і покращенню їх смакових якостей. Для проведення досліджень було підготовлено 5 зразків Італійської саямі збагаченої альтернативним білком: контроль 1

(без нітриту та нітрату натрію), контроль 2 (125 мг/кг нітриту натрію та 125 мг/кг нітрату натрію), А1 (1 % порошку буряка), А2 (1,5 % порошку буряка), А3 (2 % порошку буряка), що наведені в табл. 1. Було приготовано по 6 зразків саямі з кожної рецептури для проведення досліджень.

Таблиця 1

**Рецептури Італійської саямі, збагаченої альтернативним білком
із різним вмістом порошку буряку, n=6**

Інгредієнти, г/кг	Контрольні зразки		Дослідні зразки		
	Контроль 1	Контроль 2	А1	А2	А3
	без нітриту та нітрату натрію	250 мг/кг нітриту та нітрату натрію	1 % порошку буряку	1,5 % порошку буряку	2 % порошку буряку
Яловичина	888	888	778	773	768
Порошок равликів 5 %	0	0	50	50	50
Ізолят білка насіння гарбуза 5 %	0	0	50	50	50
Свинячий жир	80	80	80	80	80
Фруктоза	10	10	10	10	10
Сіль	20	20	20	20	20
Сушений часник	1	1	1	1	1
Закваска	1	1	1	1	1
Порошок буряку	0	0	10	15	20
Нітрит та нітрат натрію	0	0,25	0	0	0

Зазвичай у традиційному виробництві саямі використовується лише свинина, але допускається також використання яловичини та телятини, особливо для здорової дієти. Ця традиція відображає не лише гастрономічні вподобання, а й культурні та соціальні контексти, що формувалися протягом століть. Саямі, як продукт, є важливою частиною харчової спадщини, яка варіюється залежно від регіону.

Сьогодні існують народні практики приготування саямі з різних видів м'яса, що притаманне певному регіону чи території. Ці варіації підкреслюють локальні гастрономічні традиції та унікальні кулінарні техніки, які передаються з покоління в покоління. Наприклад, у деяких культурах використання дичини або навіть птахів може стати основою для саямі, що відображає місцеві ресурси та традиції ведення господарства. Таким чином, приготування саямі з різних видів м'яса не лише демонструє креативність та адаптивність кулінарних традицій, а й слугує свідченням про культурні обміни та взаємодію між народами.

Це підкреслює важливість збереження кулінарної спадщини в контексті глобалізації, де традиційні рецепти можуть бути адаптовані до сучасних умов, але при цьому зберігати свою автентичність і зв'язок із культурними коренями.

Зважаючи і на так високий вміст свинячого жиру, свинини була повністю замінена на яловичину, щоб збільшити відповідність салами основам здорової дієти. Загалом всі компоненти рецептури у дослідних зразках відповідають вимогам здорової дієти, крім свинячого жиру та сушеного часнику. Можливість їх заміни на більш корисні для здоров'я інгредієнти має бути проаналізована в майбутніх дослідженнях.

У виробництві салами беруть участь чотири основні стадії: підготовка сировини, ферментація, дозрівання і сушіння. Підготовлені інгредієнти, а саме: яловичину, порошок равликів, ізолят білка насіння гарбуза, свинячий жир, закваску, порошок буряка або нітрит та нітрат натрію, перемішували та подрібнювали через м'ясорубку з решіткою 8 мм. У якості закваски використовувались істотні мікроорганізми *Staphylococcus xylosus* та *Pediosoccus pentosaceus* у кількості 1 г/кг фаршу. Потім додавали сіль, для екстракції міофібрилярних білків, фруктозу та сушений часник та перемішували до однорідної консистенції. Отриманим м'ясним фаршем наповнювали натуральні оболонки та перев'язували для отримання салами розміром 80 г. Ферментація отриманих зразків відбувалась в контрольованих лабораторних умовах, що наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Параметри температури та вологості у ферментаційній камері

Час ферментації, діб	Температура, °C	Відносна вологість, %	Швидкість повітря, м/с
1	25	95	0,2
2	23	90	0,3
3	23	90	0,3
4	20	85	0,5
5	20	85	0,5
7	18	80	0,5
8	15	75	0,5
40	15	75	0,5

Швидкість обдуву салами повітрям була на рівні 0,5 м/с, що є стандартним показником для їх виготовлення. Італійську салами упаковували в поліетиленові пакети і зберігали при 4–6 °C. Стандартними термінами зберігання цього виду салами є 60 діб, за умови дотримання рекомендованої температури.

Основні зміни, що відбуваються у саямі під час дозрівання, проявляються у зменшенні рН та вологи, також відзначається значне збільшення кількості закваски, що запобігає псуванню ферментованої ковбаси. Проводячи зважування зразків до і після дозрівання, можна визначити вихід продукту, що здебільшого пов'язаний зі зменшенням вологи у саямі, який наведено на рис. 1.

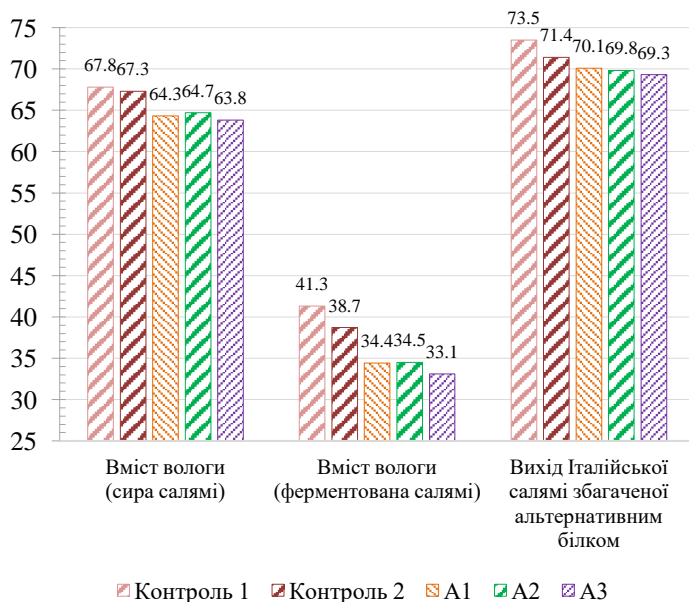


Рис. 1. Вплив зміни вмісту вологи в Італійській саямі, збагаченій альтернативним білком, на її вихід, n=6

Вміст вологи у ферментованій саямі у зразках з альтернативним білком та порошком буряка був дещо нижчий, ніж у контрольних зразків, і склав в середньому 34 %. Це пов'язано з тим, що нові інгредієнти, додані до рецептури, містили мало вологи та абсорбували її під час відновлення. Але вони не змогли утримати вологу у зв'язаному стані і знову втратили її під час сушіння та ферментації. Менший вміст вологи у фінальному продукті створює кращі умови для зберігання. Вихід Італійської саямі, збагаченої альтернативним білком, був дещо нижчий ніж у контрольних зразків і склав в середньому 69,7 %. Навіть незначна кількість додаткових інгредієнтів призвела до зменшення виходу саямі, хоча і незначного.

Органолептична оцінка Італійської саямі, збагаченої альтернативними білками. Десять експертів оцінювали Італійську саямі, збагачену альтернативним білком за методом "Score Card" для оцінки сенсорних параметрів, а саме: колір, консистенція, аромат, смак і загальна прийнятність [31]. Отримані значення від учасників оцінювали за допомогою одностороннього дисперсійного аналізу та виражали як середнє значення, що наведено на рис. 2.

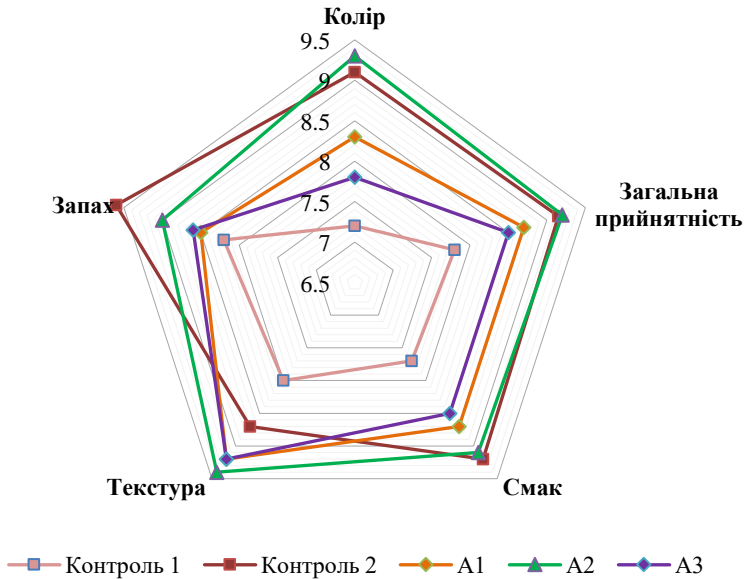


Рис. 2. Органолептична оцінка Італійської саямі, збагаченої альтернативними білками, n=10

Особливе питання під час заміни нітриту та нітрату натрію приділяється органолептичній оцінці, оскільки хімічні інгредієнти покращують смак ферментованих м'ясних виробів. У свою чергу натуральні джерела нітритів можуть зробити смак та колір готового продукту не бажаним, особливо це стосується національних страв.

Найгірші показники органолептики були у контрольного зразка 1, де загальна прийнятність склала всього 7,8. Найкращі результати органолептичної оцінки були у контролю 2 (9,15) та зразку A2 (9,2) з 1,5 % порошку буряка. Найкращий смак (9,2) та запах (9,6) були у

контролю 2. Найкращі колір (9,3) та текстура (9,4) були у зразка А2. Загалом, показники органолептики контролю 2 (125 мг/кг нітриту натрію та 125 мг/кг нітрату натрію) та зразка А2 (1,5 % порошку буряка) були майже однакові.

Це говорить про те, що сушений буряк, попередньо оброблений заморожуванням-розморожуванням повністю відповідає вимогам альтернативного джерела нітритів. Альтернативні білки, що додавались до рецептури покращили органолептику. Про це свідчить вищий показник загальної прийнятності у всіх дослідних зразках порівняно з контролем 1. Незважаючи на те, що саме контроль 1 є найбільш традиційним прикладом виготовлення салямів в давнину, його органолептичні показники необхідно покращувати.

Мікробіологічне дослідження Італійської салямів, збагаченої альтернативними білками, та вплив порошку буряку на кількість бактерій. Мікробіологічні аналізи загальних коліформ і аеробних мезофільних бактерій проводили згідно методів мікробіологічного дослідження продуктів харчування [32]. Молочнокислі бактерії кількісно визначали відповідно до ISO 15214:1998 [33]. Використовували дві частини кожного циклу для шести зразків, а визначення проводили під час обробки (0 і 40 днів). Результати мікробіологічного дослідження, що представлені як середнє значення шести зразків, наведено в табл. 3.

Закваска є сумішшю бактерій *Pediococcus pentosaceus* і смакових бактерій *Staphylococcus xylosum*. Вона відповідає за перетворення цукру в молочну кислоту, покращення органолептичних, мікробіологічних та фізико-хімічних показників салямів. Вміст закваски буде збільшуватися протягом всього процесу дозрівання, оскільки бактерії будуть рости і виробляти молочну кислоту, доки популяція не досягне кількості близько $10 \log \text{CFU/g}$.

Незважаючи на виявлені високі початкові значення загальної кількості коліформ у ферментованих сушених ковбасах, ця кількість зменшилася до норми під час дозрівання. Це відбулося завдяки зниженню рН та розвитку бактерій *Pediococcus pentosaceus* і смакових бактерій *Staphylococcus xylosum*.

Таблиця 3

**Мікробіологічне дослідження Італійської салямі, збагаченої
альтернативними білками під час ферментації, n=6**

Мікробіологічні показники	Італійська салямі, збагачена альтернативними білками									
	Початок сушки та ферментації, сирий продукт					40 днів сушки та ферментації, фінальний продукт				
	Контроль 1	Контроль 2	A1	A2	A3	Контроль 1	Контроль 2	A1	A2	A3
Аеробні мезофільні бактерії, log CFU/g	7,2	7,1	7,4	7,4	7,2	9,5	9,2	9,7	9,7	9,7
Молочнокислі бактерії, log CFU/g	6,1	6,2	6,2	6,3	6,3	9,9	9,8	9,8	10,4	10,3
Всього коліформ, MPN/g	62	95	380	970	1260	57	<3	<3	<3	<3

В Італійській салямі, збагаченій альтернативними білками, після 40 днів ферментації кількість коліформ склала менше 3 MPN/g для всіх зразків ковбас. Додавання порошку буряку забезпечило сталий розвиток закваски, що свідчить про ефективність використання буряку у якості джерела нітритів та покращення якості та мікробіології салямі, що наведено в табл. 3. У контроль 2 кількість закваски є меншою через сильні консервуючі властивості нітриту та нітрату натрію. У свою чергу, у традиційній салямі (контроль 1) ці показники ще нижчі через пригнічення розвитку закваски іншими мікроорганізмами.

Для того, щоб впевнитися у харчовій безпеці Італійської салямі, збагаченої альтернативними білками, під час зберігання було проведено додаткові мікробіологічні дослідження. Використовували дві частини кожного циклу для шести зразків, визначення проводили під час зберігання (30 та 60 днів). Результати цього мікробіологічного дослідження, представлені як середнє значення шести зразків, наведено в табл. 4.

Таблиця 4

**Мікробіологічне дослідження Італійської салямі, збагаченої
альтернативними білками, під час зберігання, n=6**

Мікробіологічні показники	Італійська салямі, збагачена альтернативними білками									
	30 днів зберігання					60 днів зберігання				
	Контроль 1	Контроль 2	A1	A2	A3	Контроль 1	Контроль 2	A1	A2	A3
Аеробні мезофільні бактерії, log CFU/g	8,0	8,3	8,6	8,7	8,7	7,8	8,1	8,5	8,7	8,6
Молочнокислі бактерії, log CFU/g	8,2	8,4	8,4	8,8	9,0	7,5	8,1	8,4	8,9	8,9
Всього коліформ, MPN/g	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3

Аналізуючи отримані дані, наведені в табл. 4, можна дійти висновку, що протягом всього терміну зберігання кількість бактерій знаходилася на одному рівні. Незначні відхилення кількості бактерій не впливали на загальну мікробіологію салямі. Після 60 днів зберігання всіх зразків вміст бактерій закваски зменшився на 10–15 %, а вміст коліформ був менше 3 MPN/g. Це підтверджує ефективність застосування порошку буряка у якості джерела нітритів та сталого забезпечення кількості бактерій *Pediococcus pentosaceus* і смакових бактерій *Staphylococcus xylosus* на необхідному рівні в Італійській салямі, збагаченій альтернативними білками.

Буряк, попередньо оброблений заморожуванням-розморожуванням та підданий сонячній сушці, є новою сировиною для ферментованої Італійської салямі. Порошок буряка ефективний для використання у рецептурах інших м'ясних виробів, і не тільки як джерело нітритів та харчовий барвник, а також як джерело харчових волокон та мінеральних речовин. Високий вміст необробленого цукру у сушеному буряку вплинув на збільшення кількості бактерій закваски у Італійській салямі, збагаченій альтернативними білками, у порівнянні з контрольними зразками.

Подальші дослідження слід спрямувати на пошук нових сортів буряку, що можуть використовуватися у більшій кількості в рецептурі. Також важливим є детальний аналіз хімічного складу буряку, отриманого заморожуванням-розморожуванням та сонячною сушкою. Необхідно дослідити показники кольору, мінеральний склад та використання порошку буряку у інших рецептурах м'ясних виробів. Невирішеним є питання взаємозв'язку альтернативних білків та порошку буряку в салямі під час дозрівання.

Висновки. Буряк (*Beta vulgaris L. var. conditiva Alef.*), отриманий заморожуванням-розморожуванням та сонячною сушкою, є ефективним джерелом нітритів у виробництві Італійської салямі. Додавання альтернативних білків, а саме порошку равликів (*Lissachatina fulica*) та ізоляту білка насіння гарбуза (*Cucurbita pepo var. styriaca*), до рецептури сприяло зменшення вмісту м'яса та покращення мікробіологічних показників. Це зменшило кліматичний вплив від виробництва Італійської салямі та збільшило її харчову стійкість. Додавання порошку буряку та альтернативних білків зменшило вміст вологи та вихід Італійської салямі. Збільшення кількості порошку буряку в рецептурі понад 1,5 % почало погіршувати колір салямі через високий вміст беталаїну, що не відповідав традиційному для італійської кухні. Тому найкращим зразком серед дослідних був А2 з 1,5 % порошку буряку. Дослідні зразки з додаванням порошку буряку показали кращі мікробіологічні показники, ніж контрольні.

Це дослідження відкриває нові можливості для використання натуральних альтернатив нітриту натрію, адже процес отримання порошку буряку є простим та ефективним. При цьому сушений буряк містить високу кількість нітратів, які перетворюються на нітрити під час ферментації.

Салямі, збагачена альтернативними білками, має потенціал для широкого використання в харчуванні, зокрема в домогосподарствах, ресторанах, ярмарках та фестивалях. Однак для більш точного визначення споживчих уподобань та органолептичної якості, необхідно провести додаткові дослідження з залученням більшої кількості експертів, особливо з Італії, де салямі є традиційним та стародавнім продуктом. Також не зрозуміло, чи могли входити натуральні джерела нітритів, відомі науці, до перших документованих рецептур салямі у світі. Відповідь на це питання дозволить більш глибоко зрозуміти культурні та історичні аспекти виробництва цього стародавнього харчового продукту.

Список джерел інформації / References

1. United Nations. *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development* (A/RES/70/1). 2015. URL: <https://documents.un.org/doc/undoc/gen/n15/291/92/pdf/n1529192.pdf>
2. Hargreaves, S. M., Raposo, A., Saraiva, A., & Zandonadi, R. P. Vegetarian diet: An overview through the perspective of quality of life domains. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021, 18(8), Article 4067. <https://doi.org/10.3390/ijerph18084067>
3. Biesalski, H. K. Meat as a component of a healthy diet: Are there any risks or benefits if meat is avoided in the diet *Meat Science*, 2005, 70(3), 509–524. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.07.017>
4. Pegg, R. B., & Honikel, K. O. Principles of curing. In F. Toldrá, Y. H. Hui, I. Astiasarán, J. G. Sebranek, & R. Talon (Eds.), *Handbook of fermented meat and poultry* (pp. 19–30). 2014. <https://doi.org/10.1002/9781118522653.ch4>
5. Honikel, K. O. The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. *Meat Science*, 2008, 78(1), 68–76. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.05.030>
6. Marco, A., Navarro, J. L., & Flores, M. The influence of nitrite and nitrate on microbial, chemical, and sensory parameters of slow dry fermented sausage. *Meat Science*, 2006, 73(4), 660–673. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.03.011>
7. Vidal, V. A. S., Lorenzo, J. M., Munekata, P. E. S., & Pollonio, M. A. R. Challenges to reduce or replace NaCl by chloride salts in meat products made from whole pieces: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2020, 1–13. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1774495>
8. Holck, A., Axelsson, L., McLeod, A., Rode, T. M., & Heir, E. Health and safety considerations of fermented sausages. *Journal of Food Quality*, 2017, Article 9753894. <https://doi.org/10.1155/2017/9753894>
9. De Mey, E., De Maere, H., Paelinck, H., & Fraeye, I. Volatile N-nitrosamines in meat products: Potential precursors, influence of processing, and mitigation strategies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2017, 57(13), 2909–2923. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1078769>
10. EFSA ANS Panel. Re-evaluation of potassium nitrite (E 249) and sodium nitrite (E 250) as food additives. *EFSA Journal*, 2017, 15(6), Article 157. <https://doi.org/10.2903/j.efsa>
11. Hospital, X. F., Carballo, J., Fernández, M., Arnau, J., Gratacós, M., & Hierro, E. Technological implications of reducing nitrate and nitrite levels in dry-fermented sausages: Typical microbiota, residual nitrate and nitrite, and volatile profile. *Food Control*, 2015, 57, 275–281. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.04.024>
12. Bázan-Lugo, E., García-Martínez, I., Alfaro-Rodríguez, R. H., & Totosaus, A. Color compensation in nitrite-reduced meat batters incorporating paprika or tomato paste. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2012, 92(8), 1627–1632. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4748>
13. Deda, M. S., Bloukas, J. G., & Fista, G. A. Effect of tomato paste and nitrite level on processing and quality characteristics of frankfurters. *Meat Science*, 2007, 76, 501–508. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.01.004>

14. Sebranek, J. G., Jackson-Davis, A. L., Myers, K. L., & Lavieri, N. A. Beyond celery and starter culture: Advances in natural/organic curing processes in the United States. *Meat Science*, 2012, 92(3), 267–273. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.03.002>
15. Shin, D.-M., Hwang, K.-E., Lee, C.-W., Kim, T.-K., Park, Y.-S., & Han, S. G. Effect of Swiss chard (*Beta vulgaris* var. *cicla*) as nitrite replacement on color stability and shelf-life of cooked pork patties during refrigerated storage. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 2017, 37(3), 418–428. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2017.37.3.418>
16. Gao, D., Helikh, A., Duan, Z., & Xie, Q. Thermal, structural, and emulsifying properties of pumpkin seed protein isolate subjected to pH-shifting treatment. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 2023, 17(3), 2301–2312. <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01776-6>
17. Gao, D., Helikh, A., Filon, A., Duan, Z., & Vasylenko, O. Effect of pH-shifting treatment on the gel properties of pumpkin seed protein isolate. *Journal of Chemistry and Technologies*, 2022, 30(2), 198–204. <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v30i2.241145>
18. Helikh, A., Gao, D., & Duan, Z. Optimization of ultrasound-assisted alkaline extraction of pumpkin seed meal protein isolate by response surface methodology. *Scientific Notes of Taurida National V.I. Vernadsky University, Series «Technical Sciences»*, 2020, 31(3), 44–48. <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.3-2/08>
19. Sebranek, J. G., & Bacus, J. N. Cured meat products without direct addition of nitrate or nitrite: What are the issues *Meat Science*, 2007, 77(1), 136–147. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.03.025>
20. Golovko, N., Golovko, T., & Gelikh, A. Investigation of amino acid structure of proteins of freshwater bivalve mussels from the genus *Anodonta* of northern Ukraine. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2015, 5(11), 10–16. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.51072>
21. Vasilenko, O., Gelikh, A., & Filon, A. Development of personal farm: Independent sources of electricity. *Scientific Bulletin of the Tavria State Agrotechnological University*, 2019, 9(1), 48. <https://doi.org/10.31388/2220-8674-2019-1-48>
22. Gøtterup, J., Olsen, K., Knöchel, S., Tjener, K., Stahnke, L. H., & Møller, J. K. S. Relationship between nitrate/nitrite reductase activities in meat-associated staphylococci and nitrosylmyoglobin formation in a cured meat model system. *International Journal of Food Microbiology*, 2007, 120(3), 303–310. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.08.034>
23. Löfblom, J., Rosenstein, R., Nguyen, M.-T., Ståhl, S., & Götz, F. *Staphylococcus carnosus*: From starter culture to protein engineering platform. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2017, 101(23-24), 8293–8307. <https://doi.org/10.1007/s00253-017-8528-6>
24. Jin, S.-K., Choi, J. S., Yang, H.-S., Park, T.-S., & Yim, D.-G. Natural curing agents as nitrite alternatives and their effects on the physicochemical, microbiological properties, and sensory evaluation of sausages during storage. *Meat Science*, 2018, 146, 34–40. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.07.032>

25. Bahadoran, Z., Mirmiran, P., Jeddi, S., Azizi, F., Ghasemi, A., & Hadaegh, F. Nitrate and nitrite content of vegetables, fruits, grains, legumes, dairy products, meats, and processed meats. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2016, 51, 93–105. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.06.006>

26. Chhikara, N., Kushwaha, K., Sharma, P., Gat, Y., & Panghal, A. Bioactive compounds of beetroot and utilization in the food processing industry: A critical review. *Food Chemistry*, 2019, 272, 192–200. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.022>

27. Liu, Y., Helikh, A. O., Filon, A. M., Tang, X.-X., Duan, Z.-H., & Ren, A.-Q. Beetroot (*Beta vulgaris* L. var. *conditiva* Alef.) pretreated by freeze-thaw: Influence of drying methods on the quality characteristics. *CYTA-Journal of Food*, 2024, 22(1), 1–12. <https://doi.org/10.1080/19476337.2023.2295421>

28. Liu, Y., Helikh, A., Filon, A., & Duan, Z. Sausage technology for food sustainability: Recipe, color, nutrition, structure. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2023, 4(11), 47–58. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.286323>

29. Milana, M., van Asselt, E. D., & van der Fels-Klerx, H. J. The chemical and microbiological safety of emerging alternative protein sources and derived analogues: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2024, 23(4), Article e13377. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13377>

30. Helikh, A., Samilyk, M., Prymenko, V., & Vasylenko, O. Modeling of craft technology of boiled sausage "Firm Plus." *Restaurant and Hotel Consulting. Innovations*, 2020, 3(2), 237–251. <https://doi.org/10.31866/2616-7468.3.2.2020.219708>

31. Amerine, M. A., Pangborn, R. M., & Roessler, E. B. Principles of sensory evaluation of food. New York, NY: Academic Press, 2013.

32. Salfinger, Y., & Tortorello, M. L. (Eds.). Compendium of methods for the microbiological examinations of foods. 5th ed. Washington, DC: American Public Health Association, 2015. <https://doi.org/10.2105/MBEF.0222>

33. International Organization for Standardization. ISO 15214:1998. Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the enumeration of mesophilic lactic acid bacteria – Colony-count technique at 30 degrees C. URL: <https://www.iso.org/standard/26853.html>

Головка Тетяна Миколаївна, д-р техн. наук, проф., професор кафедри технології м'яса, Державний біотехнологічний університет, golovko.tatyana.10@gmail.com.

Golovko Tatyana, Doctor of Technical Science, Professor, Professor in the Department of Meat Technology, State Biotechnological University, golovko.tatyana.10@gmail.com.

Жеребкін Максим Васильович, канд. техн. наук, ст. викладач кафедри технології м'яса, Державний біотехнологічний університет, zherebkin.maxim@gmail.com.

Zherebkin Maxim, PhD, Senior Lecturer in the Department of Meat Technology, State Biotechnological University, zherebkin.maxim@gmail.com.

Геліх Анна Олександрівна, канд. техн. наук, доц., доцент кафедри технологій та безпечності харчових продуктів, Сумський національний аграрний університет, gelihsuny@gmail.com.

Helikh Anna, PhD, Associate Professor, Department of Technology and Food Safety, Sumy National Agrarian University, gelihsuny@gmail.com.

Філон Андрій Михайлович, асп., Сумський національний аграрний університет; магістр, Державний біотехнологічний університет, filongelih@gmail.com.

Filon Andrii, Postgraduate Student, Sumy National Agrarian University; Master of science, State Biotechnological University, filongelih@gmail.com.

Пан Юнфень, асп., Сумський національний аграрний університет, 876517553@qq.com.

Pang Yongfeng, Postgraduate Student, Sumy National Agrarian University, 876517553@qq.com.

DOI 10.5281/zenodo.14672191

УДК 664.641.12.016.8:664.664.5

АНАЛІЗ ХЛІБОПЕКАРСЬКОЇ ЯКОСТІ ЖИТНЬОГО БОРОШНА

В.П. Ковальова, М.О. Ковальов, В.Г. Макаренко

Представлено результати дослідження якості українського жита, встановлено відповідність показників якості вимогам державного стандарту. Проаналізовано якість житнього борошна сортового, оцінено стан білково-протеїназного і вуглеводно-амілазного комплексів за допомогою інноваційного обладнання. Рекомендовано для використання в хлібопекарській промисловості житнє сортове борошно зі значеннями водопоглинальної здатності вище 64 % зі значеннями стабільності тіста 2,5–4,0 хв (за приладом Mixolab).

Ключові слова: житнє борошно, реологічні властивості, білково-протеїназний комплекс, вуглеводно-амілазний комплекс.

ANALYSIS OF BAKING QUALITY OF RYE FLOUR

V. Kovalova, M. Kovalov, V. Makarenko

In recent years, the quality of cereal flour, as well as rye flour, has changed due to a decrease in biologically valuable components. This can be attributed to climatic conditions, modern technologies of grain cultivation and processing.

The baking properties of flour depend on the state of carbohydrate-amylase and protein-proteinase complexes. Rye flour proteins, unlike wheat proteins, do not form a gluten network. For a long time, it was believed that they were not capable of forming gluten. However, it can be extracted in weak solutions of salts or organic acids. The yield of raw gluten is 5-10%. The role of the protein-proteinase complex

in forming the structural and mechanical properties of dough is reduced to the formation of a viscous colloidal solution in it, which gives the dough plasticity.

The carbohydrate-amylose complex of rye flour also has its own characteristics. Rye flour has a high content of the natural sugars. Starch polysaccharides amylose and amylopectin are more easily hydrolytically split by the amylolytic enzymes.

The purpose of the article is to evaluate the quality of rye grown in Ukraine and to investigate the baking value of rye flour presented on the market for the further development of technological solutions for expanding the assortment of rye flour.

Rye quality assessment of the 2022-2023 harvest has shown that all samples meet the requirements of DSTU 4522:2006 Rye. Technical specifications.

Research on the baking quality of rye flour indicates different values of protein (5.8-6.9%), ash content (1.1-1.27%), falling number (186-230 s), damaged starch (14.6-18,3 UCD), water absorption capacity (63.0-65.4%). Such discrepancies in the values of the indicators of different producers of rye flour indicate a great difference in the quality of raw materials used in processing, a difference in the construction of the technological process and the operating modes of basic technological operations.

In connection with the above-mentioned, it is promising to continue researching the quality of rye flour from factories of different productivity, as well as to evaluate the quality of flour of individual streams for the possibility of establishing a stable quality of rye flour or selecting flour with special properties.

Keywords: *rye flour, rheological properties, protein-proteinase complex, carbohydrate-amylose complex.*

Постановка проблеми в загальному вигляді. Жито є другим за значенням злаком після пшениці, який використовується для приготування хліба. На європейські країни припадає близько 90 % світового виробництва жита [1]. Основними країнами-виробниками цієї культури є Польща, Німеччина, Фінляндія, Україна, Данія [2, 3]. Ця культура характеризується мінімальною потребою в поживних речовинах і є більш врожайною, порівняно з іншими зерновими, при вирощуванні на погано підготовлених землях із малородючим і піщаним ґрунтом [4].

Основними складовими зерна жита є крохмаль (57,1–65,6 %), харчові волокна (14,7–20,9 %), білок (9,0–15,4 %) і золи (1,8–2,2 %) [5]. Переважаючими білками в зерні жита є альбуміни і проламіни (34 % і 19 % відповідно), за якими йдуть глобуліни (11 %) і глютеніни (9 %). Близько 21 % білка жита не виділяється [6]. Хімічний склад жита в основному визначається генетичними факторами, якістю ґрунту та кліматичними умовами вирощування [7]. Зерно жита займає особливе місце в зерновому виробництві. Продукти із жита складають 35 % у харчуванні людей усього світу, в Україні – лише 7 %.

Житнє борошно містить відносно меншу кількість крохмалю та білків, але більший вміст клітковини, ніж пшеничне [8]. Білки жита багаті лізином, але не можуть утворювати клейковинний каркас, як білки пшениці [9]. Жито також є багатим джерелом арабіноксиланів (АХ), β -глюканів і стійкого крохмалю [10].

Жито – важливе джерело легкозасвоюваних вуглеводів, вітамінів групи В, РР, Е, токоферолів, харчових волокон, β -глюканів, білків, збалансованих за амінокислотним складом. Усі види житнього хліба містять більше клітковини в порівнянні з іншими хлібними виробами [11].

За минулі роки якість борошна зернових культур, також і житнього, змінилась за рахунок зниження біологічно цінних компонентів. Це пояснюється кліматичними умовами, сучасними технологіями вирощування та переробкою зерна [12].

Саме тому постає необхідність у розширенні асортименту житнього борошна з підвищеною харчовою цінністю за рахунок ефективного використання периферійних частин зернівки, в яких зосереджено біологічно активні речовини. Це дозволить підвищити загальний вихід борошна і більш ефективно використовувати природні ресурси зерна жита. Тому слід оцінити якість жита і житнього борошна та розробити план для розширення асортименту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сортове житнє борошно, найчастіше, виробляється на борошномельних заводах з використанням вальцевих верстатів [13]. Виробництво житнього борошна характеризується менш розгалуженим технологічним процесом, відповідно і асортимент менший, однак є можливість відбору борошна з окремих індивідуальних потоків. Кожен потік характеризується різними технологічними властивостями, що дає змогу виробляти борошно із заданими показниками якості [14].

Важливим етапом перед процесом здрібнення є проведення водно-теплової обробки для зміцнення оболонки та полегшення вилучення ендосперму [7]. Крохмальні гранули житнього борошна більш сприйнятливі до механічних пошкоджень в процесі помелу, порівняно з крохмальними гранулами пшеничного борошна [5]. Ступінь і кількість пошкодження гранул крохмалю суттєво впливає на процес бродіння та визначає властивості м'якушки житнього хліба [7].

Коефіцієнт вилучення борошна також визначає його хімічний склад. Зі збільшенням виходу борошна вміст крохмалю зменшується, але збільшується вміст золи, протеїну та β -глюкану. Ці відмінності в складі борошна можна пояснити наявністю оболонкових продуктів [14].

Науковцями доведено, що на хімічний склад і технологічні властивості житнього борошна суттєво впливають:

- побудова схеми технологічного процесу;
- умови помелу та методи просіювання борошна [15–17].

Мета статті – оцінити якість жита, що вирощується в Україні та дослідити хлібопекарську цінність житнього борошна, представленого на ринку, для подальшої розробки технологічних рішень з розширення асортименту житнього борошна.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати якість жита врожаю 2022–2023 років;
- оцінити хлібопекарську якість житнього борошна;
- розробити рекомендації щодо розширення асортименту житнього борошна.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для проведення дослідження використовували зразки зерна жита, вирощені на півдні України у 2022–2023 рр., та три зразки житнього борошна різних виробників, представлених на ринку України. Оцінку якості зерна жита було проведено відповідно до вимог ДСТУ 4522:2006 «Жито. Технічні умови».

Житнє борошно оцінювали згідно вимог ДСТУ 8791:2018 «Борошно житнє хлібопекарське. Технічні умови» та додатково оцінювали стан вуглеводно-амілазного та білково-протеїназного комплексів на інноваційному приладі Mixolab [18].

Прилад Mixolab має декілька програмованих режимів виконання аналізу якості борошна, однак найбільш поширеним і прийнятним варіантом програми є протокол Chopin+, який спеціально розроблений для використання в борошномельній і хлібопекарській промисловості.

Аналіз дозволяє здійснити комплексну оцінку показників якості борошна, які залежать як від стану білково-протеїнажного, так і від вуглеводно-амілазного комплексу борошна. Інтерпретацію даних проводили за оцінкою п'яти фаз аналізу: фаза С1 – показує формування тіста, стабільність тіста та розрідження тіста при замісі; фаза С2 – вказує на стійкість клейковини при зміні температури (підвищення температури від 30 °С до 60 °С); фаза С3 – демонструє стан крохмалю, а саме його якість в процесі желатинізації при температурі від 60 °С до 80 °С; фаза С4 – надає інформацію про стан амілазного комплексу, його активність та стабільність при високій і стабільній температурі, близько 90 °С; фаза С5 – характеризує процес деградації крохмалю в процесі охолодження тіста при температурі близько 50 °С [19, 20].

Для оцінки технологічних властивостей зерна велике значення мають його фізичні властивості. Адже показники натурі, маси

1000 зерен впливають на ведення технологічного процесу переробки зерна в борошно, вихід і якість готової продукції. У табл. 1 наведено дані результатів дослідження технологічних властивостей зерна жита.

Таблиця 1

Технологічні властивості зерна жита
($p \leq 0,05$, $n=4$, $\sigma=3,2-4,8\%$)

Показник	Зерно жита
Колір	Притаманний нормальному зерну
Запах/смак	Притаманний нормальному зерну, без сторонніх запахів / присмаків, не затхлий / не гіркий
Зернова домішка, %	2,6–3,2
Вологість, %	12,9–13,2
Натура, г/л	710–60
Маса 1000 зерен, г	32–36
Число падіння, с	140–181

Установлено, що зернова домішка коливається в межах від 2,6 % до 3,2 %, вологість коливається в межах від 12,9 % до 13,2 % і відповідає вимогам стандарту (до 14,5 %), однак найбільші розбіжності зафіксовані в показниках натури – від 710 г/л до 760 г/л та в значеннях числа падіння 140–181 с, що свідчить про різну амілолітичну активність в залежності від регіону вирощування жита.

Аналіз хлібопекарської якості проводився в зразках сортового житнього борошна різних виробників, представлених в торговельних мережах м. Одеси:

Зразок 1 – ТМ «Хуторок».

Зразок 2 – «ЕуроМІІ».

Зразок 3 – «Сто Пудов».

За результатами отриманих даних установлено, що якість обдирного борошна відповідає вимогам ДСТУ 8791:2018 «Борошно житнє хлібопекарське. Технічні умови» (табл. 2). Єдиним показником оцінки хлібопекарських властивостей житнього борошна на вітчизняних підприємствах є показник числа падіння (ЧП), який оцінює автолітичну активність борошна за швидкістю зміни в'язкості водно-борошняної суспензії при прогріванні її на киплячій бані протягом 60 с.

Таблиця 2

Показники якості житнього борошна обдирного
($p \leq 0,05$, $n=3$, $\sigma=2,8-4,2\%$)

Зразок	Вологість , %	Білок, %	Зольність , %	ЧП, с	ПК, UCD	ВПЗ, %
Норма	$\leq 15,0$	–	$\leq 1,45$	≥ 140	–	–
Зразок 1	12,9	6,9	1,18	186	14,6	63,0
Зразок 2	11,9	5,8	1,10	230	15,5	63,0
Зразок 3	13,1	6,9	1,27	192	18,3	65,4

Примітки: ЧП, с – число падіння; ПК, UCD – пошкоджений крохмаль; ВПЗ, % – водопоглинальна здатність.

Оптимальне значення ЧП для житнього борошна має бути в діапазоні від 150 с до 200 с, що свідчить про меншу в'язкість житнього тіста порівняно з пшеничним, у якого оптимальне значення ЧП борошна порядку 270–330 с. В досліджуваних зразках ЧП коливається в межах 186–230 с.

Борошно з високою активністю амілолітичних ферментів (меншим значенням ЧП) характеризується підвищенням липкості тіста, що перешкоджає утворенню великого об'єму хліба і порушує його формостійкість. Борошно ж із високим ЧП дає низький об'єм хліба, тривалий час бродіння, незважаючи на те, що цукрів в ньому може бути достатньо, але недостатньо ферментної активності, щоб з крохмалю отримати доступні для мікроорганізмів цукри. Для дослідження кількості пошкодженого крохмалю, був використаний прилад SD-matic, принцип дії якого побудований на амперметричному методі вимірювання. Значення пошкодження крохмалю: зразок 1 – 14,6 UCD; зразок 2 – 15,5 UCD; зразок 3 – 18,3 UCD. Такі різні значення можуть суттєво вплинути на стабільність технологічного процесу приготування хліба.

Значення водопоглинальної здатності (ВПЗ), отримані за показниками приладу Micholab: 1 – 63,0 %; зразок 2 – 63,0 %; зразок 3 – 65,4 %. Найвищі значення ВПЗ у зразку 3 обумовлена вищим вмістом оболонкових продуктів, що підтверджено найвищою зольністю 1,27 % та найбільшим значенням ПК. Реологічні криві зразків борошна за приладом Micholab наведені на рис. 1–3.

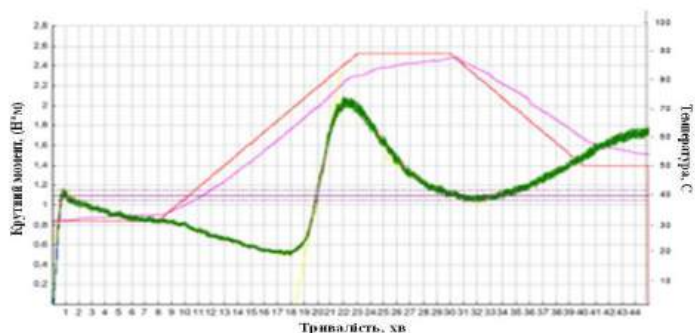


Рис. 1. Реологічна крива оцінки хлібопекарської якості зразка 1

Аналіз реологічних кривих показав, що перший і другий зразок, мають однакові значення ВПЗ (63 %), однак різні значення тривалості утворення тіста і його стабільності. У першому зразку низька тривалість утворення тіста (0,25 хв), проте висока стабільність (2,4 хв), що може вказувати на високий вміст гліадіну. Про стан крохмалю свідчить різниця фаз С4–С3 (1,25 Н*м). Такі значення в даній фазі вказують на недостатнє пошкодження крохмальних зерен, що призводить до погіршення фізичних властивостей тіста та органолептичних показників хліба.

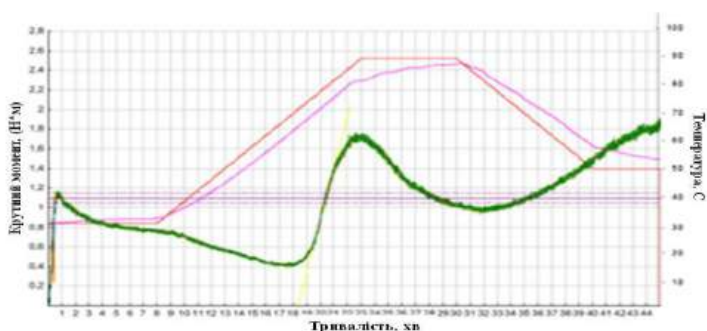


Рис. 2. Реологічна крива оцінки хлібопекарської якості зразка 2

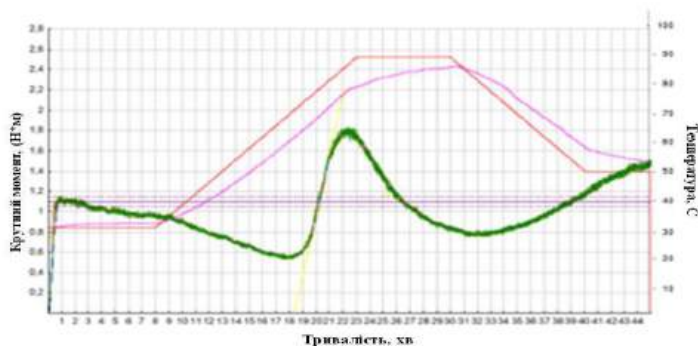


Рис. 3. Реологічна крива оцінки хлібопекарської якості зразка 3

Реологічна крива третього зразка має суттєві відмінності в порівнянні з кривими першого і другого зразків. ВПЗ третього зразка значно вища (65,4 %), більша тривалість утворення тіста (0,9 хв) і висока стабільність (3,5 хв), що описує стан білково-протеїназного комплексу.

Білки житнього борошна мають підвищену гідратаційну здатність й інтенсивно набухають. Їх більша частина набухає необмежено, пептизується і переходить у в'язкий колоїдний розчин. Значну роль у пептизації житніх білків відіграють ферменти протеїнази (оптимум дії – рН 4,0–5,5), тобто у межах кислотності житнього тіста. Внаслідок їх дії поглиблюється процес гідратації білків і перехід продуктів їх гідролізу у водний розчин.

При оцінці вулеводно-амілазного комплексу житнього борошна за реологічною кривою приладу Міксолаб встановлено, що різниця фаз С4–С3, де відбувається зменшення в'язкості тіста, дорівнює 1,2 Н*м, що свідчить про меншу амілолітичну активність, ніж в попередніх зразках. Значення фази С5, в якій відбувається повторне збільшення в'язкості і дозволяє спрогнозувати швидкість черствіння хліба, дорівнює 1,5 Н*м. Такі значення дозволяють зробити висновок, що хліб, випечений з даного зразка борошна матиме високі органолептичні властивості і подовжений термін придатності.

Висновки. 1. Встановлено, що якість українського жита є стандартною і відповідає вимогам державного стандарту ДСТУ 45221:2006 «Жито. Технічні умови».

2. За результатами оцінки хлібопекарської якості житнього борошна встановлено:

– якість борошна відповідає вимогам стандарту ДСТУ 8791:2018 «Борошно житнє хлібопекарське. Технічні умови»;

– амілолітична активність у зразках значно відрізняється, що підтверджується значеннями ЧП від 186 с до 230 с;

– відхилення у значеннях пошкодженого крохмалю 14,6...18,3UCD пов'язане з погодно-кліматичними умовами вирощування жита та різною побудовою технологічного процесу його переробки;

– водопоглинальна здатність коливається в межах 63...65,4 % у зв'язку з різним вмістом білка (5,8...6,9 %), зольності (1,1...1,27 %) та пошкодженим крохмалем (14,6...18,3 UCD);

– різниця в тривалості утворення тіста (0,25...0,9 хв) і його стабільності (1,4...3,5 хв) пов'язана з усіма вищезазначеними показниками та впливає на технологічний процес виробництва хліба.

З результатами досліджень можна рекомендувати наступні впровадження в борошномельні заводи для розширення асортименту готової продукції:

– формування однорідних партій жита, що йде в переробку;

– розробка схеми технологічного процесу таким чином, щоб мати можливість відбирати житнє борошно підвищеної якості у невеликій кількості;

– проводити хлібопекарську оцінку якості житнього борошна з використанням інноваційних методів для глибокої оцінки реологічних можливостей тіста.

Перспективним є подальше дослідження якості житнього борошна з заводів різної продуктивності та оцінка якості борошна індивідуальних потоків для можливості налагодження стабільної якості житнього борошна або відбору борошна зі спеціальними властивостями.

Список джерел інформації / References

1. Deleu L.J., Lemmens E., Redant L. The major constituents of rye (*Secale cereale* L.) flour and their role in the production of rye bread, a food product to which a multitude of health aspects are ascribed. *Cereal Chem.* 2020, 97, 739–754.

2. Hübner M., Wilde P., Schmiedchen B., Dopierala P., Gowda M.; Reif J.C., Miedaner T. Hybrid rye performance under natural drought stress in Europe. *Theor. Appl. Genet.* 2013, 126, 475–482.

3. Stepniewska S., Cacak-Pietrzak G., Szafranska A., Ostrowska-Ligeza E., Dziki D. Assessment of the starch-amylolytic complex of rye flours by traditional methods and modern one. *Materials* 2021, 14, 7603.

4. Smolik, M. Discrimination of population of recombinant inbred lines of rye (*Secale cereale* L.) for different responses to nitrogen-potassium stress assessed at the seedling stage under in vitro conditions. *Electron. J. Biotechnol.* 2013, 16, 5.

5. Hansen H.B., Moller B., Andersen S.B., Jorgensen J.R., Hansen Å. Grain characteristics, chemical composition, and functional properties, of rye (*Secale cereale*

L.) as influenced by genotype and harvest Year. *J. Agric. Food Chem.* 2004, 52, 2282–2291.

6. Silventoinen P., Kortekangas A., Ercili-Cura D., Nordlund E. Impact of ultra-fine milling and air classification on biochemical and techno-functional characteristics of wheat and rye bran. *Food Res. Int.* 2021, 139, 109971.

7. Slukova M., Jurkaninova L., Svec I., Skrivan P. Rye – The nutritional and technological evaluation in Czech cereal technology – A review: Grain and flours. *Czech J. Food Sci.* 2021, 39, 3–8.

8. Drakos A., Malindretou K., Mandala I., Evageliou V. Protein isolation from jet milled rye flours differing in particle size. *Food Bioprod. Process.* 2017, 104, 13–18.

9. Koistinen V.M., Nordlund E., Katina K., Mattila I., Poutanen K., Hanhineva K., Aura A.M. Effect of bioprocessing on the in vitro colonic microbial metabolism of phenolic acids from rye bran fortified breads. *J. Agric. Food Chem.* 2017, 65, 1854–1864.

10. Sarossy Z., Tenkanen M., Pitkanen L., Bjerre A.B., Plackett D. Extraction and chemical characterization of rye arabinoxylan and the effect of β -glucan on the mechanical and barrier properties of cast arabinoxylan films. *Food Hydrocoll.* 2013, 30, 206–216.

11. Topchii O. V., Smulskaya I. V., Zhytomyrets O. S., Prysiashniuk L. M., Hryniv, S. M., Mykhailuk, S. M., & Kulyk, T. E. (2024). Yield and grain quality of new varieties of winter rye (*Secale cereale* L.) in different soil and climatic zones of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*, 20(2), 120–126.

12. Ярош А.В., Реліна Л.І. Колекція жита озимого національного центру генетичних ресурсів рослин України як основа для створення селекційно-цінних і стабільних генотипів. *Вісник аграрної науки*. 2022. № 9 (834). С. 62–68.

Yarosh, A., Relina, L. Створене посилення: Kolektsiya zhita ozimoho natsionalnoho tsentru genetichnikh resursiv roslin Ukraini yak osnova dlya stvorenniya selektsiyno-tsinnikh i stabilnykh henotipiv. *Visnik ahrarnoyi nauki*. 2022. № 9 (834). S. 62-68.3.

13. Drakos A., Kyriakakis G., Evageliou V., Protonotariou S., Mandala I., Ritzoulis C. Influence of jet milling and particle size on the composition, physicochemical and mechanical properties of barley and rye flours. *Food Chem.* 2017, 215, 326–332.

14. Gómez M., Pardo J., Oliete B., Caballero P.A. Effect of the milling process on quality characteristics of rye flour. *J. Sci. Food Agric.* 2009, 89, 470–476.

15. Drakos A., Kyriakakis G., Evageliou V., Protonotariou S., Mandala I.; Ritzoulis C. Influence of jet milling and particle size on the composition, physicochemical and mechanical properties of barley and rye flours. *Food Chem.* 2017, 215, 326–332.

16. Ziemichód A., Rózylo R., Dziki D. Impact of whole and ground-by-knife and ball mill flax seeds on the physical and sensorial properties of gluten free-bread. *Processes* 2020, 8, 452.

17. Heiniö R.L., Liukkonen, K.H., Katina K., Myllymäki O., Poutanen K. Milling fractionation of rye produces different sensory profiles of both flour and bread. *LWT-Food Sci. Technol.* 2003, 36, 577–583.

18. Shehzad A. Rôle du pétrissage de farine de blé sur les propriétés rhéologiques de la pâte et la texture du pain. Génie des procédés. Université de Nantes IUT Sciences et Techniques, 2010. 408 p.

19. Технологія та оцінка якості зернових продуктів: монографія / Жигунов Д. О. та ін. Одеса: Олді, 2021. 351 с.

Tekhnolohiya ta otsinka yakosti zernovikh produktiv: monohrafiya / Zhigunov D. O. ta in. Odesa: Oldi, 2021. 351 s.

20. Визначення показників якості індивідуальних потоків борошна із заводу зі скороченою схемою технологічного процесу / Ковальова В. П. та ін. // Технічні науки та технології. 2019. Вип. 1. Т. 15. С. 195–203.

Viznachennya pokaznikiv yakosti individualnikh potokiv boroshna iz zavodu zi skorochenoyu skhemoyu tekhnolohichnoho protsesu / Koval'ova V. P. ta in. // Tekhnichni nauki ta tekhnolohiyi. 2019. vip. 1. T. 15. S. 195–203.

Ковальова Василина Петрівна, канд. техн. наук, ст. викладач кафедри технології зернових продуктів, хліба і кондитерських виробів, Одеський національний технологічний університет, k.vasilisa@ukr.net.

Kovalova Vasylyna, PhD of Technical Science, Senior lecturer, Department of Cereal Products, Bread and Confectionery Technology, Odesa National University of Technology, k.vasilisa@ukr.net.

Ковальов Михайло Олександрович, ст. викладач кафедри технології зернових продуктів, хліба і кондитерських виробів, Одеський національний технологічний університет, mak2111@ukr.net.

Kovalov Mykhailo, PhD of Technical Science, Senior lecturer, Department of Cereal Products, Bread and Confectionery Technology, Odesa National University of Technology, mak2111@ukr.net.

Макаренко Вікторія Григорівна, завідувач лабораторії кафедри технології зернових продуктів, хліба і кондитерських виробів, Одеський національний технологічний університет, vika.makarenko905@gmail.com.

Makarenko Viktoria, head of the laboratory Department of Cereal Products, Bread and Confectionery Technology, Odesa National University of Technology, vika.makarenko905@gmail.com.

DOI 10.5281/zenodo.14672322

УДК 637.5'64:641.53

ТЕХНОЛОГІЯ ПРИГОТУВАННЯ М'ЯСНИХ СТРАВ ЗІ СВИНИНИ СПОСОБОМ «SOUS VIDE» ТА ЇХ СЕНСОРНИЙ АНАЛІЗ

Т.В. Черемська, М.Б. Колеснікова, С.Л. Юрченко, Д.П. Костін

У статті аналітично досліджено та експериментально підтверджено доцільність використання способу «Sous Vide» в технології приготування м'ясних виробів зі свинини. Розроблено технологію приготування. Проведено

сенсорний аналіз кулінарної продукції зі свинини, виготовленої способом «Sous Vide».

Ключові слова: свинина, м'ясні вироби, спосіб «Sous Vide», низькотемпературне оброблення, напівфабрикат, кулінарна продукція.

TECHNOLOGY OF COOKING MEAT DISHES FROM «SOUS VIDE» PORK AND THEIR SENSORY ANALYSIS

T. Cheremskа, M. Kolesnikova, S. Yurchenko, D. Kostin

The research paper analytically investigates and experimentally confirms the expediency of using "Sous Vide" method in the pork products cooking technology. On the base of analytical studies, it has been established that the culinary world is constantly evolving, new trends that challenge traditional methods and tastes of meat cooking appear. As consumers become more knowledgeable and demanding, take care of their health, chefs and food producers are exploring innovative methods and ingredients meet the demand for unique, environmentally friendly and nutritive options.

The paper identifies the main advantages of cooking culinary products with "Sous Vide" method use, namely, improving the taste properties and preserving the rich aroma, reducing the weight loss of products during heat treatment, and significantly increasing the shelf life. The main quality indices of pork main dishes with "Sous Vide" method use, in particular, moisture mass fraction, moisture binding, moisture retention, fat retention ability and finished products output, were experimentally investigated.

On the base of analytical and experimental studies and a number of technological developments, the technology for cooking pork main dishes with low-temperature processing use, namely by using "Sous Vide method", was developed. It is provides increasing of the pork semi-finished products technological properties of and improving organoleptic and physical and chemical characteristics of the finished culinary meat products.

In this research paper, the sensory analysis of culinary products from pork, namely chops and carbonade, produced by "Sous Vide" method, was carried out. It is established that the preparation of pork main dishes using the "Sous Vide" method use is more technologically advanced, efficient and provides finished products with increased nutritional and biological value.

Keywords: pork, meat products, "Sous Vide" method, low-temperature processing, semi-finished products, culinary products.

Постановка проблеми в загальному вигляді. Однією з найважливіших соціально-економічних завдань, що стоять у цей час перед нашим суспільством, є найбільш повне задоволення потреб населення у високоякісних продуктах харчування відповідно до науково обґрунтованих норм споживання. Перед закладами ресторанної індустрії постає завдання розширення

асортименту та підвищення якості продукції, що виробляється. Це повною мірою стосується й виробництва м'ясних продуктів, які займають значну частку в загальному обсязі кулінарної продукції.

Кулінарний світ постійно розвивається, з'являються нові тенденції, що кидають виклик традиційним методам та смакам приготування м'яса. Оскільки споживачі стають все більш обізнаними та вимогливими, піклуються про своє здоров'я, кухарі та виробники харчових продуктів вивчають інноваційні методи та інгредієнти, щоб задовольнити попит на унікальні, екологічно чисті та поживні варіанти.

Технологічні досягнення також відіграють суттєву роль в приготуванні м'яса. Приготування способом «Sous Vide», яке колись було доступне лише елітним ресторонам, тепер доступне домашнім кухарям завдяки доступному обладнанню. Цей метод передбачає вакуумне пакування м'яса та його приготування за низьких температур; результат – ідеально приготовлені та ароматні страви. Крім того, розумні кухонні гаджети та додатки допомагають споживачам готувати м'ясо відповідно до їх уподобань, зменшуючи кількість відходів та покращуючи якість страв.

Сфера приготування м'яса зазнає трансформації, яка викликана технологічними інноваціями, турботою про довкілля та прагненням до нових кулінарних вражень. Майбутнє м'яса, від рослинних альтернатив до вирощеного в лабораторії м'яса, виглядає різноманітнішим і стійкішим. Екзотичні смаки та високотехнологічні методи приготування страв також сприяють створенню багатшого та різноманітнішого гастрономічного світу. Оскільки ці тенденції продовжують розвиватися, споживачі можуть розраховувати на асортимент м'ясних страв, що постійно розширюється, які не тільки смачні, а й відповідають сучасним цінностям і способу життя [1].

Кулінарія подібна до моди, вона ніколи не стоїть на місці. Останні десятиліття спостерігаємо прагнення людей до здорового способу життя і, як наслідок, до правильного харчування. Модні віяння – це далеко не все, сьогодні ключову роль у розвитку гастрономії відіграють нові кулінарні технології, що охоплюють приготування та поєднання продуктів.

Технологія приготування «Sous vide» – це порівняно нова технологія в світі кулінарії. Суть технології «Sous Vide» полягає у використанні спеціальних пакетів «Sous vide» для приготування м'яса, риби, фруктів і овочів. Всі інгредієнти поміщають у вакуумпакет, закривають, занурюють у воду та піддають низькотемпературному обробленню до 72 годин. Цей спосіб дозволяє готувати їжу у власному

соку без додавання жиру. При цьому всі смакові властивості набагато яскравіше, а продукт зберігає м'якість і ніжність [2].

Перевагами приготування «Sous Vide» є:

- покращення смакових властивостей та збереження насиченого аромату;

- зменшення втрат маси продуктів під час теплового оброблення;

- значне збільшення термінів зберігання: від 5 днів і більше.

Таким чином, розроблення технології м'ясних страв зі свинини способом «Sous Vide» є актуальним та своєчасним завданням та потребує подальших досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одним із відносно нових та перспективних видів теплового оброблення продукції є технологія «Sous Vide». Ця технологія ще недостатньо використовується у ресторанній індустрії, тому науковці приділяють достатню увагу вивченню цього питання, проводять аналітичних та експериментальних досліджень в даній області.

Високотемпературне оброблення продуктів дозволяє отримати смачні страви, звільняючи їжу від шкідливого впливу бактерій та інших мікроорганізмів. На жаль, під час нагріву гине не тільки патогенна флора, але руйнуються багато корисних сполук – вітаміни, мінеральні комплекси та ін. виправити ситуацію допоможе використання технології «Sous Vide». Суть методу полягає у застосуванні для приготування значно нижчих температур ніж зазвичай. При цьому продукти обов'язково поміщаються у вакуумне середовище [3].

Фактично, «Sous Vide» – це варіння герметично запакованих продуктів у теплій воді. Зберігається текстура продукту, чому сприяє тривале оброблення у часі, коли температура на поверхні та в товщі шматка м'яса постійна. Тільки за такого способу м'ясо з низькими технологічними властивостями, у тому числі, жилисте м'ясо здатне перетворитися на соковитий ніжний продукт.

Перед обробленням сировину поміщають у вакуумний пакет. Усередину упаковки додають запашні трави та спеції, щоб надати аромат та посилити смак страви.

Потім пакет укладають у воду і нагрівають до температури 50–70 °С. Для приготування тієї чи іншої страви застосовується певний режим нагрівання, тому температура не повинна змінюватися протягом циклу варіння. Ось чому необхідно її контролювати, для чого використовують як звичайні термометри, так і складніші датчики, вбудовані в обладнання «Sous Vide» [4].

Час приготування, зазвичай, складає 30 і більше хвилин. Щоб продукти встигли прогрітися, їх зазвичай розрізають на порційні

шматки. Режими приготування продуктів наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Температурні режими «Sous Vide» та рекомендації для приготування страв зі свинини

М'ясо (свинина)	Ступінь приготування	t, °C	Тривалість приготування, год
<i>М'яка частина</i>	Rare	58	2-4
Вирізка, корейка, шия	Medium	64	1-4
	Well done	85	2-3
<i>Середня жорсткість</i>	Rare	58	2-6
Лопатка, ребра, карбонад, щоки	Medium	62	3-4
	Well done	85	2-3
<i>Жорсткі відруби</i>	Rare	60	8-24
Рулька, голяшка, окіст, п'яточок та хвіст, почеревина	Medium	68	8-24
	Well done	85	6-16

Після закінчення теплового оброблення відбувається подача страви або різке охолодження (з вакуумним пакетом) в крижаній воді з метою подальшого зберігання в холодильній камері. В результаті одержують готові продукти рекордно тривалого терміну зберігання.

У результаті приготування м'яса способом «Sous Vide» готова продукція, зокрема, м'ясо має більш м'яку текстуру і соковитість за рахунок приготування у власному соці.

Спосіб «Sous Vide» є досить технологічним, оскільки дозволяє приготувати продукт відразу у великих обсягах: на пательню поміститься одна відбивна, а в ємність для «Sous Vide» – близько десяти.

Приготування абсолютно автономне. Не потрібно перевертати продукт і слідкувати за ним у процесі приготування, лише один раз завантажити пакет у воду та дістати після завершення режиму [5].

Завдяки методу «Sous Vide» вдається повністю уникнути кінцевих продуктів глікування, які впливають на розвиток атеросклерозу, діабету та інших захворювань. Слід зазначити, що зовнішній вигляд м'яса, отриманого способом «Sous Vide», нагадує відварні страви. Для любителів рум'яної скоринки можна злегка обсмажити м'ясо на пательні або на грилі. Вистачить декілька хвилин, оскільки саме м'ясо після оброблення «Sous Vide» вже готове.

Науковцями [6] в роботі розглянуто вплив оброблення продуктів на основі м'яса птиці (філе курчат-бройлерів, четвертини курчат-бройлерів та м'яса качки) та яловичини за технологією «Sous Vide».

Серед досліджуваних показників обрано вміст вологи, вологозв'язувальну (ВЗЗ) та вологоутримуючу (ВУЗ) здатності, вміст водо- та солерозчинних білків. Усі показники вимірювали після 7 та 14 діб зберігання. Встановлено, що практично за всіма показниками м'ясо, яке приготоване способом «Sous Vide», перевищує контрольні зразки, які отримані за традиційною технологією.

У роботі [7] авторами досліджено вплив різних режимів термічної обробки за технологією Sous Vide продуктів з м'яса птиці (філе та стегна курчат-бройлерів) на основні функціонально-технологічні характеристики готового продукту. Встановлено, що різниця між рівнем показників для стегна та філе курчат-бройлерів знаходилась в межах 5% для усіх характеристик окрім пластичності, яка була значно більшою для готового стегна курчат-бройлерів.

Авторами О.В. Арпуль, О.М. Усатюк, В.В. Удовицьким у роботі доведено доцільність використання способу «Sous Vide» в приготуванні кулінарної продукції [8]. Вченими Ролдан, Мар та ін. проведено низку аналітичних та експериментальних досліджень та побудовано профіль летких сполук баранячих корейок, приготовлених «Sous Vide», за різних комбінацій температури та часу [9]. Встановлено, що спосіб приготування «Sous Vide» є досить шадний і дозволяє готувати продукцію для дієтичного харчування.

Botinestean, Cristina та ін. дослідили вплив термічного оброблення, включаючи «Sous Vide», швидке заморожування та їх поєднання на ніжність яловичини стейків орієнтованих на споживачів похилого віку [10]. Авторами встановлено, що за допомогою способу приготування «Sous Vide» навіть з м'яса з низькими технологічними властивостями можна отримати готову м'ясну продукцію високої якості у тому числі і для споживачів похилого віку.

За результатами аналітичних досліджень можна зробити висновки про те, що оброблення за технологією «Sous Vid» позитивно впливає на усі досліджувані види сировини, включаючи свинину, та може успішно комбінуватись з попередньою кулінарною обробкою.

Мета статті – розробка технології приготування м'ясних страв зі

свинини способом «Sous Vide», що відповідає сучасним вимогам науки про харчування та сенсорний аналіз кулінарної продукції зі свинини, виготовленої способом «Sous Vide».

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити завдання:

– розробити технологічні параметри приготування м'ясних страв зі свинини;

– дослідити основні показники якості кулінарної продукції зі свинини виготовленої способом «Sous Vide»;

– здійснити сенсорний аналіз розробленої кулінарної продукції зі свинини, виготовленої способом «Sous Vide».

Виклад основного матеріалу дослідження. З метою обґрунтування технологічного процесу приготування других страв зі свинини, а саме відбивної зі свинини та карбонаду методом «Sous Vide» нами проведено аналітичні, експериментальні дослідження та технологічні відпрацювання. В ході яких встановлено, що суть технології полягає в тому, що страви готуються при точно визначених температурах. При цьому температура не змінюється.

Для забезпечення точності експериментальних досліджень аналіз показників виконується з 3 кратною повторюваністю. Для дослідження було обрано два варіанти продукту.

Для приготування відбивної зі свинини за технологією «Sous Vide» м'ясо розрізали на шматки по 2–5 см, чим товщий шматок, тим довше воно готуватиметься. Шматок в 5 см може готуватися довше на (2–3)×3600 с, ніж шматок 2,5 см. Далі додавали спеції, смако-ароматичні компоненти та здійснювали вакуумування м'ясних виробів у спеціальну вакуумну упаковку. Вакуумну упаковку поміщали в термостат з постійною температурою від 58 до 85±2 °С. Час приготування складав від (45–60)×60 с (температуру і час обирали відповідно до товщини продукту, вікової і статевої категорії м'яса та способу приготування). Після приготування пакет з продуктом швидко охолоджували до $t = 0 \pm 2$ °С, $\tau = (25–30) \times 60$ с.

Для приготування карбонаду зі свинини нагрівали термостат до 85 °С. Потім змішували цукор та сіль. Підготовлену свинину помістили в пакет, додали суміш цукру та солі (1,5% від загальної ваги м'яса). Закрили пакет за допомогою вакуумного пакувальника, відкачавши повітря. Пакет помістили у термостат Sous Vide та обробляли протягом (85–90)×60 с.

У результаті оброблення в термостаті м'ясопродукти були готові до споживання.

Технологічні схеми приготування відбивної зі свинини та

карбонаду за технологією «Sous Vide» наведено на рис. 1, 2.

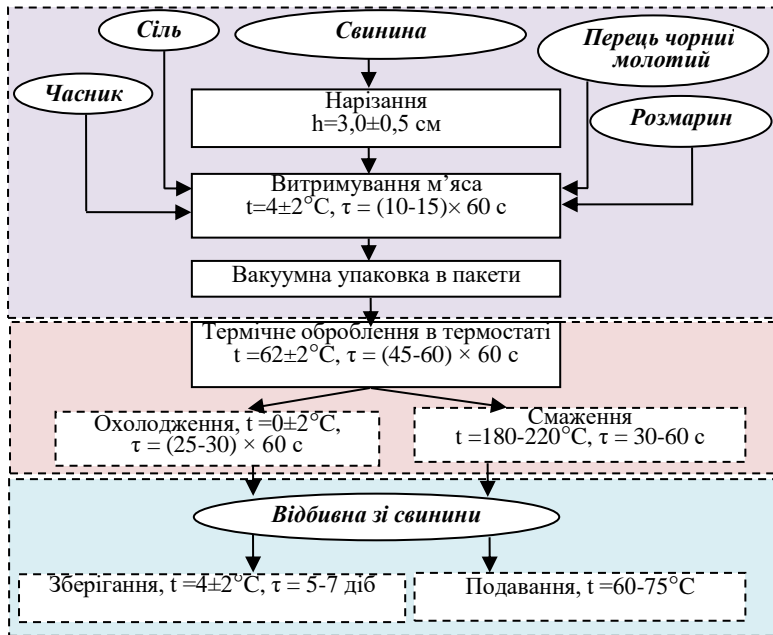


Рис. 1. Технологічна схема виготовлення відбивної зі свинини за технологією «Sous Vide»

У випадку, якщо через $(85-90) \times 60$ с вийняли м'ясо з термостату, видалили упаковку, видалили зайву вологу паперовим рушником. За бажання можна обсмажити на грилі за $t=180-220$ °C по 30 с із кожної сторони.

Оливкову олію змішували з дрібно посіченою петрушкою, зеленою цибулею, часником, цибулею шалот і перцем чилі. Карбонад зі свинини поливали оливковою олією з травами, нарізали свинину на шматочки.

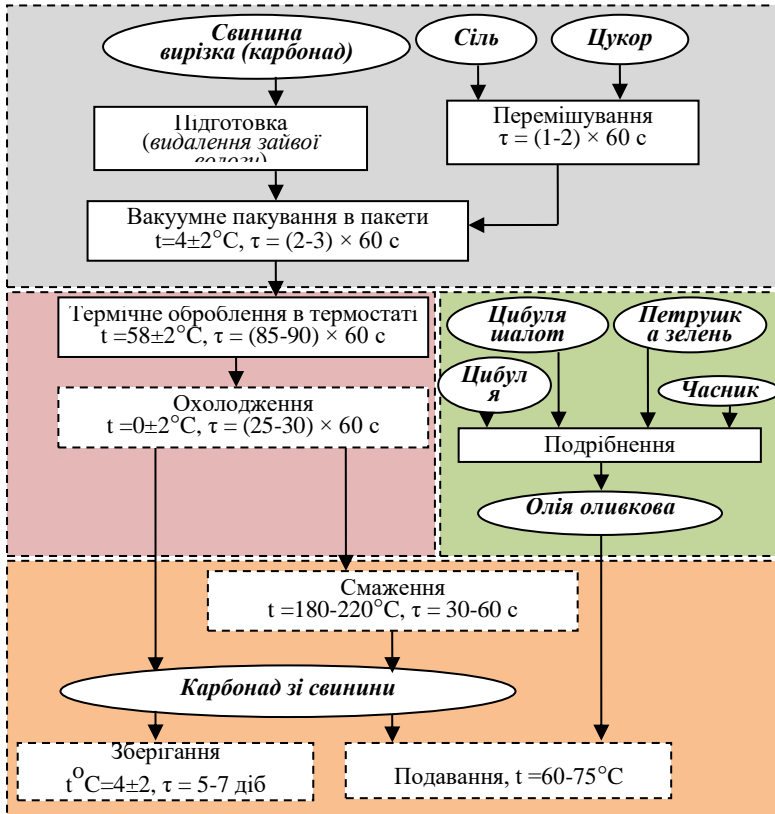


Рис. 2. Технологічна схема виготовлення карбонаду зі свинини за технологією «Sous Vide»

Таким чином, технологічний процес приготування м'ясних страв зі свинини методом «Sous Vide» передбачає наступні етапи:

- підготовка устаткування для «Sous Vide». Термостат (занурювальний або стаціонарний), вакууматор і вакуумні пакети, а також за необхідності ємність для приготування, теплоізоляційні пакети та вакуумний пакувальник;

- підготовка сировини для приготування. Обрати сировину необхідної якості, здійснити механічне кулінарне оброблення, видалити кістки (за наявності) та зайву вологу або, за необхідності, замаринувати. Потім помістити у вакуумний пакет та віджати повітря у вакуумному пакувальнику;

- обрати температурний режим і тривалість приготування

продукту. Витримати параметри теплової обробки.

Слід зазначити, що спеції, соуси, приправи додаються в набагато меншій кількості, ніж при звичайному приготуванні.

Як правило свинина дуже гарно поєднується з такими продуктами та спеціями, як апельсин (сік та цедра), бад'ян, гвоздика, гірчиця, імбир, куркума, кінза, лавровий лист, лайм, лимон, цибуля (біла та зелена), мед, м'ята, орегано, паприка (копчена, солодка), перець чилі та чорний, петрушка, розмарин, соєвий соус, чебрець, кмин, томати, оцет бальзамічний та ін., чорнослив, часник, шавлія, яблука, олія оливкова, вершкове масло, кунжут, сметана та ін.

На підставі експериментальних досліджень встановлено основні показники якості других страв зі свинини з використанням способу «Sous Vide», які представлено в табл. 2.

Таблиця 2

Основні показники якості м'ясних страв зі свинини з використанням способу «Sous Vide»

Найменування виробів	Масова частка СР, %	ВЗЗ, %	ВУЗ, %	ЖУЗ, %	pH	Вихід, %
Відбивна зі свинини «Sous Vide»	31,3±0,05	68,3±0,05	69,8±0,05	83,5±0,05	7,2±0,05	79,6±0,05
Карбонад зі свинини «Sous Vide»	25,9±0,05	82,6±0,05	73,6±0,05	88,9±0,05	7,1±0,05	85,0±0,05

Установлено, що другі страви зі свинини, які виготовлені з використанням способу «Sous Vide», майже за всіма показниками якості перевищують класичні способи приготування, крім того такі страви мають підвищену харчову та біологічну цінність.

Експериментально досліджено залежність зміни маси других страв від впливу технології «Sous Vide». Вихідні дані зразка: маса до оброблення 125 г. Дослідження проводили за температури 58–62 °С тривалість (60–90)×60 с. Установлено, що спосіб оброблення «Sous Vide» суттєво зменшує втрати маси за термічного оброблення продукту. Результати подано в табл. 3.

Таблиця 3

Зміна маси продукту за оброблення «Sous Vide»

Найменування виробів	Маса до термічного оброблення, г	Маса після термічного оброблення, г
Відбивна зі свинини «Sous Vide»	125,0	91
Карбонад зі свинини «Sous Vide»	125,0	87

Нормування показників якості та безпечності страв з м'яса з використанням способу «Sous Vide» є одним з важливих питань в розробці будь якої технології.

Результати вивчення органолептичних показників та харчової цінності других страв зі свинини з використанням способу «Sous Vide» подано в табл. 4–6.

Таблиця 4

Характеристика харчової цінності других страв зі свинини з використанням способу «Sous Vide»

Найменування виробів	Білки, %	Жири, %	Вуглеводи, %	Енергетична цінність, ккал/кДж
Відбивна зі свинини «Sous Vide»	12,4	18,6	0,3	216/903
Карбонад зі свинини «Sous Vide»	10,2	15,3	0,2	177/740

Таблиця 5

Характеристика органолептичних показників других страв зі свинини з використанням способу «Sous Vide»

Найменування виробів	Зовнішній вигляд	Консистенція	Колір	Запах і смак
Відбивна зі свинини «Sous Vide»	Правильної овально-плоскої форми, з тонкою золотистою скоринкою, рівномірно обсмажена з обох сторін, без пошкоджень та деформації	Однорідна м'яка, ніжна, соковита	Від світло-сірого до світло-коричневого, в середині ніжно-рожевий	Властивий жареному м'ясу, виражений м'ясний, із запахом прянощів. У міру солоний, перчений. Сторонні запахи і присмаки не допускаються
Карбонад зі свинини «Sous Vide»	Правильної форми, характерної рульці, з тонкою золотистою скоринкою, рівномірно запечена, без пошкоджень та деформації	Однорідна м'яка, ніжна, соковита	Від світло-сірого до золотистого, в середині ніжно-рожевий	Властивий жареному м'ясу, виражений м'ясний, із запахом прянощів. У міру солоний, перчений. Сторонні запахи і присмаки не допускаються

Таблиця 6

**Результати органолептичних показників других страв зі свинини
з використанням способу «Sous Vide»**

Найменування виробів	Зовнішній вигляд	Запах	Смак	Структура	Соковитість	Бали	Загальна оцінка
Відбивна зі свинини «Sous Vide»	8	7	8	10	9	42	відмінно
Карбонад зі свинини «Sous Vide»	8	7	9	10	9	43	відмінно

Отже, встановлено, що приготування других страв зі свинини з використанням способу «Sous Vide» є більш технологічним, ефективним та забезпечує отримання готової продукції з підвищеною харчовою та біологічною цінністю.

Таким чином, нами розроблено технології других страв зі свинини з використанням низькотемпературного оброблення, а саме шляхом використання способу «Sous Vide», що забезпечило підвищення технологічних властивостей напівфабрикатів зі свинини та підвищено органолептичні й фізико-хімічні показники готової кулінарної продукції м'яса.

Висновки. Розроблено технологію кулінарної продукції із м'яса свинини способом «Sous Vide», що дозволяє отримати готовий продукт з високими споживчими властивостями, який може бути використаний як самостійна страва, так і бути готовим напівфабрикатом для створення нових фірмових страв. Здійснено сенсорний аналіз кулінарної продукції зі свинини, виготовленої способом «Sous Vide».

Подальші дослідження будуть спрямовані на виявлення можливості підвищення функціонально-технологічних показників та тривалості зберігання кулінарної продукції зі свинини, виготовленої за технологією «Sous Vide», за використання ферментних препаратів.

Список джерел інформації / References

1. Yıkımsı S., Aksu H., Çöl B.G., Demirçakmak İ.L. (2018). Evaluation of Sous-Vide Technology in Gastronomy. *Int. J. Agr. Life. Sci.*, 4(1), 226-231, DOI: 10.22573/spg.ijals.018.s12200088.
2. Cui, Z., Yan, H., Manoli, T., Mo, H., Bi, J., & Zhang, H. (2021). Advantages and challenges of sous vide cooking. *Food Science and Technology Research*, 27(1), 25-34. <https://doi.org/10.3136/fstr.27.25>.
3. Choi, E., & Shin, W. S. (2020). Manufacturing process and food safety analysis of sous-vide production for small and medium sized manufacturing companies: Focusing on the Korean HMR market. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 52(1), 1-10. <https://doi.org/10.9721/KJFST.2020.52.1.1>.

4. Garmash, D., & Pasichnyi, V. Вплив застосування технології Sous Vide на функціонально-технологічні характеристики продуктів на основі різних видів м'ясної сировини. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях, (1), 2019. С. 67-74. <https://doi.org/10.20998/2413-4295.2019.01.08>.

Garmash, D., & Pasichnyi, V. The influence of the use of Sous Vide technology on the functional and technological characteristics of products based on different types of meat raw materials. Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series : New Solutions in Modern Technologies, (1), 2019. P. 67-74. <https://doi.org/10.20998/2413-4295.2019.01.08>.

5. Kathuria, D., Dhiman, A. K., & Attri, S. (2022). Sous vide, a culinary technique for improving quality of food products: A review. Trends in Food Science & Technology, 119, 57-68. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.11.031>.

6. Olatunde, O. O., & Benjakul, S. (2021). Sous-vide cooking as a systematic approach for quality maintenance and shelf-life extension of crab lump meat. Lwt, 142, 111004. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111004>.

7. Zavadlav, S., Blažić, M., Van de Velde, F., Vignatti, C., Fenoglio, C., Piagentini, A. M., & Putnik, P. (2020). Sous-vide as a technique for preparing healthy and high-quality vegetable and seafood products. Foods, 9(11), 1537. <https://doi.org/10.3390/foods9111537>.

8. Арпуль О. В. Перспективи впровадження «Sous Vide» технології у закладах ресторанного господарства. О. В. Арпуль, О. М. Усатиук, В. В. Удовицький. Наукові праці [Одеської національної академії харчових технологій]. 2013. Вип. 44(2). С. 341-345. Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Np_2013_44\(2\)_84](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Np_2013_44(2)_84).

Arpul O. V. (2013). Prospects for the implementation of "Sous Vide" technology in restaurant establishments. O. V. Arpul, O. M. Usatiuk, V. V. Udovitsky. Scientific works [Odessa National Academy of Food Technologies]. Issue 44(2). P. 341-345. Access mode: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Np_2013_44\(2\)_84](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Np_2013_44(2)_84).

9. Roldán, Mar, et al. Volatile compound profile of sous-vide cooked lamb loins at different temperature-time combinations. Meat science, 2015, 100, 52-57, doi: 10.1016/j.meatsci.2014.09.010.

10. Botinestean, Cristina, et al. The effect of thermal treatments including sous-vide, blast freezing and their combinations on beef tenderness of M. semitendinosus steaks targeted at elderly consumers. LWT, 2016, 74, 154-159, doi: 10.1016/j.lwt.2016.07.026.

11. Gastronomy. Int. J. Agr. Life. Sci, 4(1), 226-231, DOI: 10.22573/spg.ijals.018.s12200088

Черемська Тетяна Володимирівна, канд. техн. наук, доц., доцент кафедри харчових технологій в ресторанній індустрії Державного біотехнологічного університету, tatyana.trochiy@gmail.com.

Cheremnska Tetiana, candidate technical of Sciences, associate professor, associate professor of the Department of Food Technologies in the Restaurant Industry of DBTU, tatyana.trochiy@gmail.com.

Колеснікова Марина Борисівна, канд. техн. наук, доц., професор

кафедри харчових технологій в ресторанній індустрії Державного біотехнологічного університету, marynakolesnikova@gmail.com.

Kolesnikova Maryna, candidate technical of Sciences, associate professor, professor of the Department of Food Technologies in the Restaurant Industry of DBTU, marynakolesnikova@gmail.com.

Юрченко Світлана Леонідівна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри харчових технологій в ресторанній індустрії Державного біотехнологічного університету, sluyrchenko@gmail.com.

Iurchenko Svitlana, candidate technical of Sciences, associate professor, associate professor of the Department of Food Technologies in the Restaurant Industry of DBTU, sluyrchenko@gmail.com.

Костін Дмитро Павлович, магістрант кафедри харчових технологій в ресторанній індустрії Державного біотехнологічного університету.

Kostin Dmytro, master's student of the department of food technologies in the restaurant industry of the State Technical University of Ukraine.

DOI 10.5281/zenodo.14672396

УДК 633.11:664.6/.7.016](71)

ОСОБЛИВОСТІ КЛАСИФІКАЦІЇ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ТА СИСТЕМА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ БОРОШНЯНИХ ПРОДУКТІВ У КАНАДІ

О.М. Шаніна, Т.В. Гавриш, А.Т. Джонстон

Стаття присвячена аналізу підходів до класифікації та типізації зерна пшениці в Україні та Канаді, з акцентом на необхідність уніфікації українських стандартів із міжнародними системами. Відзначаються розбіжності в оцінці якості пшениці та методах її класифікації, зокрема в Україні та Канаді. В Україні пшениця класифікується залежно від якісних показників, тоді як канадська система базується на ботанічних характеристиках і поділяє зерно за класами відповідно до якості. Описано канадські класи пшениці, типи борошна, а також механізми контролю якості, що використовуються Канадською зерновою комісією, для забезпечення високої якості експорту.

Ключові слова: класифікація пшениці, типізація зерна, технологічний потенціал, конкурентоспроможність, якість зерна, канадська система, українська система, борошно, зерновий ринок, експорт пшениці, контроль якості.

FEATURES OF THE CLASSIFICATION OF WHEAT GRAIN AND THE SYSTEM TOPIC OF QUALITY ASSURANCE OF FLOUR PRODUCTS IN CANADA

O. Shanina, T. Gavrish, A. Johnston

The article explores the importance of unifying Ukraine's national system for wheat grain classification and typology with internationally recognized classification systems to enhance the technological potential and competitiveness of Ukrainian wheat. It highlights the differences between Ukraine and other global markets, such as Canada, in how grain quality and consumer preferences are assessed. While Ukraine classifies wheat solely based on quality indicators, Canada employs a system that combines botanical characteristics with quality criteria. The article provides a detailed comparison of the Canadian classification system, which is known for its consistent high-quality wheat and significant global export share. The classification in Canada includes several distinct wheat classes, each serving specific end-uses like bread, pasta, and confectionery production. Moreover, Canada's regulatory framework, overseen by institutions such as the Canadian Grain Commission, ensures the quality of wheat through strict standards and certification processes. The article also discusses the types of wheat flour available in North America, including all-purpose, bread, and whole wheat flours, and contrasts them with Ukrainian practices. The Canadian approach to wheat flour typology is considered more comprehensive, addressing the content of the wheat grain's anatomical parts and the fineness of the milling, while also considering flour enrichment practices aimed at improving nutritional quality.

Keywords: wheat classification, grain typification, technological potential, competitiveness, grain quality, Canadian system, Ukrainian system, flour, grain market, wheat export, quality control.

Постановка проблеми в загальному вигляді. Важливим аспектом підвищення технологічного потенціалу та конкурентоспроможності українського зерна пшениці є уніфікація національної системи типізації зерна та класифікації помольних продуктів із визнаними міжнародними класифікаційними системами. Загальний аналіз існуючої ситуації на зерновому ринку свідчить, що існують відмінності в оцінюваних показниках технологічних та споживчих переваг зерна та методах їх оцінки.

Україна належить до групи країн, у яких застосовують принцип класифікації пшениці лише залежно від показників якості. У світі до цієї групи входять Франція, Німеччина, Велика Британія, Чехія, Хорватія. Канадська система класифікації (аналогічно китайській, американській чи казахстанській) заснована на ботанічних характеристиках із поділом зерна на класи залежно від показників якості.

Історично канадська пшениця має репутацію стабільно високоякісної пшениці, виробництво якої зростає рік у рік. Канада впевнено увійшла до світової трійки лідерів-експортерів пшениці, у тому

числі багатої протеїном твердої червонозерної ярої (85% усієї пшениці, що виробляється у світі), а щодо якості та ефективності зерна, на думку спеціалістів, Канада є світовим лідером. Якість канадської пшениці уряд країни приділяє пильну увагу через Канадську Раду з пшениці, Комісію з зерна та інші державні інституції контролю якості канадської пшениці, що поставляється на внутрішній ринок та експорт. Близько 75% канадської пшениці йде на експорт, покриваючи близько 20% світового експорту пшениці та 65% – пшениці дурум.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В залежності від районів вирощування, канадська пшениця поділяється на три групи [1, 2]: західну (Western), прерій (Prairie) і східну (Eastern) (найбільш поширені представники – на рис. 1 та в табл. 1 [3]).

Таблиця 1

Характеристики та кінцеве використання пшениці Західної Канади

Клас	Характеристики	Застосування
Canada Northern Hard Red (CNHR) Червона яра пшениця	Ядра від середнього до твердого. Добре здрібнення. Середня міцність клейковини	Хліби подові, плоскі, парові, локшина
Canada Prairie Spring Red (CPSR) Червона яра пшениця	Ядра середньої твердості. Тісто середньої міцності	Хліби подові, плоскі, парові, локшина
Canada Prairie Spring White (CPSW) Біла яра пшениця	Ядра середньої твердості. Тісто середньої міцності.	Хліби подові, плоскі, парові, локшина
Canada Western Amber Durum (CWAD) Тверда пшениця	Високий вихід крупки Відмінна якість приготування пасти	Крупка для макаронів. Кускус
Canada Western Extra Strong (CWES) Тверда червона яра пшениця	Ідеальний для змішування. Надсильний глютен	Спеціальні продукти з високоміцної клейковини
Canada Western Hard White Spring (CWHWS) Тверда біла яра пшениця	Висока якість помелу. Обрий колір борошна	Виробництво хліба та локшини
Canada Western Red Spring (CWRS) Тверда червона яра пшениця	Чудова якість помелу та випічки. Різні гарантовані рівні білка	Для подового хліба, на пару, плоського. Локшина
Canada Western Red Winter (CWRW) Тверда червона озима пшениця	Дуже хороша якість подрібнення	Французькі хлібці, плоскі хлібці, на пару, локшина
Canada Western Soft White Spring (CWSWS) Яра м'яка біла пшениця	Низький вміст білка	Печиво, тістечка, плоскі хлібці, локшина, хліб на пару, чапаті

На відміну від українського підходу, поділ пшениці на типи та класи за якістю проводять лише після видалення та визначення змісту «докеджу» [4]. Фуражним вважають будь-який різновид недурумних пшениць на основі натурної ваги зерна (але не на підставі вмісту в ньому білка або клейковини, що й застосовують в Україні). Відомо, що між натурою зерна (це не відноситься до дуруму) та виходом борошна існує пряма пропорційна залежність.

Тому, якщо продовольча переробка зерна є економічно не вигідною за рахунок низького виходу борошна, таке зерно відправляють на корм худобі.

Метою статті є дослідження особливостей класифікації зерна пшениці в різних країнах, зокрема в Канаді, та аналіз системи забезпечення якості борошняних продуктів.

Виклад основного матеріалу дослідження. На ринок Північної Америки [5] постачаються наступні типи пшеничного борошна, наведені нижче.

ALL-PURPOSE FLOUR виготовляється із суміші 80% твердої червоної пшениці та 20% м'якої червоної пшениці та використовується для приготування різноманітних хлібобулочних виробів (тортів, печива, хліба, тістечок).

BREAD FLOUR схоже на борошно універсального призначення, але має вищий вміст клейковини, що робить його ідеальним для приготування дріжджового хліба. Його також називають міцним або твердим борошном.

CAKE FLOUR має тонку шовковисту текстуру та низький вміст білка. Чудово підходить для випічки тортів. Класифікується як борошно з м'якої пшениці.

WHOLE WHEAT FLOUR помелено з цільного ядра пшениці. Його використовують для хлібобулочних виробів і також називають цільнозерновим борошном.

DURUM FLOUR походить із твердих сортів пшениці і зазвичай використовується для виготовлення локшини та інших видів макаронних виробів.

PASTRY FLOUR має більший вміст білка та менше крохмалю, ніж борошно для тістечок. В основному його використовують для приготування випічки.

SELF-RISING FLOUR – це суміш борошна універсального призначення, розпушувача та солі. Його можна використовувати для заміни борошна універсального призначення.

INSTANT / QUICK MIXING FLOUR, яка легко перемішується з рідиною.

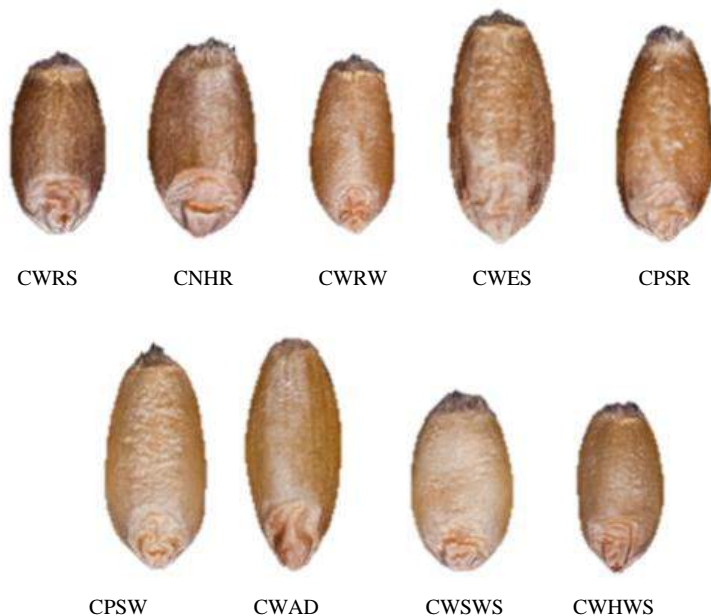


Рис. 1. Зразки зерен найрозповсюдженіших класів пшениці

Достатньо новими, які можна вважати такими, що виготовлені за інноваційними технологіями, є Ultragrain All-purpose flour, Whole Wheat Pastry flour, White Whole Wheat flour, Italian Style flour.

Наведені приклади свідчать, що Канадська підхід до типізації пшеничного борошна є більш універсальним, навіть при врахуванні практичного використання борошна, який існує в Україні (хлібопекарське, макаронне і кондитерське борошно), оскільки включає борошно для виробництва хліба, борошняних кондитерських та макаронних виробів, всецільове борошно та ін. Крім того, канадська система типізації пшеничного борошна також враховує вміст анатомічних частин зерна та їх крупність і колір (цільнозернове біле, ультрацільнозернове, цільнозернове кондитерське), що частково враховує українська система класифікації борошна за сортами (цільнозернове, обойне, сортове).

Канадський Закон про зерно (Canada Grain Act – CGA) та пов'язані з ним нормативні акти створюють основу для канадської системи забезпечення якості зерна та встановлюють певний захист для фермерів, які займаються зерновими. Проте, CGA не оновлювався протягом багатьох років, і наразі потребує певної модернізації. Тому Уряд Канади проводить перегляд цього Закону та Канадської комісії по зерну (Canadian Grain Commission – CGC) [7].

Основний обов'язок CGC полягає у встановленні та підтримці науково обґрунтованих стандартів для канадського зерна. Крім того, Комісія бере участь в регулюванні питань обробки зерна в Канаді задля забезпечення надійності і безпеки канадського зерна.

Ланцюжок постачання зерна, який представлений на рис. 2, включає виробників зерна, первинні та термінальні елеватори, а також оптових експортерів та закордонних покупців. Програма ліцензування CGC через інструменти вирішення спорів щодо сортності, підтримує виробників зерна. Первинні та кінцеві елеватори регулюються Законом (CGA) через вимоги щодо ліцензування CGC. Сертифікаційна діяльність CGC включає перевірку та зважування, а також аналіз і моніторинг вантажу. Діяльність CGC з ліцензування та сертифікації є частиною офіційної системи класифікації зерна, яка підтримується дослідницькою діяльністю CGC у галузі зерна [7]. До того ж, гарантія якості та нові дані про врожай, отримані в результаті досліджень зерна, забезпечують впевненість закордонним покупцям.

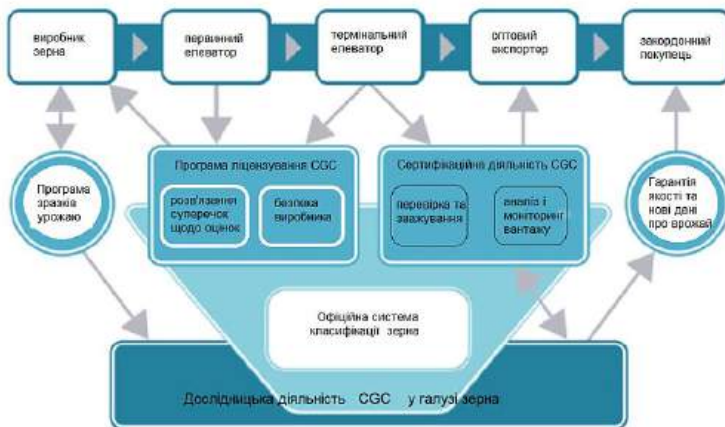


Рис. 2. Канадська зернова комісія по ланцюжку постачання зерна

Канадська зернова комісія використовує Офіційний посібник із класифікації зерна як повний довідник щодо класифікації зерна, олійних культур і бобових. Він включає інформацію про різні види випробувань зерна (тестова вага, випробування вологи, технічні умови на сита), про різні види зерна (щодо їхніх класів і різновидів, визначення докеджу, виставлення оцінок, фактори оцінювання, таблиці визначення початкових оцінок, експортні поставки, та ін.) – пшениця, жито, ячмінь, овес, тритикале, змішане зерно, ріпак, насіння льону, гірчиця домашня, гречана крупа, насіння соняшнику, насіння сафлору, горох, кукурудза, сочевиця, квасоля, соєві боби, фаба боби, нут та ін.), про дослідні сорти пшениці та зразки кормового зерна, список активних стандартів зерна тощо [8].

Зерно та хлібобулочні вироби, такі як борошно, хліб, рис і крупи, що продаються в Канаді, підпадають під дію положень наступних регулюючих документів: Закон про безпеку їжі для канадців (SFCA) [19], Правила безпечної їжі для канадців (SFCR) [10], Закон про харчові продукти та ліки (FDA) [11], Положення про харчові продукти та ліки (FDR) [12].

У разі продажу всередині провінції зернові та хлібобулочні вироби підлягають вимогам до маркування FDA та FDR, а також особливим вимогам SFCA та SFCR, які застосовуються до розфасованих харчових продуктів, що продаються в Канаді, незалежно від рівня торгівлі.

У Канаді встановлена заборона продажу незбагаченого білого борошна та продуктів, що містять незбагачене борошно. Оскільки збагачення білого борошна вітамінами групи В, залізом і фолієвою кислотою є обов'язковим. Це наріжний камінь канадської програми збагачення, яка спрямована на запобігання дефіциту поживних речовин і покращення поживної якості харчових продуктів. Збагачення борошна використовується як засіб охорони здоров'я через його широке використання в харчових продуктах, які регулярно споживає значна більшість населення [13].

Стандарт для борошна (також відомого як «біле борошно», «збагачене борошно», «збагачене біле борошно») вимагає обов'язкового додавання до борошна тіаміну, рибофлавіну, ніацину, фолієвої кислоти та заліза. Щодо додавання вітаміну В₆, пантотенової кислоти, магнію і кальцію, то є необов'язковим.

Усе пшеничне борошно, що продається в Канаді для харчових цілей, як для подальшого виробництва, так і для продажу безпосередньо споживачу, має бути збагаченим, а всі продукти, які продаються в Канаді й містять біле борошно, мають бути виготовлені зі збагаченого

борошна. Продаж незбагаченого білого борошна або його використання заборонено в Канаді, за винятком борошна, що продається для виробництва клейковини або крохмалю.

Слід відзначити, що спочатку збагачення пшеничного борошна просто замінювало поживні речовини, втрачені в процесі помелу, але сьогодні збагачене борошно збагачене більшою кількістю поживних речовин, що приносить певну користь для здоров'я. Збагачене пшеничне борошно (борошно універсального призначення) користується великим попитом у Канаді, бо містить лише частину ендосперму пшеничного ядра. Видалення висівок і зародків створює легке і шовковисте борошно, яке ідеально підходить для хліба, бубликів, тістечок і круасанів [14].

Проте, незважаючи на факт збагачення рафінованого пшеничного борошно доданими вітамінами, воно все одно позбавлено деяких поживних речовин, які природно містяться в цільному зерні, таких як клітковина, вітамін Е та магній. На відміну від збагаченого універсального, цільнозернове борошно не є збагаченим. Його виготовляють із цілого ядра, тобто всі три частини зерна залишаються неушкодженими й включені в борошно в пропорціях, які містяться в цільному зерні. Через це цільнозернове пшеничне борошно містить більше багатьох вітамінів і мінералів, особливо клітковини, цинку, магнію, калію та фосфору. З іншого боку, воно не збагачене жодними додатковими поживними речовинами, а тому порівняно зі збагаченим містить менше певних вітамінів і мінералів, а саме фолієвої кислоти.

Цільнозернове пшеничне борошно [15] також можна використовувати в рецептах, що вимагають універсального борошна, але пропорції, можливо, доведеться скорегувати. Його можна використовувати для приготування свіжих макаронних виробів, цільнозернового хліба та є чудовою заміною в домашній випічці для збільшення кількості клітковини в рецептах, які потребують універсального борошна.

Висновки. Класифікація зерна пшениці та система контролю якості борошняних продуктів, зокрема в Канаді, підкреслює суттєві відмінності у підходах між різними країнами. В Україні система класифікації базується в основному на показниках якості, тоді як канадська система враховує як ботанічні характеристики, так і якість зерна. Ця різниця впливає на внутрішні та експортні ринки, де Канада займає провідне місце серед найбільших експортерів пшениці у світі, постачаючи значну частину світового ринку твердих сортів пшениці (дурум).

Канадська зернова індустрія, що підтримується суворими заходами контролю якості та урядовим наглядом через інституції, як-от Канадська комісія з питань зерна (CGC), гарантує, що канадська пшениця залишається еталоном якості на світовому ринку. Це є важливим фактором для підтримки лідерських позицій Канади у глобальній торгівлі пшеницею, приблизно 75% виробництва якої йде на експорт. Окрім того, збагачення канадських борошняних продуктів обов'язковими поживними речовинами забезпечує користь для здоров'я населення, пропонуючи ефективну модель харчового регулювання, яка сприяє збалансуванню ринкових інтересів та охорони здоров'я.

Список джерел інформації / References

1. Canadian wheat classes [Electronic resource]. – Access mode: <https://grainscanada.gc.ca/en/grain-quality/grain-grading/wheat-classes.html>
2. Canadian wheat classes [Electronic resource]. – Access mode: <https://cerealscanada.ca/wheat/>
3. Canadian wheat classes [Electronic resource]. – Access mode: <https://grainscanada.gc.ca/en/grain-quality/grain-grading/wheat-classes.html>
4. Grains, Seeds, Hay, Silage and Other Fodder and Plant Crops [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.canada.ca/en/revenue-agency/services/forms-publications/publications/gi-107/grains-seeds-silage-other-fodder-plant-crops.html>
5. Types of Wheat Flour [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.wheatfoods.org/resources/wheat-facts/types-of-wheat-flour/>
6. Types of Flour [Electronic resource]. – Access mode: <https://canadianfoodfocus.org/courses/wheat-from-farm-to-table/lessons/wheat-in-the-grocery-store/topic/14849/>
7. Canada Grain Act review. Discussion document [Electronic resource]. – Access mode: <https://agriculture.canada.ca/en/departement/transparency/public-opinion-research-consultations/canada-grain-act-review-consultations/canada-grain-act-review>
8. Official Grain Grading Guide ISSN 1704-5118/ Effective August 1, 2024 <https://www.grainscanada.gc.ca/en/grain-quality/official-grain-grading-guide/pdf/OGGG-2024-25.pdf>
9. Safe Food for Canadians Act (S.C. 2012, c. 24) Full Document: <https://laws-lois.justice.gc.ca/PDF/S-1.1.pdf>
10. Safe Food for Canadians Regulations (SOR/2018-108) / Full Document: <https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/regulations/SOR-2018-108/index.html>
11. Food and Drugs Act (R.S.C., 1985, c. F-27) / Full Document: <https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/acts/F-27/>
12. Food and Drug Regulations (C.R.C., c. 870) / Full Document: https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/regulations/C.R.C.,_c_870/index.html
13. Prohibition against the sale of unenriched white flour and products containing unenriched flour <https://inspection.canada.ca/en/food-labels/labelling/industry/grain-and-bakery-products/unenriched-flour>

14. Enrichment and fortification / <https://whataboutwheat.ca/nutrition-research/enrichment-fortification/>

15. Whole Grains – Get The Facts / <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/canada-food-guide/resources/healthy-eating-recommendations/eat-a-variety/whole-grain/get-facts.html>

Шаніна Ольга Миколаївна, д-р техн. наук, проф., кафедра технології хлібопродуктів і кондитерських виробів, Державний біотехнологічний університет, o.shanina.ua@gmail.com

Shanina Olha, dr. technical Science, professor, department of bakery and confectionery technology, State Biotechnology University, o.shanina.ua@gmail.com

Гавриш Тетяна Володимирівна, канд. техн. наук, доц., зав. кафедрою технології хлібопродуктів і кондитерських виробів, Державний біотехнологічний університет, gavrishtanya@ukr.net

Gavrish Tatyana, PhD, Associate Professor, head department of technology of bread products and confectionery products, State Biotechnological University, gavrishtanya@ukr.net

Джонстон Анжеліка Тагіривна, менеджер з якості, Ardent Mills, Канада, o.shanina.ua@gmail.com

Johnston Anzhelika, Quality Manager, Ardent Mills, Canada, o.shanina.ua@gmail.com

DOI 10.5281/zenodo.14673009

УДК 641.56:582.661.21

ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ БОРОШНЯНОЇ СИРОВИНИ

О.М. Шаніна, Т.В. Гавриш, Н.О. Боровікова

Зростаюча популярність безглютенових продуктів спричинила збільшення попиту на сировину, що не містить глютену. Проте відмінні технологічні та структурні властивості такої сировини, як рисове борошно, вимагають розробки спеціальних методів для забезпечення стабільної якості кінцевих виробів. Дослідження зосереджується на фізико-хімічних властивостях рисового борошна, зокрема вологості, білизні, вмісті білка та крупності помелу, що впливають на придатність для харчової промисловості. Проведене лабораторне випікання з додаванням желатину та агару покращило текстуру тіста, дозволяючи досягти оптимальної якості хліба при мінімально необхідній термічній обробці.

***Ключові слова:** білизна, вологість, органолептичні показники, рисове борошно.*

INVESTIGATION OF BOROSHNYAN SYROVINI

O. Shanina, T. Gavrish, N. Borovikova

The rise in popularity of the gluten-free diet has led to an increased demand for products made from gluten-free flours such as rice, corn and buckwheat. However, this raw material differs significantly from traditional wheat flour in its protein structure, lack of gluten and specific technological properties, which creates difficulties in ensuring the stable quality of finished products. The study is focused on determining the quality indicators of rice flour, such as moisture, whiteness, protein content and grinding size, to assess its compliance with food industry standards. In order to improve the baking properties of gluten-free dough, during laboratory baking, structuring agents - gelatin and agar - were added. This provided the dough with elasticity and stability, which is necessary to create a uniform texture of the finished bread. Test results showed that the optimal baking mode for such bread is 35 minutes at a temperature of 260 °C. Increasing the duration of baking does not improve the quality of bread, instead it causes an increase in energy consumption, which is not economically justified. Thus, the study proves that rice flour, subject to correction of the recipe with the help of structure formers, is able to ensure high quality of gluten-free bakery products. This opens up prospects for the further use of rice flour in conditions of increased demand for gluten-free products and allows optimizing production processes to achieve stability in the quality of gluten-free bread.

Keywords: *whiteness, moisture, organoleptic properties, rice flour.*

Постановка проблеми в загальному вигляді. Зростання популярності безглютенової дієти призвело до збільшення попиту на безглютенову борошню сировину. Однак виробництво безглютенових продуктів стикається з численними проблемами, пов'язаними з якістю сировини, оскільки її властивості значно відрізняються від традиційного пшеничного борошна. Безглютенова сировина, така як борошно з рису, кукурудзи, гречки чи інших злаків, має іншу структуру білка, відсутність клейковини і відмінні технологічні властивості. Ці фактори створюють серйозні виклики при виготовленні продуктів, що відповідають звичним стандартам текстури, смаку, вологості та інших органолептичних характеристик.

Основною проблемою є забезпечення стабільності якості безглютенової сировини для досягнення передбачуваних результатів у виробничих процесах. Відсутність глютену, який зазвичай відповідає за структуру та еластичність тіста, вимагає від виробників використання спеціальних технологій та додаткових інгредієнтів для досягнення схожого ефекту. Крім того, вплив різних факторів, таких як походження сировини, технологія її виробництва та зберігання, може призводити до

нестабільності властивостей борошна, що ускладнює процес забезпечення якості готової продукції.

Існує потреба в розробці стандартизованих методів оцінки якості безглютенової борошняної сировини, які б враховували її унікальні характеристики і дозволяли ефективно контролювати технологічні процеси. Такий підхід забезпечить виробникам інструменти для стабілізації якості продукції та задоволення вимог споживачів щодо безглютенових продуктів, що є особливо важливим у контексті зростаючого попиту на такі вироби.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останні дослідження в області безглютенової продукції зосереджуються на важливості забезпечення високої якості сировини, оскільки це безпосередньо впливає на споживчі характеристики готових продуктів, такі як текстура, смак і поживна цінність. Одним із ключових аспектів дослідження є пошук альтернативних інгредієнтів, що здатні замінити глютен у рецептурах, забезпечуючи необхідну структуру та пружність тіста.

Дослідження [1] показують, що борошно з амаранту та кіноа є перспективними варіантами для виробництва безглютенового хліба завдяки їхньому високому вмісту білка та мінералів. Водночас такі альтернативи як рисове та кукурудзяне борошно досліджуються як базові компоненти, але вони потребують додавання ксантанової або гуарової камеді для покращення зв'язувальних властивостей тіста [2].

Важливим аспектом є також оцінка реологічних властивостей тіста. Згідно з дослідженнями [3], визначення таких показників, як водопоглинальна здатність, стабільність тіста та час утворення клейковини (у випадку безглютенової сировини, аналогічних структурних елементів), дозволяє оцінити якість сировини та передбачити її вплив на кінцевий продукт.

Окрему увагу варто звернути на мікробіологічні характеристики безглютенової сировини. Дослідження [4] свідчать про важливість контролю чистоти та відсутності домішок у безглютеновому борошні, оскільки це безпосередньо впливає на термін придатності продуктів.

Основною відмінністю між традиційною борошняною сировиною та безглютеновою є наявність глютену, який відіграє ключову роль у структуроутворенні тіста. Безглютенові аналоги вимагають додаткових інгредієнтів для досягнення бажаних функціональних властивостей. При цьому безглютенові продукти часто є більш поживними, але мають специфічні смакові та текстурні особливості, що може впливати на сприйняття споживачами.

Таким чином, сучасні наукові дослідження акцентують увагу на необхідності комплексної оцінки якості безглютенової сировини,

зокрема її фізико-хімічних та реологічних властивостей, а також мікробіологічної безпеки.

Мета статті – визначення показників якості безглютенового рисового борошна.

Виклад основного матеріалу дослідження. Якість безглютенової борошняної сировини визначається специфічними показниками, які відрізняються від традиційного борошна через відсутність глютену та інші фізико-хімічні властивості. Основними критеріями оцінки є вміст вологи, зольність, склад і якість білків, крохмалю та клітковини, а також реологічні й технологічні властивості, що впливають на здатність утворювати тісто.

У ході дослідження якості рисового борошна було проведено комплексний аналіз основних фізико-хімічних показників, що визначають його придатність для використання в харчовій промисловості. Серед досліджуваних показників – вологість, білизна, вміст білка та крупність помелу, які є ключовими характеристиками для оцінки якості борошна. Фізико-хімічні показники рисового борошна наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Основні фізико-хімічні показники рисового борошна

Найменування показника	Значення показника
Вологість, %	12,5
Білизна, од. прил.	42
Вміст білка, %	7,3
Крупність помелу, мкм	150

Визначення вологості рисового борошна проводилося за стандартною методикою, що передбачає сушіння зразка до постійної маси при температурі 105 °С. Така методика є загальноприйнятою і дозволяє точно визначити вміст вологи у зернових продуктах. За результатами досліджень було встановлено, що вологість рисового борошна відповідає допустимим стандартам для зернових продуктів. Оптимальний рівень вологості гарантує тривале зберігання та стабільність продукту без ризику розвитку мікроорганізмів або погіршення якості через надлишок вологи. Важливо зазначити, що перевищення цього показника може призвести до зниження якості продукту та скорочення терміну зберігання.

Показник білизни рисового борошна визначали методом спектрофотометрії, використовуючи спеціалізований спектрофотометр для вимірювання відбивної здатності зразка в видимому діапазоні світла. Зразок рисового борошна ретельно підготували, забезпечуючи однорідність, та розмістили у вимірювальному контейнері приладу. Отриманий результат свідчить про достатньо високий рівень відбивної здатності та низький вміст домішок, які могли б погіршити кольорові характеристики продукту.

Вміст білка в рисовому борошні було визначено за допомогою методу К'ельдаля. Згідно з отриманими даними, вміст білка у

досліджуваному зразку рисового борошна склав 7,3%, що є типовим для цього продукту. Низький вміст білка є характерною рисою рисового борошна і значно відрізняється від пшеничного, де цей показник значно вищий. Відсутність глютену, що є основним білковим компонентом пшеничного борошна, вимагає застосування спеціальних добавок або інших інгредієнтів для забезпечення необхідної текстури та структури кінцевих виробів.

Крупність помелу рисового борошна було визначено методом просіювання через сито з діаметром отворів 150 мікрометрів (мкм). Цей показник є важливим для визначення текстури і консистенції готового продукту, оскільки він безпосередньо впливає на органолептичні характеристики виробів, таких як хлібобулочні та кондитерські вироби. Крупність помелу 150 мкм вказує на досить дрібний помел, що підходить для використання у випічці, особливо для виготовлення делікатних продуктів, де потрібна м'яка і рівномірна текстура. Більш грубий помел може бути застосований у виробах, де потрібна більш жорстка структура, або у випадках, коли продукт призначений для специфічних кулінарних цілей.

Наступним етапом дослідження було визначення хлібопекарських властивостей рисового борошна за допомогою пробного лабораторного випікання. Відомо, що рисове тісто є безклейковинним, що ускладнює формування його структури під час випікання. Для вирішення цієї проблеми до тіста були додані структуроутворювачі – желатин та агар харчовий. Ці добавки забезпечили необхідну еластичність і стабільність тіста, що є важливим у відсутності глютену.

На основі результатів експериментальних досліджень побудовано зірки якості та визначено раціональну тривалість випікання (рис. 1).

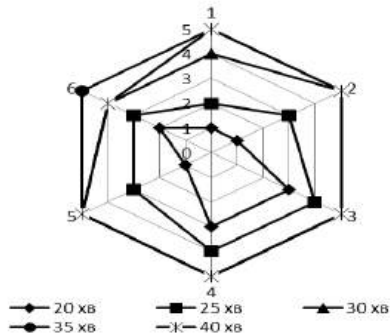


Рис. 1. Зірки якості безглютенового хліба на основі рисового борошна залежно від тривалості температурної обробки: 1 – липкість м'якушки, 2 – липкість поверхні, 3 – пористість, 4 – наявність скоринки, 5 – наявність непропечених ділянок, 6 – неоднорідність поверхні

Оцінку проводили за 5-бальною шкалою:

– липкість м'якушки: 1 – липка, в'язка, не пропечена, 2 – липка, непропечена, 3 – липка всередині, пропечена з країв, 4 – пропечена по всьому об'єму, присутня незначна липкість, 5 – пропечена по всьому об'єму, надмірна липкість відсутня;

– липкість скоринки: 1 – липка, не відокремлюється від форми, 2 – липка, частково відокремлюється від форми, 3 – повністю відокремлюється від форми, однак присутня надмірна липкість, 4 – присутня незначна липкість, 5 – надмірна липкість відсутня;

– пористість: 1 – відсутня, 2 – незначно розвинена, 3 – розвинена з країв м'якушки, в середині відсутня, 4 – нерівномірно розвинена по всьому об'єму м'якушки, 5 – добре та рівномірно розвинена;

– наявність скоринки: 1 – відсутня повністю, 2 – незначно розвинена у верхній частині хліба, 3 – розвинена у верхній частині хліба та відсутня на бокових частинах, 4 – нерівномірно розвинена по всій поверхні хліба, 5 – рівномірно розвинена по всій поверхні хліба;

– наявність не пропечених ділянок: 1 – практично вся поверхня зрізу не пропечена, 2 – непропечені ділянки присутні з усіх частинах зрізу хліба, 3 – непропечені ділянки присутні лише у центральній частині хліба, 4 – незначна кількість непропечених ділянок, 5 – відсутність непропечених ділянок;

– неоднорідність поверхні: 1 – практично вся поверхня хліба не однорідна, 2 – неоднорідні ділянки присутні з усіх сторін хліба, 3 – неоднорідні ділянки присутні лише у верхній частині хліба, 4 – незначна кількість неоднорідних ділянок, 5 – відсутність неоднорідних ділянок.

Результати показують, що досягти повної готовності хліба на основі рисового борошна можна після 35 хвилин випікання при температурі 260 °С. При подовженні тривалості термічної обробки якість хліба не змінюється, тому тривала термічна обробка є не доцільною з економічної точки зору.

Таким чином, на основі проведених досліджень можна стверджувати, що внесення добавок полісахаридної та білкової природи не призводить до значних змін швидкості випаровування вологи з тіста, тому збільшення тривалості термічної обробки не є доцільним.

Висновки. Результати дослідження показали, що рисове борошно має низку специфічних якостей, які відрізняють його від традиційних сортів через відсутність глютену. Комплексний аналіз фізико-хімічних показників, зокрема вологості, білзни, вмісту білка та крупності помелу, виявив, що ці показники відповідають стандартам якості для використання в харчовій промисловості. Методики

визначення вологості, білизни та білкової складової підтвердили придатність рисового борошна для подальшого використання у випічці.

Особливу увагу приділено хлібопекарським властивостям рисового борошна, оскільки його структура не здатна утворювати клейковину, необхідну для зв'язування тіста. Додавання желатину та агар-агару, що виступали структуроутворювачами, значно поліпшило еластичність і стабільність тіста, сприяючи утворенню однорідної м'якушки та скоринки. Лабораторне випікання показало, що оптимальний результат досягається при температурі 260 °С і тривалості випікання 35 хвилин. Подальше збільшення часу термічної обробки не покращує якість продукту, а лише підвищує витрати енергії, що є недоцільним з економічної точки зору.

Таким чином, додавання полісахаридів та білкових добавок сприяє поліпшенню текстури безглютенового хліба на основі рисового борошна, не впливаючи на швидкість випаровування вологи, що дозволяє скоротити час випікання без втрати якості.

Список джерел інформації / References

1. Іванова, Н. В., Петров, О. М. Перспективи використання альтернативних джерел борошна для безглютенових продуктів / Н. В. Іванова, О. М. Петров // Харчові технології. – 2021. – Вип. 23(1). – с. 45-52.
Ivanova, N. V., Petrov, O. M. Perspektivi vikoristannya al'ternativnih dzherel boroshna dlya bezhlyutenovikh produktiv / N. V. Ivanova, O. M. Petrov // Kharchovi tekhnolohiyi. – 2021. – Vip. 23(1). – s. 45-52.
2. Смирнов, Д. В. Роль структуроутворювачів у безглютеновій випічці / Д. В. Смирнов // Наукові дослідження в харчовій галузі. – 2020. – Вип. 18 (3). – с. 33-40.
Smirnov, D. V. Rol` strukturoutvoryuvachiv u bezhlyutenoviy vipichtsi / D. V. Smirnov // Naukovi doslidzhennya v kharchoviy haluzi. – 2020. – Vip. 18 (3). – s. 33-40.
3. Коваль, Л. Г. Реологічні властивості тіста на основі безглютенової сировини / Л. Г. Коваль // Технологія харчової промисловості. – 2019. – Вип. 16 (2). – с. 59-66.
Koval`, L. H. Reolohichni vlastivosti tista na osnovi bezhlyutenovoyi sirovini / L. H. Koval` // Tekhnolohiya kharchovoyi promislovosti. – 2019. – Vip. 16 (2). – s. 59-66.
4. Олексієнко, В. Ю. Контроль мікробіологічної безпеки безглютенової борошняної сировини / В. Ю. Олексієнко // Якість та безпека продуктів. – 2022. – Вип. 12 (4). – с. 27-34.
Oleksiyenko, V. Yu. Kontrol` mikrobiolohichnoyi bezpeki bezhlyutenovoyi boroshnyanoyi sirovini / V. Yu. Oleksiyenko // Yakist` ta bezpeka produktiv. – 2022. – Vip. 12 (4). – s. 27-34.

Шаніна Ольга Миколаївна, д-р техн. наук, проф., кафедра технології хлібопродуктів і кондитерських виробів, Державний біотехнологічний університет, o.shanina.ua@gmail.com.

Shanina Olga, dr. technical Science, professor, department of bakery and confectionery technology, State Biotechnology University, o.shanina.ua@gmail.com.

Гавриш Тетяна Володимирівна, канд. техн. наук, доц., зав. кафедрою технології хлібопродуктів і кондитерських виробів, gavrishtanya@ukr.net.

Gavrish Tatyana, Ph.D. of technical Sciences, associate professor, head department of technology of bread products and confectionery products, gavrishtanya@ukr.net.

Боровікова Наталія Олексіївна, ст. викладач, кафедра технології хлібопродуктів і кондитерських виробів, Державний біотехнологічний університет, nuklon@ukr.net.

Borovikova Natalia, Art. Lecturer, Department of Bakery and Confectionery Technology, State Biotechnological University, nuklon@ukr.net.

DOI 10.5281/zenodo.14673211

УДК 664.6/7:631.56]:330.341.1

ІННОВАЦІЇ В ЗБЕРІГАННІ ТА ПЕРЕРОБЦІ ЗЕРНА НА ВИСОКОЯКІСНУ ПРОДУКЦІЮ

Т.В. Гавриш, І.М. Фоміна

У статті розглянуто сучасні інноваційні підходи до зберігання та переробки зерна на зернопродукти. Проведено аналіз нововведень на прикладі Канади, США, Європи, Японії, Китаю та України. Описано новітні технології, такі як автоматизація, біотехнології, енергоефективні рішення, а також порівняно світові тенденції з українськими реаліями.

Ключові слова: зберігання зерна, переробка зерна, інноваційні технології, автоматизація, біотехнології, зернопродукти, енергоефективність, точне землеробство, органічне виробництво, Україна, зернопереробка.

INNOVATIONS IN GRAIN STORAGE AND PROCESSING FOR HIGH-QUALITY PRODUCTS

T. Gavrish, I. Fomina

Innovations in grain storage are aimed at increasing its quality, safety and minimizing losses during storage. The main directions of research are the optimization of storage conditions, prevention of grain spoilage, the fight against

insects and fungal diseases, as well as ensuring the environmental friendliness of the process.

Grain processing plays a pivotal role in the agricultural sector, influencing food security and economic sustainability worldwide. This paper investigates innovative approaches in grain processing, focusing on advancements in developed countries such as Canada, the USA, Japan, China, and several European nations, while also comparing these practices with Ukraine's current state in grain processing. As the global demand for effective resource utilization increases, enhancing productivity and quality in this sector has become essential.

In Canada, biotechnology is a primary driver for improving grain quality. Canadian researchers are engaged in genetic modifications of wheat to boost disease resistance and protein content. The use of advanced grain preservation techniques, such as controlled storage with humidity and temperature sensors, has minimized post-harvest losses. Similarly, in the USA, significant strides in automation and robotics have transformed grain processing, with companies integrating robotic systems and employing IoT technologies for real-time monitoring. European nations focus on sustainable processing methods, emphasizing energy efficiency and the creation of innovative grain-based products through biotechnology.

While Ukraine is a major grain exporter, its adoption of innovative processing technologies lags behind those in developed countries. However, there is a growing interest in modernizing practices, including precision agriculture and organic production. The implementation of automation in storage facilities by companies like Nibulon demonstrates Ukraine's potential for growth in this field. Overall, the exploration of these innovative technologies is crucial for improving production efficiency and competitiveness in the global market, as countries like Canada, the USA, Japan, China, and European nations set benchmarks for advancements in grain processing.

Modern approaches to obtaining high-quality grain products are focused on increasing nutritional value, ensuring product safety, minimizing nutrient losses, and efficient use of resources. These approaches include technological innovation, biofortification, quality control and the use of natural components.

Keywords: *grain storage, grain processing, innovative technologies, biotechnology, automation, energy efficiency, robotics, precision agriculture, organic production, Ukraine, global comparison.*

Постановка проблеми в загальному вигляді. *Зернова галузь є стратегічною складовою аграрного сектору, яка забезпечує продовольчу безпеку та експортний потенціал країни. Проте, виробники зерна стикаються з низкою викликів, пов'язаних із забезпеченням збереження якості зерна та ефективною його переробкою у високоякісну продукцію. У процесі зберігання та переробки значна частина зернових втрат і погіршення їхньої якості обумовлена фізико-хімічними процесами, мікробіологічним псуванням, нападами шкідників і впливом інших негативних чинників. Такі втрати*

не лише знижують економічну ефективність виробництва, але й впливають на доступність якісних зернових продуктів для споживачів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Інновації в галузі зберігання зерна допомагають зберігати його якість протягом тривалого часу, запобігати втратам та забезпечувати безпеку продукції. Використання сучасних технологій сприяє зменшенню витрат і підвищенню екологічної стійкості процесів зберігання. Інновації в переробці зерна націлені на створення продукції, яка відповідає сучасним стандартам харчової безпеки, поживності та екологічної стійкості. Впровадження нових технологій дозволяє підвищити якість зернопродуктів, роблячи їх більш привабливими для споживачів і корисними для здоров'я.

Мета статті полягає в аналізі сучасних інноваційних підходів до зберігання та переробки зерна, які забезпечують отримання високоякісних зернопродуктів із збереженням їхньої харчової цінності, безпечності та мінімізації втрат поживних властивостей. Дослідження спрямоване на висвітлення найефективніших технологій, таких як використання інертних газів, біотехнологічні методи контролю якості, нанотехнології та цифрові системи моніторингу, що дозволяють створювати якісні продукти, зберігати зернову сировину з мінімальними втратами та підвищувати конкурентоспроможність зернопродуктів на міжнародному ринку.

Виклад основного матеріалу дослідження. Отримання високоякісних зернопродуктів складається з двох послідовних напрямків, а саме застосування сучасних підходів під час зберігання зернової сировини та впровадження інноваційних технологій під час переробки.

Інновації в зберіганні зерна спрямовані на підвищення його якості, безпечності та мінімізацію втрат під час зберігання. Основними напрямками досліджень є оптимізація умов зберігання, запобігання псуванню зерна, боротьба з комахами та грибовими захворюваннями, а також забезпечення екологічності процесу.

Один із сучасних методів зберігання зерна передбачає використання інертних газів, таких як азот і діоксид вуглецю. Вони створюють атмосферу з низьким вмістом кисню, що запобігає розвитку комах, грибків та окисленню. Дослідження показують, що такі методи дозволяють значно збільшити термін зберігання зерна без втрат його якості [1]. Біотехнологічні підходи, такі як застосування біологічних агентів або природних хімічних речовин, дозволяють ефективно боротися зі шкідниками та грибовими інфекціями, мінімізуючи використання хімічних пестицидів. Наприклад, екстракти деяких

рослин виявилися ефективними проти комах-шкідників та грибків, що сприяє екологічно чистому зберіганню зерна [2].

Контроль вологості є ключовим фактором зберігання зерна, оскільки надмірна вологість може призвести до розвитку цвілі та псування зерна. Інноваційні технології, такі як датчики вологості та автоматизовані системи контролю клімату, дозволяють підтримувати оптимальні умови зберігання. Сучасні автоматизовані системи моніторингу та контролю вологості допомагають мінімізувати ризики псування [3]. Системи активної вентиляції з сенсорами температури та вологості дозволяють підтримувати зерно в належних умовах зберігання, регулюючи повітряні потоки відповідно до показників температури та вологості. Така система знижує ризик перегріву та забезпечує рівномірний розподіл тепла в зернових силосах, що важливо для збереження якості зерна протягом тривалого часу [4].

Нанотехнології відкривають нові можливості для захисту зерна від шкідників та мікроорганізмів. Наприклад, застосування наночастинок срібла або інших наноматеріалів в покриттях або в пакувальних матеріалах може запобігти розвитку грибків та бактерій, зберігаючи зерно без використання хімічних засобів [5].

Застосування цифрових технологій, таких як Інтернет речей (IoT), дозволяє в режимі реального часу контролювати умови зберігання зерна, включаючи температуру, вологість та рівень кисню. Ці технології забезпечують ефективний моніторинг і управління умовами зберігання, дозволяючи швидко реагувати на будь-які відхилення [6].

Таким чином, інновації в галузі зберігання зерна допомагають зберігати його якість протягом тривалого часу, запобігати втратам та забезпечувати безпеку продукції.

Інновації у сфері переробки зерна спрямовані на підвищення якості готової продукції, покращення її харчових властивостей та ефективного використання сировини. Переробка зерна на зернопродукти є важливим сектором агропромислового комплексу багатьох країн світу. Враховуючи зростаючу потребу в ефективному використанні ресурсів, питання підвищення продуктивності та якості переробки зерна стає особливо актуальним. Розвинені країни, такі як Канада, США, Японія, Китай та країни Європи, активно розвивають інноваційні підходи у цій сфері.

Канада є одним із світових лідерів у виробництві зерна, зокрема пшениці та канолі. Одна з найважливіших інноваційних технологій у Канаді – це використання біотехнологій для підвищення якості зернових продуктів. Канадські вчені працюють над генетичними

модифікаціями пшениці, що дозволяє підвищити стійкість до хвороб і шкідників, збільшити вміст білка і поліпшити властивості борошна [7].

Крім того, канадські компанії активно впроваджують нові технології зберігання зерна, такі як контрольовані умови зберігання з використанням датчиків вологості та температури. Це дозволяє мінімізувати втрати при зберіганні та забезпечити високу якість продукції протягом усього процесу переробки [7].

Наприклад, компанія Richardson International запровадила систему повного автоматизованого контролю процесу виробництва борошна, що дозволяє мінімізувати людський фактор і підвищити точність обробки зерна. Такі технології допомагають підвищити ефективність процесів і знизити енергоспоживання [7].

США також є одним із провідних виробників зернових культур і активно впроваджують інновації в переробці зерна. Одним із ключових напрямків є використання робототехніки та автоматизації на всіх етапах процесу. Американські компанії інтегрують роботизовані системи у виробничі лінії для обробки, сортування і пакування зернопродуктів [8].

Однією з тенденцій в США є використання інтернету речей (IoT) та даних для моніторингу і управління зернопереробними комплексами. Це дозволяє в реальному часі відстежувати процеси переробки і приймати оперативні рішення для підвищення ефективності [8].

Прикладом є компанія ADM (Archer Daniels Midland), яка запровадила систему машинного навчання для оптимізації переробки кукурудзи на крохмаль і глюкозу. Це дозволяє підвищити якість зернопродуктів та скоротити відходи виробництва [8].

Європейські країни, такі як Німеччина, Франція та Нідерланди, зосереджують увагу на екологічних технологіях переробки зерна. Європейські виробники активно впроваджують методи переробки, що мінімізують вплив на навколишнє середовище, такі як енергоефективні технології та зменшення викидів вуглекислого газу [9].

Також варто зазначити розвиток біоінженерних технологій у Європі. Компанії застосовують ферментацію та інші біотехнологічні процеси для створення нових продуктів на основі зерна, таких як біопластики та біоетанол [9].

Французька компанія Roquette активно займається розробкою нових видів борошна на основі гороху та інших альтернативних культур, що дозволяє урізноманітнити асортимент продукції та зменшити залежність від традиційних зернових культур, таких як пшениця [9].

Японія, маючи обмежені земельні ресурси, зосереджує свою увагу на ефективному використанні сировини та підвищенні якості

продукції. Основним напрямком інновацій є технології глибокої переробки зерна. Це включає виробництво високоякісних харчових добавок і функціональних продуктів на основі рису та інших зернових культур [10].

Японські компанії також активно впроваджують технології молекулярної біології для поліпшення смакових якостей та харчової цінності зернопродуктів [10].

Наприклад, японська компанія Asahi Group розробила технологію ферментативної переробки рису для створення продуктів без вмісту глютену, що відповідає зростаючому попиту на безглютенові продукти серед споживачів [10].

Китай, один із найбільших виробників і споживачів зерна у світі, також активно розвиває інноваційні технології в агропромисловому комплексі. Основна увага приділяється збільшенню ефективності виробництва та впровадженню автоматизації [11].

Однією з важливих тенденцій у Китаї є розвиток технологій ферментації для виробництва нових видів продуктів на основі зерна, зокрема соєвих протеїнів та ферментованих продуктів, що мають високий попит як на внутрішньому ринку, так і на експорт [11].

Компанія COFCO, один із найбільших агрохолдингів Китаю, активно впроваджує технології вертикальних ферм для вирощування зернових культур у контрольованих умовах, що дозволяє збільшити урожайність та забезпечити стабільні поставки продуктів на ринок [11].

Україна є одним із провідних світових експортерів зернових культур, але інноваційні технології в сфері переробки зерна все ще розвиваються повільніше, ніж у розвинених країнах. Проте, останніми роками в Україні спостерігається зростаюча увага до впровадження сучасних технологій. Наприклад, технології точного землеробства та автоматизація процесів переробки активно інтегруються в українські зернопереробні підприємства [12].

Важливим напрямком є також розвиток органічного виробництва та переробки зерна без використання хімічних добрив і пестицидів. Українські виробники прагнуть вийти на міжнародні ринки органічної продукції, що вимагає впровадження нових технологій сертифікації та контролю якості [12].

Українська компанія «Нібулон» впроваджує системи автоматизації та моніторингу на своїх елеваторах, що дозволяє контролювати якість зерна під час зберігання та зменшувати втрати від неправильної обробки або зберігання [12].

Порівнюючи інноваційні підходи в переробці зерна в Україні та за кордоном, можна відзначити, що країни Північної Америки, Європи

та Азії активно впроваджують технології автоматизації, біотехнології та інновації в збереженні ресурсів. В Україні цей процес ще перебуває на стадії розвитку, проте впровадження новітніх технологій поступово зростає. Найбільш перспективними напрямками для України є впровадження біотехнологій, автоматизації та органічного виробництва [12].

Сучасні підходи до отримання високоякісної продукції з зерна орієнтовані на підвищення харчової цінності, забезпечення безпечності продуктів, мінімізацію втрат поживних речовин та ефективне використання ресурсів. Ці підходи охоплюють технологічні інновації, біофортифікацію, контроль якості та використання природних компонентів.

Фракціонування дозволяє розділяти зерно на окремі складові – зародок, ендосперм і висівки – і забезпечувати точне дозування білків, клітковини та вітамінів у готових продуктах. Завдяки цій технології можна отримувати зернові продукти з різними властивостями для спеціального харчування. Зокрема, фракціонування сприяє підвищенню біодоступності біоактивних сполук і вітамінів у продуктах з цільнозернового борошна [13].

Екструзія дозволяє виготовляти продукти з високим вмістом білка, збагачені вітамінами, мінералами та іншими біологічно активними речовинами. За допомогою екструзії можна створювати закуски, пластівці та інші продукти, що мають оптимальну текстуру і зберігають поживні речовини. Екструзія також дозволяє знижувати рівень антинуртритів у зернових, що покращує їхню харчову цінність [14].

Біофортифікація – це метод, що дозволяє збільшити вміст заліза, цинку, вітамінів групи В та інших мікроелементів у зерні. Це сприяє покращенню харчової цінності кінцевих продуктів та задоволенню потреб людей, які мають дефіцит певних мікроелементів. Зокрема, підвищення вмісту заліза у продуктах із зерна є важливим для профілактики анемії [15].

Ферментація зернових продуктів збагачує їхню харчову цінність, збільшує вміст пробіотиків та поліпшує засвоюваність поживних речовин. Використання заквасок та ферментаційних процесів дозволяє розкласти антинуртрити, такі як фітати, і поліпшити біодоступність заліза, кальцію та цинку [16].

Нанотехнології активно застосовуються для підвищення якості зернових продуктів, наприклад, для створення нанопокриттів, що зберігають свіжість продукції. Крім того, наноматеріали можуть використовуватися для захисту від мікроорганізмів, покращуючи безпечність і подовжуючи термін зберігання зернових продуктів [17].

Інноваційні цифрові системи, засновані на штучному інтелекті та Інтернеті речей (IoT), дозволяють контролювати процеси виробництва і зберігання зернових продуктів у реальному часі. Ці технології дозволяють оптимізувати процеси, запобігати дефектам і підвищувати ефективність переробки зерна [18].

Висновки. Інноваційні технології в переробці зерна є важливим фактором для підвищення ефективності виробництва, зменшення втрат та підвищення якості продукції. Країни, такі як Канада, США, Європа, Японія та Китай, впроваджують передові підходи у цій сфері, використовуючи робототехніку, біотехнології та енергозберігаючі технології. Україна має потенціал для розвитку цих технологій, що дозволить їй підвищити конкурентоспроможність на світовому ринку зернопродуктів.

Сучасні підходи для отримання високоякісної продукції з зерна орієнтовані на збереження харчової цінності, безпечності, а також на інноваційні методи обробки та збагачення продукції. Використання технологій, таких як екструзія, ферментація, біофортифікація та цифрові системи контролю, сприяє створенню якісних і безпечних продуктів для споживачів.

Список джерел інформації / References

1. Moreno-Martínez, E., et al. (2000). "The use of carbon dioxide to control insect pests in stored grain". *Journal of Stored Products Research*.
2. Islam, M. S., et al. (2016). "Biological control of stored product pests". *Advances in Entomology*.
3. Navarro, S., & Noyes, R. T. (2002). "The mechanics and physics of modern grain aeration management". *American Society of Agricultural Engineers*.
4. Montross, M. D., & Maier, D. E. (2000). "Temperature management of stored grain with aeration". *Applied Engineering in Agriculture*.
5. Abdel-Hameed, S., et al. (2021). "Nanotechnology for food preservation: Silver nanoparticles as an alternative for grain storage". *Journal of Nanotechnology*.
6. Chand, P., et al. (2020). "IoT and smart technologies for grain storage monitoring". *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*.
7. Grain Processing Innovations in Canada. // Canadian Grain Commission. 2023.
8. Technological Advances in Grain Processing in the USA. // *Food Engineering Journal*. 2023.
9. European Innovations in Sustainable Grain Processing. // *Journal of Food Technology*. 2022.
10. Advances in Grain Processing in Japan and its Economic Impact. // *Asia Food Science*. 2023.
11. Innovations in Grain Processing: A Chinese Perspective. // *China Agricultural University Press*. 2023.
12. Сучасні тенденції переробки зерна в Україні. // *Аграрний журнал*. 2023.

Suchasni tendencii pererobki zerna v Ukraini // Agrarnii gurnal. 2023.

13. Hemery, Y., et al. (2011). "Dry-fractionation of wheat bran increases the bioavailability of phenolic acids in whole wheat breads". Food Chemistry.

14. Brennan, C. S., et al. (2013). "The role of extrusion in enhancing the nutritional value of cereals". Journal of Cereal Science.

15. Nestel, P., et al. (2006). "Biofortification of staple food crops". Journal of Nutrition.

16. Katina, K., et al. (2014). "Sourdough: a tool to improve the nutritional and technological quality of wheat bread". Food Microbiology.

17. Ranjan, S., et al. (2014). "Nanotechnology in cereals and cereal product processing". Critical Reviews in Food Science and Nutrition.

18. Wang, J., et al. (2020). "Artificial intelligence in food quality and safety". Trends in Food Science & Technology.

Гавриш Тетяна Володимирівна, канд. техн. наук, доц., зав. кафедрою технології хлібопродуктів і кондитерських виробів, Державний біотехнологічний університет, gavrishtanya@ukr.net.

Gavrish Tatyana, PhD, Associate Professor, head department of technology of bread products and confectionery products, State Biotechnological University, gavrishtanya@ukr.net.

Фоміна Ірина Миколаївна, канд. техн. наук, доц., кафедра технології хлібопродуктів і кондитерських виробів, Державний біотехнологічний університет, anirif@ukr.net

Fomina Iryna, PhD, Associate Professor, Department of technology of bread products and confectionery products, State Biotechnological University, anirif@ukr.net

DOI 10.5281/zenodo.14673278

УДК 658.562:06.83

РОЗРОБКА ХАРЧОВИХ КОМПОЗИЦІЙ ПРОДУКЦІЇ ДЛЯ ЛЮДЕЙ В УМОВАХ ПОСТІЙНОГО СТРЕСУ

К.В. Свідло, Л.К. Карпенко, О.В. Богомолов, Л.В. Піддубна

Під впливом хронічного стресу центральна нервова система людини стає вразливою, що може призвести до різних негативних наслідків, таких як зловживання алкоголем, наркотиками або зміни в поведінці та соціальній абстиненції. Умови постійного стресу вимагають специфічних підходів до харчування, що відображено в даній роботі.

Ключові слова: моделювання, харчові продукти для людей в умовах постійного стресу, механізм адаптації.

DEVELOPMENT OF FOOD COMPOSITIONS OF PRODUCTS FOR PEOPLE UNDER CONDITIONS OF CONSTANT STRESS

K. Svidlo, L. Karpenko, O. Bogomolov, L. Piddubna

The article addresses the physiological and dietary challenges posed by chronic stress, a pervasive issue in contemporary society. Chronic stress significantly impacts the human central nervous system, leading to behavioral changes, social withdrawal, and health problems. The authors emphasize the need for tailored dietary interventions to bolster the body's resilience and functional capacity in high-stress environments.

The study introduces innovative approaches to formulating functional food products enriched with essential nutrients such as zinc, magnesium, iron, and copper, which play critical roles in stress adaptation. It explores the benefits of incorporating plant-based dietary supplements, including pumpkin seed fiber and wheat germ, which provide natural stress-protective agents. Analytical research conducted by specialists at the "Zhytomyr Bioproduct" NGO demonstrates the positive effects of these compositions in meeting daily nutritional requirements.

A key focus of the paper is the development of a specialized meat-and-offal pâté designed to address the nutritional needs of individuals under chronic stress. The product's formula integrates animal proteins, plant-derived fibers, and antioxidant-rich vitamins to enhance its stress-relief properties. The inclusion of local natural resources underscores the importance of region-specific dietary solutions.

This comprehensive research provides a scientific basis for creating functional foods aimed at mitigating the adverse effects of stress while supporting overall health. It underscores the necessity of interdisciplinary collaboration in developing dietary strategies to combat chronic stress effectively.

Keywords: stress, adaptation mechanisms, functional food, nutrient modeling, chronic stress management.

Постановка проблеми в загальному вигляді. Хронічний стрес називають «тихим вбивцею» ХХІ століття, відкладення проблеми до останнього та ігнорування сигналів, які посиляє організм людини, призводить до інвалідності чи чисельних смертей. В таких умовах для забезпечення працездатності людини потрібно забезпечення функціональної надійності усіх систем організму, резервних можливостей і стійкості організму. Оптимізація харчового раціону в екстремальних умовах за рахунок спеціальних біологічно повноцінних і збалансованих за основними нутрієнтами продуктів харчових продуктів для даних умов є важливим завданням для фахівців у цій галузі.

Передусім, адаптація людини зачіпає широкий спектр загальнобіологічних закономірностей. Це привертає увагу фахівців з різних наукових галузей до вивчення механізмів саморегулювання

складних функціональних систем організму. Лише через комплексний аналіз реакцій всього організму, включаючи центральну нервову систему, гормональний апарат, серцево-судинну і дихальну системи, а також обмін речовин, можна оцінити вплив фізичних і психологічних навантажень на людину.

Реакція організму на фізичне навантаження залежить від індивідуальних особливостей кожної людини, її рівня підготовки та стресостійкості. Людина усвідомлює, що її здоров'я безпосередньо пов'язане з якістю та кількістю їжі, яку вона споживає щодня.

У зв'язку з цим, розробка та впровадження харчової продукції спеціального призначення для людей, які знаходяться в умовах постійного стресу, є надзвичайно актуальним завданням для науковців.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, які присвячені механізмів моделювання харчових композицій та розробці технології харчової продукції спеціального призначення для постійних стресових умов. Вперше в 1936 році стрес описаний канадським патофізіологом Г. Сельє як нейроендокринний процес [2].

За сучасними дослідженнями, життєздатність організму в надзвичайних ситуаціях залежить від того, наскільки клітини життєво важливих органів витримують гіпоксію. Це стосується всіх аспектів гомеостазу, репродуктивної функції, диференціації, імунітету, росту і розвитку як у людини, так і в тварин.

У сучасних медико-біологічних дослідженнях активно вивчається роль хелатоутворюючих металів у клітинах під час впливу стресових та патогенних факторів, фізіологічних показників. Досліджуються також загальні закономірності змін клітинного метаболізму.

Дослідження реакцій клітин на вплив стресорів та роль міді, магнію та цинку у метаболічних процесах мають великий інтерес для наукового світу. Цинк, наприклад, бере участь у багатьох аспектах метаболізму, включаючи транскрипцію генів, диференціацію клітин, ріст та розвиток, репродукцію та імунну відповідь. Він також входить до складу активного центру білків, багатьох ферментів. Дослідження змін металолігандного гомеостазу під впливом стресорів допомагають розкрити фізіологічну роль цих металів та їх участь у клітинних адаптаційних процесах.

У клітинах, як людського та тваринного, організмів існують два різні пули металів. Перший пул, який містить метали, що міцно зв'язані з біолігандами, розподілений у всіх клітинах організму та не забарвлюється хелаторами-хромофорами. Цей пул впливає на стабільність біомембран та є складовою більшості металоензимів.

Другий пул, який містить слабо зв'язані метали, частіше називається «хелатоутворюючим» (chelatable) металом. Цей пул представлений металами, які слабо зв'язані з біолігандами та визначаються в клітинах за допомогою хелаторів-хромофорів [3, 4].

Старіння можна розглядати як результат накопичення стресу, якому піддається організм протягом життя. Цю ідею висунув Сельє. У певному розумінні, старіння може відповідати «фазі виснаження» загального адаптаційного синдрому і являти собою прискорену версію природного старіння. Кожен стрес залишає за собою неповоротні хімічні зміни, особливо якщо він викликаний марними зусиллями; їх накопичення призводить до проявів старіння у тканинах і органах людини. Навіть успішна діяльність, яка б не була, залишає сліди старіння, зокрема збої в мозкових і нервових клітинах [5].

Зниження концентрації цинку в плазмі крові та його перерозподіл між органами і тканинами спостерігається при стресах, інфекціях та травмах. Ці зміни регулюються «лейкоцитарним ендogenousним медіатором», особливим термолабільним чинником. Цей чинник викликає швидке надходження заліза, цинку та багатой частини вільних амінокислот у печінку, зниження вмісту заліза та цинку в плазмі крові і, внаслідок посилення синтезу церулоплазміну, підвищення рівня міді в ній. Крім того, рівень цинку в організмі може знижуватися через продукти розпаду тканин, що утворюються при дії різноманітних стресорів. Ці продукти зв'язуються з цинком, можуть підвищити вміст сполук цинку в крові та підсилити їх виділення через сечу, перш за все амінокислоти. Також стрес призводить до збільшення виділення в плазму кортикостероїдів, що стимулюють надходження цинку в тканини. У процесі передачі нервових імпульсів важливу роль відіграє мідь.

Дефіцит магнію знижує антиоксидантну здатність організму, що було підтверджено дослідженнями. Це призводить до змін співвідношення Mg/Ca в клітинах кори надниркових залоз, що, в свою чергу, спричиняє підвищену секрецію мінералокортикоїдів. Ці гормони здатні ще більше стимулювати втрату магнію організмом. Патологічні зміни вмісту магнію на фоні підвищеної концентрації міді в крові формуються в умовах стресу, коли нейрогуморальні регуляторні системи зазнають змін [4, 6].

Вчені доводять, що стрес і дефіцит магнію взаємопов'язані, а відновлення рівня магнію в клітинах підвищує резистентність організму до стресу. Таким чином, магній вважається протистресовим металом [4, 6, 7].

Стрес запускає ланцюг реакцій, що починаються з вироблення адренкортикотропного гормону (АКТГ) гіпофізом, що є основою нейроендокринної теорії стресу та його регуляції. Це призводить до перебудови метаболізму і фізіологічних функцій, яка суттєво підвищує виживання і стійкість організму до гострої загрози в екстремальних умовах (рис. 1).

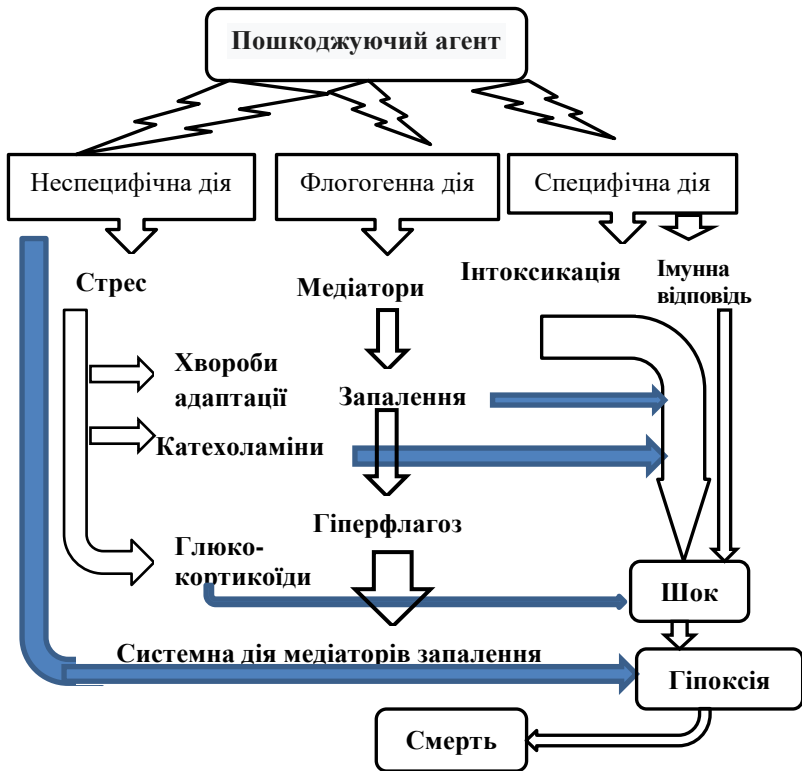


Рис. 1. Деякі співвідношення системних і місцевих захисних механізмів організму людини [4, 7]

Метою статті є вдосконалення механізму моделювання харчових композицій продукції спеціального призначення для людей в умовах постійного стресу та, як наслідок, можливості впровадження у виробництва харчової продукції як головного засобу попередження низки захворювань, що викликає вплив постійного стресу на організм людини.

Виклад основного матеріалу дослідження. Предметом дослідження є вплив харчових інгредієнтів на організм людини. Модель взаємодії базується на задоволенні потреб людини у відповідних нутрієнтах. Зокрема, забезпечення фізіологічних потреб середньостатистичної людини добовою нормою поживних речовин. Аналітичні дослідження, проведені фахівцями НПО «Житомирбіопродукт», вказують на позитивний вплив використання природних геропротекторів, таких як дієтичні добавки рослинного походження з вітчизняної сировини. Вони радять використовувати продукцію з сировини, яка вирощується в регіоні проживання людини. Хоча не знайдено жодної дієтичної добавки, яка б повністю задовольняла фізіологічні добові потреби людей у стресових умовах на 10–50% від зазначених речовин, змодельовані композиції з шроту (чи клітковини) містять необхідні мінеральні речовини (Zn, Fe, Cu та Mg/Ca).

Для досягнення поставленої мети були розраховані показники біологічної цінності композицій дієтичних добавок, зокрема вміст мікро- та макроелементів. Результати розрахунків свідчать, що компоненти дієтичних добавок, які є природними антистресовими агентами, забезпечують добову потребу людини в умовах постійного стресу в межах від 10% до 50%.

Наприклад:

- Цинку міститься від 3,3 до 35 мг%: при споживанні 5–53 г шроту зародків пшениці чи 72–252 г клітковини гарбуза, або в складі дієтичних добавок у харчовій продукції.

- Заліза у різних дієтичних добавках міститься від 8,7 до 26,9 мг%: при використанні 7,5–37,5 г шроту амаранту чи 5,4–27,2 г шроту вівса, що забезпечує визначені межі добової потреби.

- Магнію – від 40,0 до 210,0 мг%: при використанні 12,9–67,8 г шроту амаранту, 11,3–58,9 г клітковини гарбуза, чи 13,4–71 г льняного шроту, що забезпечує визначені межі добової потреби.

Крім того, у дієтичних добавках вміст інших компонентів, таких як:

- Кальцій – від 50,0 до 360,0 мг%: при використанні 7,4–52,5 г розторопші плямистої чи 30,9–222 г льняного шроту, що забезпечує визначені межі добової потреби.

- Хром – від 3 до 10,5 мг%: при використанні 27,0–92,5 г шроту амаранту чи 30,9–374 г шроту зародків пшениці, що забезпечує визначені межі добової потреби.

- Мідь – від 1,3 до 25 мкг%: при використанні 0,15–2,9 г клітковини гарбуза чи 0,105–2,0 г льняного шроту, що забезпечує визначені межі добової потреби.

Таким чином, вживання рекомендованих дієтичних добавок рослинного походження в межах 2,0–71,0 г льняного шроту забезпечує 10–30% від добової потреби в міді, кальцію та магнію. Споживання 0,15–58,9 г клітковини гарбуза забезпечує 10–50% від добової потреби в міді та магнію. Вживання 5–53 г шроту зародків пшениці забезпечує 10–30% від добової потреби в цинку, а 27,0–92,5 г шроту амаранту забезпечує 10–50% від добової потреби в хромі та залізі. Крім того, споживання 5,4–27,2 г шроту вівса забезпечує 10–50% від добової потреби в залізі. Загалом, ці дієтичні добавки можуть бути ефективною складовою харчового раціону для забезпечення добової потреби в особливо дефіцитних мікронутрієнтах, які є природними антистресовими агентами. Це особливо важливо для людей в умовах постійного стресу, допомагаючи їм підтримувати необхідний рівень мікро- та макроелементів у організмі.

Проведені розрахунки підтверджують, що для збагачення харчової продукції мікроелементами (Zn, Fe, Cu та Mg/Ca) при моделюванні раціону для людей, що знаходяться в умовах постійного стресу, доцільно використовувати композиції дієтичних добавок із зародками пшениці або клітковиною гарбузового насіння у поєднанні зі спіруліною. Також ефективними є композиції з пектин-зостерином або цистозірою. Інші рекомендовані варіанти включають дієтичні добавки зі шротом насіння гарбуза, льону та вівса, збагачені цистозірою та пектин-зостерином або зостерою.

Специфіка вимог дієтики для людей, які перебувають у стані постійного стресу, вимагає радикального перегляду підходів до розробки харчових композицій і технологій виробництва харчової продукції. Наприклад, для створення м'ясо-субпродуктових паштетів обрано м'ясо та субпродукти як джерела тваринного білка та колагену, а також овочі (цибуля та морква), цистозиру і спіруліну, шрот насіння гарбуза або знежирені зародки пшениці як джерела рослинних білків, вітамінів антиоксидантної групи, харчових волокон та мінеральних речовин (заліза, міді, цинку та інших). Використання клітковини зародків пшениці чи клітковини насіння гарбуза і пектин-зостерину додає харчових волокон.

Вибір цих інгредієнтів дозволяє збалансувати білково-жирову складову продукції відповідно до вимог раціонального харчування для людей у стані постійного стресу. Таким чином, формула м'ясо-субпродуктового паштету повністю відповідає принципам спеціального

харчування для таких людей. Вміст вітамінів та мінеральних речовин у порції розробленого паштету становить 14,1–37,1% від добової потреби, тоді як у традиційній продукції цей показник варіює від 0 до 15,8% від добової потреби. Схему взаємодії нутрієнтів у модельованих харчових композиціях паштетів наведено на рис. 2.

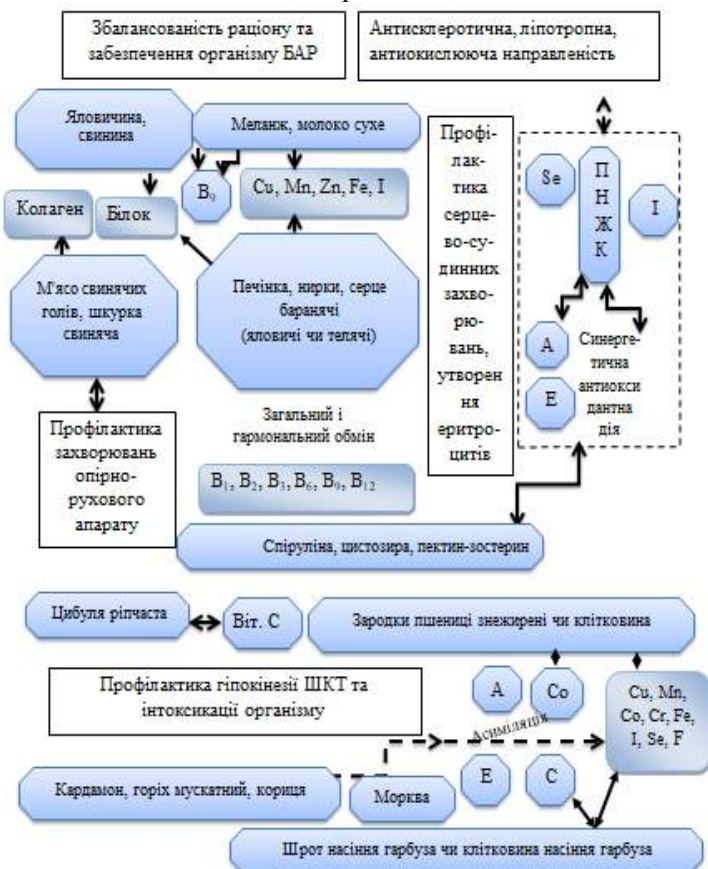


Рис. 2. Забезпечення взаємодії нутрієнтів у м'ясо-субпродуктовому паштеті для спеціальних потреб людей в умовах постійного стресу

Висновки. У роботі наведено дані щодо вивчення механізмів хронічного стресу медиками, фізіологами і нутриціологами, які дають можливість зробити висновків щодо впливу окремих нутрієнтів, які підвищують резистентність організму до стресу.

Показано моделювання харчової композиції спеціального призначення для людей в умовах постійного стресу на прикладі м'ясо-субпродуктового паштету спеціального призначення із врахуванням забезпечення потреб середньостатистичної людини поживними речовинами в умовах постійного стресу. Аналітичні дослідження дозволяють дійти висновку про позитивний вплив застосування в харчових продуктах природних геропротекторів, зокрема дієтичних добавок рослинного походження з місцевої сировини, що виробляються НПО «Житомирбіопродукт».

Список джерел інформації / References

1. Конституція України. – Київ : Офіційне видання, 2006. – 126 с.
Konstituciya Ukrayini. – Kyiv : Oficijne vidannya, 2006. – 126 s.
2. Зайко М.Н. Патолофізіологія: підручник / М.Н. Зайко, Ю.В. Биць, М.В. Кришталь та ін. – 6-те вид., переробл. і допов. – К. : ВСВ «Медицина», 2017. – 736 с.
Zajko M.N. Patofiziologiya: pidruchnik / M.N.Zajko, Yu.V.Bic, M.V.Krishtal ta in. – 6-e vid., pererobl. I dopov. – K. : VSV «Medicina», 2017. – 736 s.
3. Калуев А.В. Проблемы изучения стрессового поведения. / Калуев А.В. – К.: Наука, 1998. – 133 с.
Kaluev A.V. Problemy izucheniya stressovogo povedeniya. / Kaluev A.V. – K.: Nauka, 1998. – 133 s.
4. Павлов А.С. Физиологические механизмы гомеостатического обеспечения человека при стрессе. / А. С. Павлов // Физиология человека. – №1. – 2001. – С. 65–74.
Pavlov A.S. Fiziologicheskie mehanizmy gomeostatcheskogo obespecheniya cheloveka pri stresse. / A. S. Pavlov // Fiziologiya cheloveka. – №1. – 2001. – S. 65–74.
5. Basic & Clinical Endocrinology. Seventh edition. Edited by Francis S. Greenspan, David G. Gardner. – Mc Graw – Hill Companies, USA, 2004. – 976p.
6. Lukaski H.C. Magnesium, zinc, and chromium nutriture and physical activity. / H.C. Lukaski // Am. J. Clin. Nutr. – 2000. – Vol.72, Suppl. 2. – P. 585S-593S.
7. Scheiber I.F. Zinc prevents the copper-induced damage of cultured astrocytes. / I.F. Scheiber, M.M. Schmidt, R. Dringen // Neurochem. Int. – 2010. – Vol. 57, № 3. – P. 314-322.

Свідло Карина Володимирівна, д-р техн. наук, проф., професор кафедри туризму і готельного господарства ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, karinasvidlo@gmail.com.

Svidlo Karyna, Doctor of technical science, Professor, Department of tourism and hotel business of Kharkiv National University of Urban Economy named O. M. Beketova, karinasvidlo@gmail.com.

Карпенко Людмила Костянтинівна, канд. техн. наук, доц., доцент кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв ДБТУ, KarpenkoLK23@gmail.com.

Karpenko Liudmyla, PhD in techn. sciences, associate prof., department of equipment and engineering of processing and food industries State Biotechnological University, KarpenkoLK23@gmail.com.

Богомолів Олексій Васильович, д-р техн. наук, професор кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, oipxv@ukr.net.

Bogomolov Oleksiy, Doctor of Technical Sciences, Professor Department of Equipment and Engineering of Processing and Food Production State Biotechnological University, bogomolov.ph@gmail.com.

Піддубна Лідія Валеріївна, канд. філос. наук, доц., доцент кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, lidapoddubma@gmail.com.

Piddubna Lidiya, PhD in phil. sciences, associate prof., Department of Computer Sciences and Information Technologies of Kharkiv National University of Urban Economy named O.M. Beketova, lidapoddubma@gmail.com.

DOI 10.5281/zenodo.14673397

ХАРЧОВІ ІНГРЕДІЄНТИ ТА ДОБАВКИ

УДК 664.654:664.641.4:644.644

ВПЛИВ БОРОШНА З БУЛЬБ ЧУФИ НА ПЕРЕБІГ ПРОЦЕСІВ ДОЗРІВАННЯ ТІСТА ТА ЯКІСТЬ ХЛІБА ПШЕНИЧНОГО

С.Г. Олійник, Г.В. Степанькова, С.В. Недвіга, В.Р. Юдіна

Доведено, що в разі внесення 10...20% борошна з бульб чуфи замість пшеничного прискорюється газо- та кислотоутворення в тісті, що дозволяє скоротити тривалість його дозрівання на 11,0...17,0%. Тісто з добавкою більше розпливається, проте характеризується меншою міцністю адгезії. Для отримання хліба з високими органолептичними та фізико-хімічними властивостями рекомендовано використовувати не більше 15% борошна з бульб чуфи.

Ключові слова: борошно з бульб чуфи, газоутворення, титрована кислотність, пористість, питомий об'єм.

IMPACT OF CHUFA FLOUR ON DOUGH MATURATION PROCESSES AND QUALITY OF WHEAT BREAD

S. Oliinyk, G. Stepankova, S. Nedviga, V. Yudina

The effects of partial substitution of wheat flour with chufa flour at levels of 10...20% on dough maturation processes, its structural and mechanical properties, and the quality of the bread are investigated. Replacing wheat flour with chufa flour leads to the intensification of the microbiological processes of dough maturation, namely, the acceleration of alcoholic and lactic acid fermentation. This manifested in an increase in the amount of released carbon dioxide by 14,0...33,0%, and the titrated acidity of the dough by 12,1...27,3%. The intensification of microbiological processes allows for a reduction in dough maturation time by 11,0...17,0%. Acceleration of alcoholic and lactic acid fermentation in the dough occurs due to the activation of yeast and lactic acid bacteria in the presence of mono- and disaccharides, vitamins, and minerals added to the dough with chufa flour. At the same time, replacing part of the wheat flour with an additive increases dough spreadability and reduces adhesion strength.

Organoleptic analysis data of baked products indicate that with an increased dosage of chufa flour, the bread crust develops a more intense coloration compared to the control sample. This is due to the higher content of mono- and disaccharides in the test samples, which participate in Maillard reactions and sugar caramelization during baking. The bread with the additive had a pronounced sweet taste and an almond aroma. The addition of 20% chufa flour led to the appearance of crunchiness of the additive during chewing. Bread samples containing up to 15% additive have

high porosity, specific volume, and dimensional stability, and the addition of 20% chufa flour leads to a significant decrease in these parameters compared to the control sample.

Keywords: *chufa flour, gas formation, titrated acidity, porosity, specific volume.*

Постановка проблеми в загальному вигляді. Хлібобулочні виробниці відіграють важливу соціальну роль у житті суспільства, оскільки щоденно споживаються усіма верствами населення, незалежно від статі, віку та рівня доходів. Згідно з аналітичними даними консалтингової компанії Pro-Consulting, третину ринку хлібобулочних виробів в Україні складає хліб [1]. Разом з тим, хліб, особливо з пшеничного сортового борошна, характеризується невисоким вмістом харчових волокон, багатьох вітамінів, мінеральних та інших біологічно активних речовин. Значною мірою це зумовлено видаленням під час виробництва борошна багатих на есенціальні нутрієнти анатомічних частин зерна. Ефективним шляхом покращення нутрієнтного складу хліба є застосування у якості рецептурних компонентів нетрадиційних видів рослинної сировини з високою харчовою цінністю. Перспективною сировиною для збагачення хліба фізіологічно-функціональними інгредієнтами є борошно з бульб чуфи (*Cyperus esculentus*), що зумовлено високим вмістом в ньому моно- і поліненасичених жирних кислот, харчових волокон, мінеральних речовин, вітамінів [2, 3]. На сьогодні накопичено значний досвід застосування у технологіях хліба нетрадиційних видів борошна.

Установлено, що часткова заміна пшеничного борошна на лляне, гречане, кукурудзяне та інші види борошна [4–7] не тільки сприяє підвищенню харчової цінності хліба, але й по різному впливає на інтенсивність та спрямованість процесів, що відбуваються під час його приготування і зумовлюють якість продукту.

З огляду на вищезначене, під час розробки технології хліба з використанням борошна з бульб чуфи значної уваги необхідно приділити вивченню його впливу на формування якості виробів на всіх етапах технологічного процесу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Чуфа (*Cyperus esculentus* L.) – багаторічна трав'яниста рослина родини осокових (*Cyperaceae*), плодами якої є дрібні, горіхоподібні солодкі бульби з мигдалевим смаком та ароматом. Батьківщиною чуфи вважають Північну Африку та Середземномор'я, а нині вона вирощується в різних країнах світу під назвами «тигровий горіх», «земляний мигдаль», «смикавець їстівний» [2, 8–10]. В Україні чуфа активно культивувалася ще в 30-х роках ХХ століття [11] і сьогодні, після забуття, її

культивування тільки відроджується [12]. Сьогодні найбільшим експортером чуфи та продуктів її переробки в світі вважається Іспанія [13].

Аналітичний огляд наукових даних вітчизняних і закордонних вчених показав, що бульби чуфи в залежності від сорту та регіону вирощування можуть містити 17...28% жирів, серед яких вміст ненасичених жирних кислот складає до 75...83%. Основними представниками ненасичених жирних кислот є олеїнова (до 70%) та лінолева (до 8,3%) жирні кислоти. Вміст вуглеводів у бульбах чуфи складає 40,0...68,0%, серед них 11,0...20,0% моно- та дисахаридів, 20,0...30,0% крохмалю, 11,0...13,0% харчових волокон [8–10]. У бульбах чуфи невисокий вміст білка (7,0...8,0 г/100 г), в якому, за даними науковців, міститься 8 незамінних та 9 замінних амінокислот. Серед незамінних амінокислот присутній фенілаланін (290 мг / 100 г білку), лізин та лейцин (по 200 мг/ 100г білку), валін (150 мг / 100 г білку), тирозин (140 мг / 100 г білку) [10]. Бульби чуфи містять вітаміни E, B₉, C, D, P, а також мінеральні речовини натрій, фосфор, калій, магній, залізо цинк тощо [8–10].

Чуфа є майже безвідходною культурою, завдяки багатому хімічному складу продукти її переробки знаходять застосування в різних галузях харчової промисловості. Із бульб чуфи виготовляють сурогат кави, тонізуючий напій «оршад» [2, 14], ферментовані напої [15], молочно-рослинні десерти [16], морозиво [17], додають у м'ясні продукти.

Одним з основних продуктів переробки чуфи є борошно, що містить в собі практично всі морфологічні складові бульб. Завдяки своєму унікальному солодкувато-горіховому смаку борошно з бульб чуфи, особливо виготовлене із жовтого її різновиду [3], знайшло широке застосування у кондитерській галузі як замітник горіха. Борошно з бульб чуфи використовують для виробництва горіхових мас, а також у технології печива [18], макарунсів [19], тістечок [20]. У технології макаронних виробів борошно з бульб чуфи рекомендовано застосовувати у кількості 10...30% від маси пшеничного борошна [21]. Також ББЧ знайшло застосування у технології макаронних виробів або у кількості 50% разом із нутовим борошном [22].

У роботах [23, 24] доведено можливість виготовлення безглютенового хліба з використанням борошна з бульб чуфи у суміші з рисовим або нутовим борошном. Автори [24] рекомендують зменшувати рецептурну кількість шортенінгу в тісті за рахунок високого вмісту жиру в борошні з бульб чуфи.

У роботах [25–27] обґрунтовано доцільність застосування борошна з бульб чуфи у технології хліба пшеничного. Зокрема, автори [25] відмічають, що заміна пшеничного борошна на 10, 20 і 30% ББЧ сприяє збільшенню вмісту жирів, харчових волокон, а також таких фенольних речовин як катехинів, ферулової та коричної кислот, рутину. У роботі [26] також встановлено підвищення харчової цінності хліба за рахунок заміни 10...50% пшеничного борошна на борошно з бульб чуфи. Разом з тим, спостерігається зниження об'єму хліба, що дослідники пов'язують зі зменшенням пружності та еластичності тіста з добавкою. Результати вивчення сенсорних характеристик і питомого об'єму різних сортів хліба з додаванням 5...30% борошна з бульб чуфи взамін пшеничного показали зниження питомого об'єму всіх зразків виробів, проте сенсорні характеристики варіювалися залежно від виду хліба [27].

Таким чином, результати аналізу літературних джерел щодо застосування борошна з бульб чуфи в технології хліба свідчать, що більшість досліджень присвячені вивченню впливу його різних дозувань на харчову цінність та показники якості випеченого хліба. Нами не знайдено системних даних щодо перебігу процесів дозрівання тіста за додавання борошна з бульб чуфи, розуміння яких дозволяє корегувати технологічні параметри виробництва хліба для забезпечення його якості.

Метою статті є дослідження впливу борошна з бульб чуфи на процеси, що відбуваються під час дозрівання тіста та якість хліба з пшеничного борошна.

Для досягнення поставленої мети визначали:

- перебіг мікробіологічних процесів дозрівання тіста з додаванням борошна з бульб чуфи за показниками газо- та кислотоутворення в ньому;
- вплив борошна з бульб чуфи на структурно-механічні властивості тіста за зміною розпливання його кульки та міцності адгезії;
- вплив борошна з бульб чуфи на фізико-хімічні та органолептичні показники якості хліба.

Виклад основного матеріалу дослідження. У дослідженнях використовували борошно з бульб чуфи (ТУ У 10.9-2866908921-001:2022, виробник JB Natural Foods, S. L., Іспанія) (рис. 1), борошно пшеничне вищого сорту (ГСТУ 46.004-99, виробник ДП Новопокровський комбінат хлібопродуктів, Україна), дріжджі хлібопекарські пресовані (ДСТУ 4812-2007, виробник ТОВ «ВАЛЕКС», Україна), сіль кухонну (ДСТУ 3583-2015, виробник ДП «Солевиварювальний Дрогобицький завод», Україна), воду питну (ДСТУ 7525:2014).



Рис. 1. Борошно з бульб чуфи

Дані щодо фізико-хімічних і органолептичних показників якості борошна з бульб чуфи наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Фізико-хімічні та органолептичні показники якості борошна з бульб чуфи

Показник	Значення показника
Титрована кислотність, град	4,8
Масова частка вологи, %	12,0
Зовнішній вигляд	грубодисперсний сухий порошкоподібний продукт
Колір	світло-кремовий
Смак	солодкуватий, горіховий
Запах	горіховий
Гранулометричний склад, % >250 мкм	73,5±0,5

Дані хімічного складу борошна з бульб чуфи наведено в табл. 2.

Приготування зразків тіста та хліба

Контрольний зразок тіста замішували до однорідної маси у тістомісильній машині KitchenAid із пшеничного борошна вищого сорту, 3% хлібопекарських пресованих дріжджів, 1,5% солі кухонної і води. Вологість тіста становила 43,5%. Під час приготування дослідних зразків 10, 15 і 20% пшеничного борошна замінювали на відповідну кількість борошна з бульб чуфи.

Дозрівання всіх зразків тіста проводили за температури 30±2 °С, тривалість дозрівання визначали за кривою швидкості газоутворення (рис. 1а). Далі формували тістові заготовки, які піддавали вистоюванню за температури 36±2 °С та відносної вологості 80±5%, потім випікали за температури 210±10 °С протягом 25±2 хв.

Таблиця 2

Вміст поживних і біологічно активних речовин у борошні з бульб чуфи

Найменування речовини	Масова частка речовини
Білки, г	7,0±0,4
Жири, г	28,3±1,4
Вуглеводи, г	43,0±2,2
у т. ч. моно- та дицукриди	13,3±0,7
крохмаль	25,0±1,2
харчові волокна:	11,7±0,6
Вітаміни:	
Е, мг	10,0±0,5
В ₉	141,0±7,0
С	4,59±0,20
D	0,41±0,02
Мінеральні речовини, мг:	
Натрій	79,0±3,95
Калій	458,0±22,5
Кальцій	70,0±3,0
Магній	87,0±4,3
Фосфор	28,0±1,4
Залізо	5,8±0,16
Цинк	4,0±0,2

Методи досліджень мікробіологічних і структурно-механічних властивостей тіста

Газоутворювальну здатність тіста визначали волюмометричним методом на приладі Яго-Островського за загальною кількістю виділеного CO₂ під час бродіння за методикою [28].

Титровану кислотність напівфабрикатів визначали стандартним титриметричним методом [29]. Розпливання кульки тіста визначали протягом 180 хв ферментації за методикою [28].

Міцність адгезії дріжджового тіста визначали за калібрувальним графіком залежності зусилля відриву F_{від} від розтяжності пружини L (см) [30]. Час взаємодії тіста з контактуючою пластинною адгезіометра, що виготовлено із сталі марки Ст3 Rz30, був сталою величиною і складав 30 с, температура тіста становила 20°C, напруга контактування також була постійною. Зусилля відриву розраховували за силою відриву, віднесеної до одиниці площі контакту (S_к) за проміжок часу,

необхідного для порушення зв'язку між тістом і твердою площиною за формулою:

$$F_{\text{від}} = \frac{m \cdot g}{S_k}, [F_{\text{від}}] = \frac{H}{\text{м}^2} = \text{Па}, \quad (1)$$

де S_k – площа контакту, 16 см².

Методи оцінки якості хліба

Визначення органолептичних та фізико-хімічних показників якості визначали після повного остигання зразків хліба.

Органолептичні показники якості хліба (зовнішній вигляд, колір і стан скоринки, стан м'якушки, смак, запах) визначали за загальноприйнятими методиками шляхом оцінювання форми та поверхні виробів, кольору їх скоринки та м'якушки, стану пористості та еластичності виробів, а також проводили оцінку смаку та запаху хліба [28].

Фізико-хімічні показники якості виробів, такі як вологість, титровану кислотність, пористість, питомий об'єм визначали за стандартними методиками згідно з ДСТУ 7045:2009. Формостійкість виробів визначали шляхом розрахунку відношення висоти до діаметру подового хліба (H/D) [28].

Статистична обробка

Експериментальні дані обробляли з використанням електронних таблиць MS Office Excel. Результати досліджень розраховували як середнє не менше ніж трьох повторностей. Статистичну значущість отриманих результатів визначали за $p < 0,05$. Дані в таблицях представляють середнє значення показника \pm стандартне відхилення.

Результати досліджень та їх обговорення

Під час дозрівання тіста одночасно відбуваються складні мікробіологічні, біохімічні, колоїдні та фізико-хімічні процеси, взаємний вплив, інтенсивність і спрямованість яких значною мірою зумовлюють якість готового хліба [31]. Зокрема, інтенсивність спиртового бродіння, здатність тіста утримувати діоксид вуглецю впливають на розпушеність, об'єм та структуру хліба. Молочна та інші органічні кислоти, що утворюються у результаті молочнокислого бродіння, відіграють важливу роль у створенні сприятливих умов для біохімічних процесів, активності бродильної мікрофлори, смако-ароматичних властивостей виробів. У цьому зв'язку досліджували вплив борошна з бульб чуфи (ББЧ) на газоутворення та кислотоутворення в тісті, а також на зміну його розпливання та адгезію.

Результати визначення інтенсивності накопичення діоксиду вуглецю у присутності борошна з бульб чуфи представлені на рис. 2 а, б. Додавання ББЧ впливає на газоутворювальну здатність тіста, про що свідчать наведені на рис. 1а експериментальні дані. Загальна кількість виділеного за період експерименту CO₂ у зразках з 10...20%

ББЧ була на 14,0...33,0% вище, ніж у контрольному, що пояснюється прискоренням газоутворення в них (рис. 2б). На даному рисунку, що демонструє кінетику накопичення в тісті CO_2 , наявні два екстремуми. Поява першого екстремуму свідчить про настання дефіциту в тісті легкодоступних цукрів, які асимілюються дріжджами під час бродіння у першу чергу. Подальший спад швидкості газоутворення спричинений перебудовою ферментативного комплексу дріжджів на зброджування мальтози, що утворилася у результаті амілолізу крохмалю. Час настання другого екстремуму, що пов'язаний з дефіцитом мальтози – основного енергетичного матеріалу для життєдіяльності дріжджів, вважається оптимальною тривалістю дозрівання тіста. З наведених на рис. 1б даних видно, що швидкість газоутворення у дослідних зразках тіста вища, ніж у контрольному протягом всього періоду експерименту. Час настання першого екстремуму у всіх зразках відрізняється не суттєво, разом з тим спостерігається менш виражене затухання швидкості газоутворення під час перебудови дріжджів на зброджування мальтози. Другий екстремум на кривій газоутворення у контрольному зразку настає через 180 хв від початку бродіння, у зразках з 10...20 % ББЧ – на 20...30 хв раніше. З одного боку, інтенсифікація газоутворення в дослідних зразках тіста може бути спричинена прискоренням спиртового бродіння в тісті за рахунок додаткового внесення разом з ББЧ легкодоступних для дріжджів моно- та дисахаридів. З іншого боку, стимулюючу дію на активність дріжджових клітин надають вітаміни і мінеральні речовини борошна з бульб чуфи (табл. 2). За внесення 20% ББЧ швидкість газоутворення у тісті дещо сповільнюється. Це може бути пов'язано із вищим вмістом у цьому зразку тіста внесеного з ББЧ жиру, який огортає дріжджові клітини, тим самим погіршуючи умови їх живлення [31].

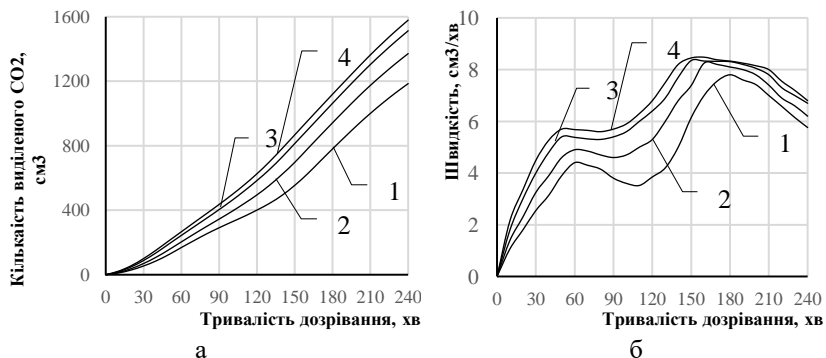


Рис. 2. Загальна кількість CO_2 та зміна швидкості газоутворення в тісті: 1 – без добавки (контроль); 2, 3, 4 – із заміною 10, 15, 20% пшеничного борошна на відповідну кількість ББЧ

Результати досліджень інтенсивності газоутворення тіста дають підставу для скорочення тривалості дозрівання на 11,0...17,0% з метою забезпечення достатньої розпушеності тістових заготовок та пористості готових виробів.

Важливим критерієм дозрілості тіста є показник його титрованої кислотності, який залежить переважно від інтенсивності молочнокислого бродіння. Результати зміни титрованої кислотності контрольного та дослідних зразків протягом дозрівання (рис. 3) свідчать про більш високий початковий показник титрованої кислотності тіста у присутності ББЧ, що пов'язано із вищою, порівняно з пшеничним борошном, кислотністю самої добавки (4,8 град). Разом з тим і упродовж дозрівання тіста кислотонакопичення у дослідних зразках відбувалося інтенсивніше. Згідно з представленими на рис. 2 даними, за період експерименту титрована кислотність контрольного зразка тіста збільшилась на 73,7%, а зразків з внесенням 10...20% ББЧ від маси борошна – на 85,0...91,0%. Кінцевий показник кислотності у дослідних зразків перевищував контрольний на 12,1...27,3%.

Інтенсивність молочнокислого бродіння, як і спиртового, значною мірою залежить від наявності легкодоступних цукрів та біологічно активних речовин для життєдіяльності молочнокислих бактерій [41], додавання яких разом з ББЧ пояснює прискорення кислотонакопичення у дослідних зразках тіста.

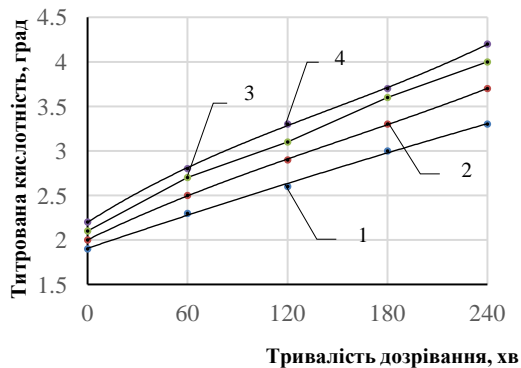


Рис. 3. Зміна показника титрованої кислотності в тісті: 1 – без добавки (контроль); 2, 3, 4 – із заміною 10, 15, 20% пшеничного борошна на відповідну кількість ББЧ

За прогнозованого вище скорочення тривалості дозрівання тіста з 10...20% борошна з бульб чуфи титрована кислотність тіста буде

становити 3,2...3,5 град, що на 6,7...16,7% більше порівняно з контрольною.

Наступним етапом дослідження було визначення розпливання кульки тіста (рис. 4).

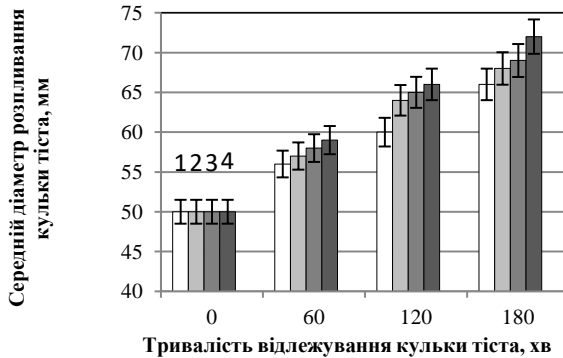


Рис. 4. Вплив ББЧ на розпливання кульки тіста:

1 – без добавки (контроль); 2, 3, 4 – із заміною 10, 15, 20% пшеничного борошна на відповідну кількість ББЧ

Так, за однакових початкових діаметрів кульок тіста через 180 хв ферментації зміни показнику розпливання у дослідних зразках з 10% і 15% ББЧ незначні, тоді як за внесення 20% добавки цей показник вищий на 7,5%. Більше розпливання зразків тіста за додавання ББЧ може бути пов'язано із зменшенням вмісту клейковини і наявністю жиру в добавці, що надає тісту пластичності.

Важливою характеристикою структурно-механічних властивостей є міцність адгезії тіста. На рис. 5 представлені експериментальні дані визначення показника міцності адгезії тіста через 3 години бродіння.

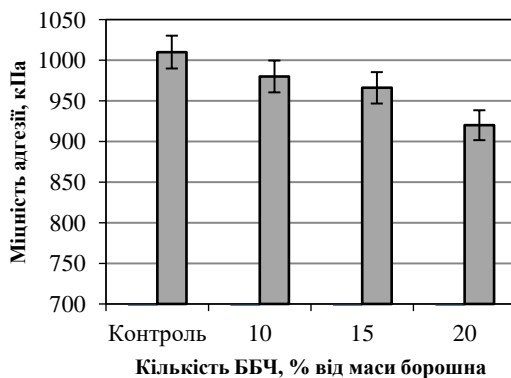


Рис. 5. Вплив борошна з бульб чуфи на міцність адгезії тіста

Отримані дані з результатів визначення показника міцності адгезії свідчать про його зменшення у дослідних зразках на 5,0...9,0%, що може бути пов'язано із високим вмістом високогідрофільних некрохмальних полісахаридів, а також жиру у дослідній добавці.

Для визначення впливу борошна з бульб чуфи на органолептичні та фізико-хімічні властивості хліба проводили лабораторні випікання дослідних та контрольних зразків хліба, результати яких представлені у табл. 3, 4.

Дані органолептичного аналізу випечених виробів (табл. 3) свідчать, що зі збільшенням дозування ББЧ скоринка хліба набуває інтенсивнішого забарвлення порівняно із контрольним зразком. Це спричинене вищим вмістом у дослідних зразках моно- та дисахаридів, що беруть участь у реакціях меланоїдиноутворення та карамелізації цукрів під час випікання виробів [31, 32].

Контрольний зразок і хліб з додаванням 10 і 15% ББЧ характеризувався еластичною, гарно розпушеною м'якушкою з добре розвинутою рівномірною пористістю.

Таблиця 3

Органолептичні показники якості хліба пшеничного з використанням борошна з бульб чуфи

Найменування показників	Характеристика показників якості			
	Хліб без добавки (контрольний зразок)	Хліб із заміною пшеничного борошна на ББЧ, %		
		10	15	20
Форма, стан поверхні	Форма правильна, поверхня рівна, гладка, без підривів та тріщин			
Колір скоринки	Світло-жовтий	Світло-коричневий	Коричневий	
Стан м'якушки	Еластична, з однорідною добре розвинуеною пористістю, не волога на дотик	Еластична, з однорідною добре розвинуеною пористістю, не волога на дотик, з включеннями добавки		Менш еластична, з неоднорідною менш розвинуеною пористістю, не волога на дотик, з включеннями добавки
Смак і запах	Без стороннього смаку і запаху	Легкий солодкуватий присмак і мигдалевий аромат	Виражений солодкуватий присмак і мигдалевий аромат	Виражений солодкуватий присмак і мигдалевий аромат, відчувається хрускіт під час розжовування

Внесення 20% ББЧ призводить до погіршення стану м'якушки. Вироби з добавкою мали виражений солодкуватий присмак, мигдалевий аромат, які посилювалися за мірою збільшення її дозування. Слід зазначити, що під час розжовування хліба з максимальною

кількістю ББЧ відчувався хрускіт добавки, що є недопустимим. Результати фізико-хімічних показників якості наведено в табл. 4.

Таблиця 4

Вплив борошна з бульб чуфи на фізико-хімічні показники якості хліба пшеничного

Найменування показників	Характеристика показників якості			
	Хліб без добавки (контрольний зразок)	Хліб із заміною пшеничного борошна на ББЧ, %		
		10	15	20
Титрована кислотність, %	2,50±0,08	2,70±0,08	2,9±0,08	3,0±0,09
Питомий об'єм, г/см ³	3,20±0,09	3,40±0,10	3,1±0,09	2,80±0,18
Пористість, %	72,0±2,1	76,0±2,3	71,0±±2,1	67±2,0
Формостійкість, (H/D)	0,44±0,01	0,44±0,01	0,43±0,02	0,42±0,01

Установлено, що у всіх дослідних зразках хліба за рахунок інтенсифікації процесу кислотонакопичення у присутності ББЧ показник титрованої кислотності підвищувався відносно контрольного зразка на 8,0...20,0%. За внесенням 10% добавки показник питомого об'єму та пористості збільшився на 6,3% і 5,5% відповідно, тоді як за використання 15% ББЧ дані показники незначно нижчі контрольного зразка. За використання 20% добавки зміни більш виражені і значення показників пористості та питомого об'єму менші відносно контрольного зразка на 12,5% та 7,0% відповідно, що, на наш погляд, може бути пов'язано із заміною значної кількості пшеничного борошна на безклейковинну сировину і зниження газоутримувальної здатності тіста. Отже, використання ББЧ в кількості 20% від маси пшеничного борошна в технології хліба пшеничного є не доцільним.

Висновки. 1. Установлено, що у разі заміни 10...20% пшеничного борошна на борошно з бульб чуфи інтенсифікуються мікробіологічні процеси дозрівання тіста, а саме прискорюється спиртове і молочнокисле бродіння, що виявляється у збільшенні кількості виділеного діоксиду вуглецю на 14,0...33,0% та титрованої кислотності тіста на 12,1...27,3%. Це дозволяє скоротити тривалість дозрівання тіста на 11,0...17,0%.

2. Доведено, що порівняно з контрольним зразком, пшеничне тісто з додаванням борошна з бульб чуфи більше розпливається, проте має нижчу міцність адгезії.

3. Для отримання хліба з високими органолептичними та фізико-хімічними властивостями доцільним є застосування не більше 15% борошна з бульб чуфи замість пшеничного.

4. Подальші дослідження будуть спрямовані на вивчення впливу борошна з бульб чуфи на процеси, що відбуваються під час зберігання хліба.

Список джерел інформації / References

1. Харчові технології. Ринок борошна та основні тренди 2024. [Веб-сайт]. – Київ, 2024. – URL: <https://harch.tech/2024/02/27/rynok-boroshna-ta-osnovni-trendy-2024-roku/> (дата звернення: 10.10.2024).

Kharchovi tekhnolohiyi. Rinok boroshna ta osnovni trendi 2024. [Veb-sayt]. – Kyiv, 2024. – URL: <https://harch.tech/2024/02/27/rynok-boroshna-ta-osnovni-trendy-2024-roku/> (data zvernennya: 10.10.2024).

2. Sanchez-Zapata E., Fernandez-Lopez J., Sendra E., Perez-Alvarez J.A. Tigernut (*Cyperus esculentus*) commercialization: Health aspects, composition, properties, and food applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2012. Vol. 11. Pp. 366–377.

3. Adejuyitan J. Tigernut processing: Its Food uses and Health benefits. *American Journal of Food Technology*. 2011. Vol. 6(3). Pp. 197–201. <https://dx.doi.org/10.3923/ajft.2011.197.201>.

4. Moldakulova Z., Bayisbayeva M., Iskakova G., Dikhanbayeva F., Izembayeva A., Sotnikova V. A study of the possibilities of using linseed flour and rice husk fiber as an additional source of raw materials in the bakery industry. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. Vol. 5. Pp. 61–72. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.242648>.

5. Mohajan S., Munna M. M., Orchy T. N., Hoque M. M., Farzana T. Buckwheat flour fortified bread. *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research*. 2019. Pp. 347–356. <https://doi.org/10.3329/bjsir.v54i4.44569>.

6. Seyyedcheraghi K. The effect of the using corn flour level and additive type on quality of corn bread. *Middle East Journal of Science*. 2018. Vol. 4, № 2. Pp. 81–98. <https://doi.org/10.23884/mejs.2018.4.2.04>.

7. Овсієнко С.М., Науменко О.В. Використання нехлібопекарських видів борошна у хлібопеченні. *Продовольчі ресурси*. 2023. Т. 11, № 20. С. 99–110. <https://doi.org/10.31073/foodresources2023-20-10>.

Ovsiyenko S.M., Naumenko O.V. Vykorystannya nekhlibopekars'kykh vydiv boroshna u khlibopechenni. *Prodovol'chi resursy*. 2023. Т. 11, № 20. С. 99–110. <https://doi.org/10.31073/foodresources2023-20-10>.

8. Codina-Torrella I., Guamis B., Trujillo A.J. Characterization and comparison of tiger nuts (*Cyperus esculentus* L.) from different geographical origin: Physico-chemical characteristics and protein fractionation. *Industrial Crops and Products*. 2015. Vol. 65. Pp. 406–414.

9. Бажай-Жежерун С., Рахметов Д. Смикавець їстівний – цінна сировина для виробництва функціональних харчових продуктів. Оздоровчі харчові продукти та

дієтичні добавки: технології, якість та безпека : збірник матеріалів Міжнар. наук.-практ. конф., 14–15 листопада 2018 р. – Київ : НУХТ, 2018. – С. 79–81.

Bazhai-Zhezherun S., Rakhmetov D. Smykavets yistyvnyi – tsinna syrovyna dlya vyrobnytstva funktsionalnykh kharchovykh produktiv. Ozdorovchi kharchovi produkty ta dietychni dobavky: tekhnolohii, yakist ta bezpeka: zbirnyk materialiv Mizhnar. nauk.-prak. konf., 14–15 lystopada 2018 r. – Kyiv: NUKhT, 2018. – S. 79–81.

10. Mohamoud Farid Salama, Osman M., Owon M. Chemical and technological characterization of tigernut (*Cyperus esculentus* L.) tubers. *Journal of Food and Dairy Sciences*. 2013. Vol. 4. No. 6. Pp. 323–332.

11. Мільський О.В., Стрельцина І.Я., Нітченко С.В. Чуфа та використання її в кондитерській промисловості // Нові види сировини кондитерської промисловості. Чуфа, арахіс, сунічний помідор. – К.: Укрдержвидавмісцевпром, 1936. – С. 4–22.

Mil's'kyi O. V., Strel'tsyna I. Ya., Nitchenko S. V. Chufa ta vykorystannia yii v kondyters'kii promyslovosti // Novi vidy syrovyny kondyters'koi promyslovosti. Chufa, arakhis, sunychnyi pomidor. – K.: Ukrderzhvydavmistsievprom, 1936. – S. 4–22.

12. Смілянець Н.М. Інтродукція *Cyperus esculentus* L. в Лисостепу України. Інтродукція рослин. 2003. № 12. С. 70–74.

Smiyanets N.M. Intruduktsiya *Cyperus esculentus* L. v Lisostepu Ukrainy. Intruduktsiya roslyn. 2003. № 12. S. 70–74.

13. Василенко О. В., Фещенко В. В., Чубко О. П., Гнатюк Н. О. Диверсифікація господарств у напрямку вирощування нішевих культур – елемент стратегії адаптації до змін клімату. *Ukrainian Journal of Natural Sciences*. 2024. №9. С. 191–199.

Vasylenko O. V., Feshchenko V. V., Chubko O. P., Hnatyuk N. O. Dyversifikatsiya hospodarstv u napryamku vyroshchuvannya nishevyyh kul'tur – element stratehiyi adaptatsiyi do zmin klimatu. *Ukrainian Journal of Natural Sciences*. 2024. №. 9. S. 191–199.

14. Martín-Esparza, E., & González-Martínez, C. Horchata de chufa: A traditional Spanish beverage with exceptional organoleptic, nutritive, and functional attributes. *Functional Properties of Traditional Foods*. 2016. Pp.371–375.

15. Kizzie-Hayford N., Dabie K., Kyei-Asante B. Storage temperature of tiger nuts (*Cyperus esculentus* L.) affects enzyme activity, proximate composition and properties of lactic acid fermented tiger nut milk derived thereof. *LWT*. 2021. Vol. 137. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110417>

16. Тележенко Л. М., Біленька І. Р., Золовська О. В., Лазаренко Н. А. Розробка технології молочно-рослинного десерту з функціональними наповнювачами. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. Серія: Харчові технології. 2018. Т. 20, № 90. С. 46–52.

Telezhenko L. M., Bilenka I. R., Zolovska O. V., Lazarenko N. A. Rozrobka tekhnolohiyi molochno-roslynnogo desertu z funktsional'nymy napovnyuvachamy // Nauk. visnyk Lvivs'kogo natsional'nogo univertsytetu veterynarnoyi medytsyny ta biotekhnolohiyi imeni S. Z. Hzhys'koho. Seriya: Kharchovi tekhnolohiyi. 2018. T. 20, No 90. S. 46–52.

17. Неміріч О. В., Устименко І. М., Гавриш А. В. Використання бульб чуфи в технології морозива. Інноваційні технології в готельно-ресторанному бізнесі : матеріали ІХ Всеукр. наук.-практ. конф., 19–20 травня 2020 р. Київ : НУХТ, 2020. С. 271.

Nemyrych O. V., Ustymenko I. M., Havrysh A. V. Vykorystannia bul'b chufy v tekhnohohii morozyva. Innovatsiyni tekhnohohiyi v hotel'no-restorannomu biznesi : materialy ІХ Vseukr. nauk.-praktychnyi konferentsii, 19–20 travnia 2020 r. Kyiv : NUKHT, 2020. S. 271.

18. Горобець О. М., Левченко Ю. В., Гередчук А. М. Інноваційні технології кондитерських виробів з використанням обліпихи : колективна монографія / за ред. О. В. Калашник, Х. З. Махмулова, І. О. Яснолоб. Полтава : Видавництво ПП «Астрая», 2020. С. 220–230.

Horobets O. M., Levchenko Yu. V., Heredchuk A. M. Innovatsiyni tekhnohohiyi kondyters'kykh vyrobiv z vykorystanniam oblipykhy : kolektyvna monohrfiya / za red. O. V. Kalashnyk, Kh. Z. Makhmulova, I. O. Yasnolob. Poltava : Vydavnytstvo PP «Astraya», 2020. S. 220–230.

19. Chinma C. E., Avu J. O., Abubakar Y. A. Effect of tigernut (*Cyperus esculentus*) flour addition on the quality of wheat-based cake. *International Journal of Food Science and Technology*. 2010. Vol. 45. Pp. 1746–1752. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2624.2010.02334x>

20. Mohamed T. Fouad, Ahmed Hussien, Moustafa A.El-Shenawy. Production of pasta using tiger nut and fermented permeate with some probiotic bacteria. *Egyptian Journal of Chemistry*. 2022. Vol. 65, №4. Pp. 569-578.

21. Llavata B., Albors A., Martin-Esparza M. E. High Fibre Gluten-Free Fresh Pasta with Tiger Nut, Chickpea and Fenugreek: Technofunctional, Sensory and Nutritional Properties. 2019. *Foods*. Vol. 9(1). Pp. 1-15. . <https://doi.org/10.3390/foods9010011>

22. Sumnu G., Sahin S. Quality of Gluten-Free Bread Formulations Baked in Different Ovens. *Agricultural and Food Sciences*. 2013. Vol. 6. Pp. 746-753. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0712-6>

23. Aguilar N., Albanel E., Minarro B., Capellas M. Chickpea and tiger nut flours as alternatives to emulsifier and shortening in gluten-free bread. *LWT - Food Science and Technology*. 2014. № 62(1). Pp. 225-238. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.12.045>

24. Özcan M. Quality Evaluation of Bread Prepared from Wheat–Chufa Tuber Composite Flour. *Foods*. 2023. № 12(3), Pp. 444-452. <https://doi.org/10.3390/foods12030444>

25. Ade-Omowaye B. I. O., Akinwande B. A., Bolarinwa I. F., Adebisi A.O. Evaluation of tigernut (*Cyperus esculentus*) -wheatcomposite flour and bread. *African Journal of Food Science*. 2008. Vol 2. Pp. 087-091.

26. Kizzie-Hayford N., Akanson J., Ampofo-Asiama J., Abano E. E. Influence of Partially Substituting Wheat Flour with Tiger Nut Flour on the Physical Properties, Sensory Quality, and Consumer Acceptance of Tea, Sugar, and Butter Bread. *International Journal of Food*. 2023. Pp. 1-10. <https://doi.org/10.1155/2023/7892739>.

27. Дробот В. І. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського та макаронного виробництва. Київ : Центр навчальної літератури. 2006. 341 с.

Drobot V. I. Laboratorniy praktykum z tekhnolohiyi khlibopekars'koho ta makaronnogo vyrobnytstv. Kyiv: Tsentr navchal'noyi literatury. 2006. 341 s.

28. Дробот В. І. Технохімічний контроль сировини та хлібобулочних і макаронних виробів. Київ : Кондор-Видавництво. 2015. 972 с.

Drobot V. I. Tekhnochimichnyy kontrol syrovyny ta khlibobulochnykh i makaronnykh vyrobiv. Kyiv: Kondor-Vydavnytstvo. 2015. 972 s.

29. Реологічні методи дослідження сировини і харчових продуктів та автоматизація розрахунків реологічних характеристик : навч. посіб. / А. Б. Горальчук, П.П. Пивоваров, О.О. Гринченко та ін. Харків : ХДУХТ, 2006. 63 с.

Reologichni metody doslidzhennya syrovyny i kharchovykh produktiv ta avtomatyzatsiya rozrakhunkiv reologichnykh kharakterystyk: navch. posib. / A. B. Horalchuk, P. P. Pyvovarov, O. O. Hrynchenko ta in. Kharkiv: KhDUKHT, 2006. 63 s.

30. Дробот В. І. Технологія хлібопекарського виробництва : підручник 2-ге вид., допов. та переробл. – Київ : ПрофКнига, 2024. 516 с.

Drobot V. I. Tekhnologiya khlibopekars'koho vyrobnytstva: pidruchnyk. 2-he vyd., dopov. ta pererobl. – Kyiv: ProfKnyha, 2024. 516 s.

31. Purlis E., Browning development in bakery products. Journal of Food Engineering. 2010. Vol. 99, № 3. Pp. 239-249. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.03.008>.

Олійник Світлана Георгіївна, канд. техн. наук, проф., професор кафедри технології хлібопродуктів і кондитерських виробів, Державний біотехнологічний університет, svitlana.oliinyk@gmail.com.

Oliinyk Svitlana, PhD, professor, professor of Department of Bakery and Confectionery Technology, State Biotechnological University, svitlana.oliinyk@gmail.com.

Степанькова Галина Вячеславівна, канд. техн. наук, доц., доцент кафедри технології хлібопродуктів і кондитерських виробів, Державний біотехнологічний університет, stepankova_galina@ukr.net.

Stepankova Galyna, PhD, Associate Professor, Associate Professor of Department of Bakery and Confectionery Technology, State Biotechnological University, stepankova_galina@ukr.net.

Недвіга Світлана Вікторівна, асп., кафедра технології хлібопродуктів і кондитерських виробів, Державний біотехнологічний університет, nedviga_sveta@ukr.net.

Nedviha Svitlana, post-graduate student, Department of Bakery and Confectionery Technology, State Biotechnological University, nedviga_sveta@ukr.net.

Юдіна Вікторія Романівна, студ., кафедра технології хлібопродуктів і кондитерських виробів, Державний біотехнологічний університет.

Yudina Viktoriia, student, Department of Bakery and Confectionery Technology, State Biotechnological University.

DOI 10.5281/zenodo.14673471

**ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ
ХАРЧОВОЇ ІНДУСТРІЇ**

УДК 631.632

**ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ СЕПАРАЦІЇ
НАСІННЯ ПРОСА НА ГРАВІТАЦІЙНОМУ УДАРНОМУ
СЕПАРАТОРІ**

**О.В. Богомолов, В.М. Михайлов, О.О. Богомолов,
В.О. Панов, І.О. Бочарніков**

Розглянуто питання визначення раціональних параметрів очищення купи насіння проса від відокремлюваного насіння бур'янів мишію та курячого проса на гравітаційному багатоярусному ударному сепараторі. За допомогою багатofакторного експерименту та графоаналітичного аналізу отриманих виразів визначено раціональні параметри факторів впливу на процес виділення важковідокремлюваного насіння бур'янів із насіння проса.

***Ключові слова:** насіння проса, сепарація, процес, гравітаційний сепаратор, раціональні параметри.*

**DETERMINATION OF RATIONAL PARAMETERS
OF SEPARATION OF MILLET SEEDS
ON A GRAVITY IMPACT SEPARATOR**

**O. Bogomolov, V. Mykhailov, O. Bogomolov,
V. Panov, I. Bocharnikov**

The article considers the issues of determining the rational parameters of cleaning a heap of millet seeds from separated seeds of weeds of mouse and chicken millet on a gravity multi-tiered impact separator. To determine the factors that have the greatest impact on the optimization criteria, an a priori ranking method was applied, and as a result, three main varying factors were identified, the levels of which were assigned based on the results of previous theoretical studies and design considerations. In the experiments, a three-level non-compositional Box-Benkin plan of the 2nd order is chosen.

The regression equations were obtained, as a result of which two-dimensional cross-sections of the response surfaces of the optimization parameters were constructed. To ensure the interpretation of the obtained results of the study on the response surface, the method of two-dimensional sections is used. As a result of the graph-analytical analysis of the obtained expressions, the rational parameters of the value of the factors influencing the process of separating hard-to-separate weed seeds were determined.

Keywords: *millet seeds, separation, process, gravity separator, rational parameters.*

Постановка проблеми в загальному вигляді. За минулі роки значно збільшилось виробництво проса, як у світі, так і в Україні. В порівнянні з 2022 роком – 101.8 тис. т, у 2023 році зібрано 180.2 тис. т проса [1]. Але перед виробниками проса виникають декілька проблем, пов'язаних з тим, що посіви проса засмічуються великою кількістю бур'янів, насіння яких при збиранні потрапляє у купу з насінням основної культури. Для сепарації насіння проса застосовуються сепаратори загального призначення. На цих сепараторах відділяється значна кількість насіння бур'янів та домішок, які відрізняються від проса за розмірами, та аеродинамічними властивостями. Але на практиці просо також засмічується насінням важковідокремлюваних бур'янів, яке за розмірами та аеродинамічними властивостями близьке до насіння проса, це насіння мишію та курячого просо, тому якісна сепарація насіння проса від мишію та курячого проса має певні труднощі і без великих втрат насіння основної культури у відходи на сепараторах загального призначення, з пневморешітно-триєрними робочими органами, на яких зазвичай очищають купу насіння проса, не можлива.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сепарація насіння проса є одним з основних етапів виробництва цієї культури, яка впливає на якість продукції, її рентабельність і конкурентно-спроможність на ринку. Виробники проса стикаються принаймні з трьома проблемами при сепарації насіння проса. Ці проблеми проаналізовані в роботах таких науковців: Li та ін. [2], Zhang та ін. [3], Ali та ін. [4], Gupta та ін. [5].

По-перше, це стосується вмісту домішок у купі зерна проса. Здрібнені залишки рослинного матеріалу, соломи, ґрунтових частинок, каміння, насіння бур'янів створюють серйозні проблеми під час процесу сепарації. Це питання добре проаналізовано в роботах Li та ін. [2], Zhang та ін. (2019) [3], де зазначено, що в традиційних системах сепарації очищення насіння проса може досягати лише 75...80% через технічні спроможності обладнання. Цей показник можна підвищити шляхом упровадження інноваційних технологій, на яких більш ефективно відділяються різні типи домішок.

По-друге, малий розмір насіння проса і домішок (1,0...2,0 мм) за дослідженнями Ali та ін. (2021) [4] ускладнюють процес сепарації, але при використанні повітряних потоків при сепарації малих зерен, як стверджує Ali, можна підвищити ефективність сепарації на 5...10%. Ці технології, однак, доволі енерговитратні.

По-третє, це високі енерговитрати на здійснення процесу

сепарації. За даними Gupta та ін. (2020) [5], традиційні методи сепарації є енергоємними і потребують значних витрат ресурсів. Використання оптичних систем та технологій на основі штучного інтелекту зменшує енергоспоживання на 20...25%. Але виробників лякає дороговизна таких систем і часто складність в їх налагодженні.

В Україні ці проблеми постають ще гостріше через застаріле обладнання. Так, у дослідженні Gupta та ін. (2020) [5] зазначено, що підприємства, які працюють на застарілих машинах, не можуть досягти необхідної ефективності сепарації. Можна ще додати, що відсутність єдиних стандартів якості насіння в Україні ускладнює вихід виробників на міжнародний ринок. Так, країни з чіткими стандартами якості зерна за результатами досліджень Ali та ін. (2021) [4] мають значні переваги на світових ринках. В той же час відомо, що насіння проса відрізняється від насіння цих бур'янів пружністю, формою та коефіцієнтами тертя, тому сепарація купи насіння проса з цими засмічувачами можлива на сепараторах, в яких сепарація здійснюється за сукупністю пружних фрикційних властивостей та форми [1].

Сепарацію насіння проса можна проводити за сукупністю фізико-механічних властивостей на ударних гравітаційних сепаруючих поверхнях [6, 7].

Мета статті – визначити раціональні параметри процесу сепарації насіння проса на гравітаційному багатоярусному ударному сепараторі за допомогою активного планування експерименту та проведення графоаналітичного аналізу отриманих результатів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для сепарації насіння проса авторами був розроблений гравітаційний багатоярусний ударний сепаратор, сепарація в якому здійснюється за різницею сукупності ознак фізико-механічних властивостей, а саме пружності, форми та фрикційних властивостей [8], схема якого подана на рис. 1.

Багатоярусний ударний сепаратор складається з живильного бункера 1, похилих у поздовжньо-поперечному напрямку неперфорованих дек 2, установлених у три або чотири яруси, та приймачів продуктів поділу 3. У кожному з ярусів дека встановлені опозитно одне до одного, а кожний нижчий ярус зміщений в поперечному напрямку послідовно зверху до низу в ту чи іншу сторону на величину від $\frac{1}{3}$ до $\frac{2}{3}$ ширини робочої поверхні. Для регулювання продуктивності сепаратора взагалі його можна виготовляти з одного або декількох блок-модулів залежно від продуктивності.

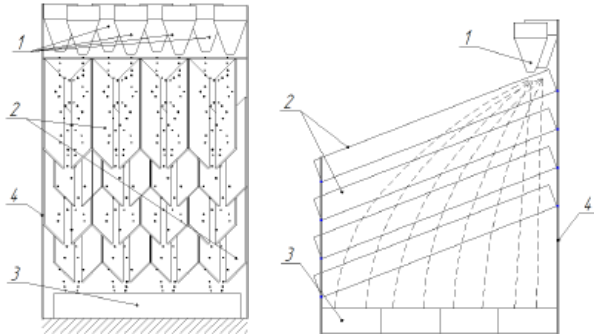


Рис. 1. Принципова схема гравітаційного багатоярусного ударного сепаратора: 1 – бункер; 2 – ударні сепаруючі поверхні; 3 – приймачі продуктів сепарації; 4 – корпус сепаратора

Для проведення експериментів на розробленому сепараторі був обраний тривірневий некомпозиційний план Бокса–Бенкіна 2-го порядку. Для визначення факторів, які найбільше впливають на критерій оптимізації, застосований метод апріорного ранжирування [9]. У результаті виділено три основні фактори, що варіюють: x_1 – повздовжній кут α , град.; x_2 – подача зерна Q , кг/год.; x_3 – поперечний кут β , град. Верхній та нижній рівні факторів були призначені з конструктивних міркувань і за результатами теоретичних досліджень.

Як параметр оптимізації були обрані маси зерна в лотках №3 і №4, в які надходить кондиційне насіння. Масу зерна з лотка №2 пропонується використовувати або як корм птиці, або направляти на повторну обробку. У лотку №1 містяться відходи.

У таблиці 1 наведені значення факторів та інтервали варіювання факторів.

Таблиця 1

Значення факторів та інтервали варіювання факторів

Найменування	Фактор		Рівні варіювання фактора			Інтервал варіювання
	Позначення		-1	0	+1	
	натуральне	кодове				
Повздовжній кут α , град.	X_1	x_1	2	4	6	2
Подача зерна, Q , кг/час.	X_3	x_3	40	50	60	10
Поперечний кут β , град.	X_2	x_2	30	35	40	5

У ході планування експериментальних досліджень задаємося нижченаведеними параметрами: надійність результатів дослід – 0,95; допустима похибка $\varepsilon = \pm \sigma$; число повторюваності дослідів – 3. Для усунення помилок використовували критерій Стюдента.

Після проведення експерименту відповідно до матриці планування проведена статистична обробка. Отримані результати наведені в табл. 2 і 3.

Таблиця 2

Результати реалізації матриці планування, критерій оптимізації маси зерна в лотку №3

№	№ виміру	Результати експериментів			\bar{y}	$\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2$	S_i^2	φ	$\sum_{i=1}^N (\bar{y} - \bar{y})^2$
		y_1	y_2	y_3					
1	14	19,3	18,9	18,2	18,8	0,62	0,02	18,64	0,0251
2	9	18,1	18	17,9	18	0,02	0,0006	18,158	0,02506
3	15	18,2	18,9	19,4	18,8	0,72	0,0242	18,075	0,5751
4	10	16,8	16,6	16,5	16,6	0,0466	0,00156	17,3916	0,5751
5	3	17,9	18,1	17,7	17,9	0,08	0,00267	18,1833	0,080278
6	5	17,4	17,5	17,7	17,5	0,0466	0,00156	17,25	0,080278
7	2	15,4	15,7	16,1	15,7	0,2466	0,00822	16,3667	0,40111
8	6	17,3	16,4	16,6	16,7	0,44666	0,01488	16,1333	0,401111
9	7	20,8	21,4	21	21,0	0,18666	0,00622	20,9416	0,015625
10	11	20,3	20,5	20,9	20,5	0,18666	0,00622	20,6917	0,015625
11	4	16,9	16,5	17,7	17,0	0,746666	0,02488	16,5583	0,225625
12	12	16,1	16,6	16,9	16,5	0,32666	0,01089	17,0083	0,225625
13	1	21,4	22,8	22,1	22,1	0,9800	0,03266	22,1	0,065309
14	13	21,5	21,8	21,7	21,6	0,046666	0,00156	21,6667	0,031605
15	8	21,4	21,5	22,4	21,7	0,606666	0,02022	21,7667	0,006049

Після підставлення коефіцієнтів регресії отримаємо такі рівняння:

$$y_1 = 21,84 + 0,29x_1 - 0,05x_2 + 0,18x_3 + 0,33x_1x_2 + 2,02x_2x_3 + 0,73x_1x_3 - 2,8x_1^2 - 0,98x_2^2 - 2,06x_3^2;$$

$$y_2 = 13,49 + 0,33x_1 - 0,18x_2 - 0,04x_3 + 0,26x_1x_2 + 1,31x_2x_3 + 0,15x_1x_3 - 1,95x_1^2 - 0,26x_2^2 - 1,55x_3^2.$$

Таблиця 3

**Результати реалізації матриці планування, критерій оптимізації маси
зерна в лотку №4**

№	№ виміру	Результати експериментів			\bar{y}	$\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2$	S_i^2	y	$\sum_{i=1}^N (\bar{y} - y)^2$
		y_1	y_2	y_3					
1	14	3,25	3,31	3,31	11,9	0,02	0,00067	11,679	0,048767
2	9	2,69	2,76	2,71	11,1	0,046667	0,0015	11,3875	0,048767
3	15	1,89	2,01	1,93	11,8	0,44667	0,01488	11,5291	0,113906
4	10	1,69	1,65	1,67	10,1	0,60667	0,02022	10,5041	0,113906
5	3	2,55	2,64	2,62	10,1	0,02	0,00067	10,425	0,105625
6	5	2,45	2,43	2,44	10,1	0,32667	0,01088	9,84166	0,105625
7	2	1,53	1,49	1,55	9,96	0,04666	0,00156	10,2	0,054444
8	6	1,94	1,88	1,90	9,7	0,72	0,024	9,46667	0,054444
9	7	1,59	1,62	1,62	12,8	0,44667	0,01489	12,7625	0,010851
10	11	2,18	2,24	2,13	13,1	0,56	0,01867	13,204	0,010851
11	4	1,94	1,91	1,90	10,2	0,32667	0,01089	10,2208	0,000156
12	12	2,26	2,32	2,27	10,5	0,24	0,008	10,5125	0,000156
13	1	0,90	0,89	0,87	13,5	0,32	0,01066	13,5	0,000178
14	13	0,99	0,92	0,95	13,5	0,02	0,00066	13,5	0,000178
15	8	0,91	0,93	0,94	13,4	0,2616	0,00872	13,46	0,000711

Перевірку адекватності рівнянь проводили шляхом порівняння дисперсії адекватності з дисперсією параметра оптимізації за критерієм Фішера. У результаті отриманих розрахунків $F_{\text{табл.}} > F_{\text{расч.}}$. Отже, рівняння (1) та (2) адекватні (табл. 4).

Таблиця 4

Результати статистичної обробки рівнянь регресії

№	Позначення	Маса в лотку №3	Маса в лотку №4
1	S_y^2	0,0059	0,0049
2	S	0,076	0,07
3	$S_{\text{ад}}^2$	0,4581	0,1337
4	$F_{\text{расч.}}$	1,677	0,523
5	$F_{\text{табл.}}$	3,8625	3,8625
6	$G_{\text{расч.}}$	0,1844	0,1634
7	$G_{\text{табл.}}$	2,0423	2,0423

Після відкидання незначних коефіцієнтів регресії рівняння набули вигляду:

$$y_1 = 21,84 + 0,29x_1 + 0,18x_3 + 0,33x_1x_2 + 2,02x_2x_3 + 0,73x_1x_3 - 2,8x_1^2 - 0,98x_2^2 - 2,06x_3^2;$$

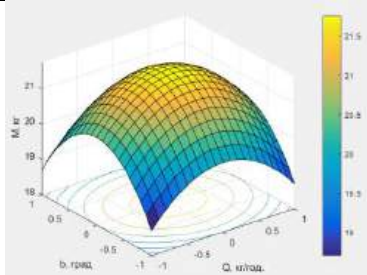
$$y_2 = 13,49 + 0,33x_1 - 0,18x_2 - 0,04x_3 + 0,26x_1x_2 + 1,31x_2x_3 + 0,15x_1x_3 - 1,95x_1^2 - 0,26x_2^2 - 1,55x_3^2.$$

Використовуючи дані розрахунку з табл. 5, побудували двовимірні перерізи поверхонь відгуку: маса в лотку №3 та маса в лотку №4. Для побудови графіків використовували програми MathCad v14 і Компас 3D V15 [9]. Графіки подано на рис. 2, 3.

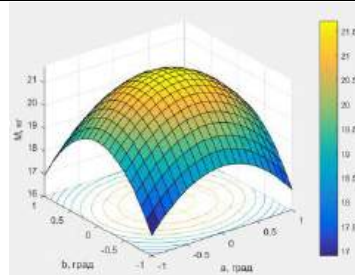
Таблиця 5

Результати канонічних перетворень рівнянь регресії для двовимірних перетинів поверхонь відгуків

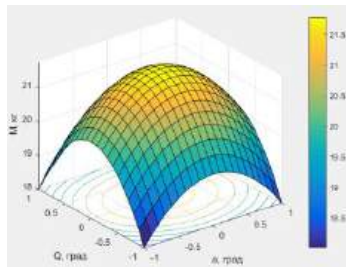
	Параметри оптимізації	Не відомі рівня	Коефіцієнти рівняння		Координати нового центру, S			Знач. параметра опт. в точці S	Значення факторів у центрі S			Кут пов. осей у центрі S ф. °
			B ₁	B ₂	X _{S1}	X _{S2}	X _{S3}		α, град	Q, кг/год.	β, град.	
1	Маса в лотку №3, г	x ₁ =0	-1,27	-1,78		0,17	-0,08	21,76		51,73	34,58	9
		x ₂ =0	-2,03	-2,79	-0,14		0,13	21,72	3,72		35,67	39
		x ₃ =0	-1,51	-2,26	-0,11	0,04		21,78	3,78	50,37		21
2	Маса в лотку №4, г	x ₁ =0	-0,17	-1,64		-0,25	0,19	13,39		47,45	36	13
		x ₂ =0	-1,68	-1,88	-0,17		0,01	13,38	3,66		34,96	21
		x ₃ =0	-0,42	-1,79	-0,09	-0,62		13,47	3,83	43,81		21



А

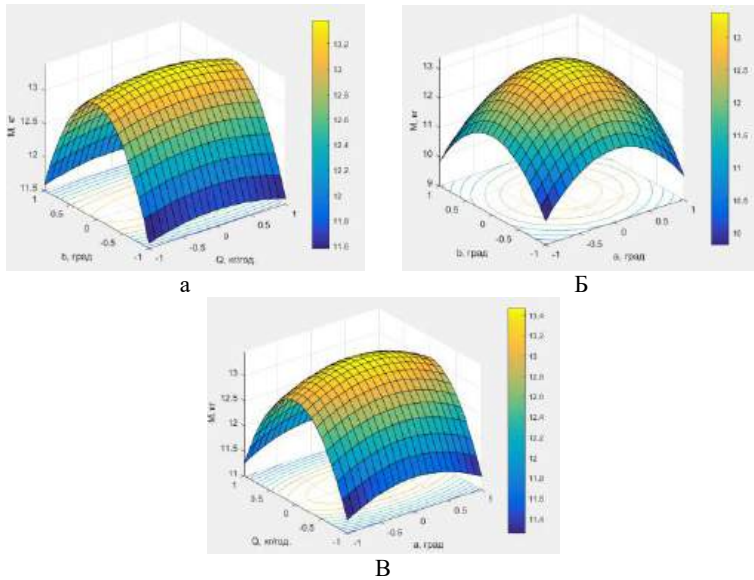


Б



В

Рис. 2. Поверхні відскоку маси зерна в лотку №3: а) $x_1 = 0$; б) $x_2 = 0$; в) $x_3 = 0$



**Рис. 3. Поверхні відгук маси зерна в лотку №4: а) $x_1 = 0$;
б) $x_2 = 0$; в) $x_3 = 0$**

Для забезпечення інтерпретації отриманих результатів дослідження щодо поверхні відгук був використаний метод двовимірних перерізів. Побудова двовимірних перерізів функції відгук виконувались в такий спосіб. В отриману раніше математичну модель підставлялися закодовані значення всіх факторів, крім будь-якого одного, причому в першу чергу досліджувалися перетини, які мають найбільш практичне значення.

Далі в отриманому виразі визначався центр поверхні відгук та проводилося канонічне перетворення моделі другого порядку. Після канонічного перетворення визначався тип поверхні відгук та проводився графо-аналітичний аналіз отриманого виразу.

Для оптимізації конструктивно-технологічних параметрів сепаратора побудовано двовимірні перерізи поверхонь відгуків (рис. 4–6).

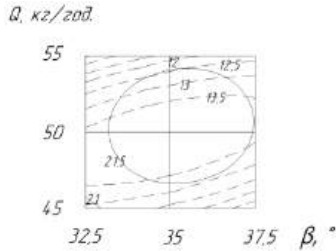


Рис. 4. Двовимірний перетин поверхонь відгуку, що характеризує вплив поперечного кута β (фактор x_3) та подачі зерна Q , кг/год (фактор x_2) на масу зерна в лотку №3 (пунктирна лінія) та масу зерна в лотку №4 (суцільна лінія), якщо $x_1 = 0$.

На графіку (рис. 4) видно, що максимальні значення маси зерна в лотках №3 і №4 мають місце при значенні поперечного кута $\beta = 35^\circ$ та подачі зерна $Q = 50$ кг/год. Також можна зробити висновок, що допустимі значення аналізованих факторів можуть перебувати в таких межах: поперечний кут від $34,6^\circ$ до 36° і подача зерна Q від $51,7$ кг/год до $47,5$ кг/год.

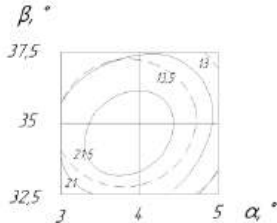


Рис. 5. Двовимірні перерізи поверхонь відгуку, що характеризують вплив повздовжнього кута α (фактор x_1) та поперечного кута β (фактор x_3) на масу зерна в лотку №3 (пунктирна лінія) та лотку №4 (суцільна лінія), якщо $x_2 = 0$.

На графіку (рис. 5) видно, що максимальні значення маси зерна в лотках №3 та №4 мають місце при значенні поперечного кута $\beta = 3,8^\circ$ та подачі зерна $Q = 34$ кг/год. Також можна зробити висновок, що допустимі значення аналізованих факторів можуть перебувати в таких межах: поперечний кут від $35,6^\circ$ до $34,9^\circ$, повздовжній кут – α від $3,6^\circ$ до $3,7^\circ$.

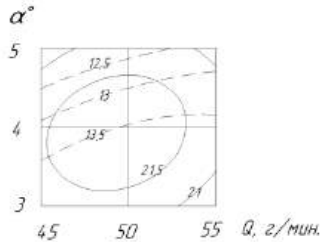


Рис. 6. Двовимірні перерізи поверхонь відгуку, що характеризують вплив поздовжнього кута α (фактор X_1) та подачі зерна Q кг/год (фактор X_2) на масу зерна в лотку №3 (пунктирна лінія) та лотку №4 (суцільна лінія), якщо $X_3 = 0$

На графіку (рис. 6) видно, що максимальні значення маси зерна в лотках №3 та №4 мають місце при значеннях поздовжнього кута $\alpha = 3,8^\circ$ та подачі зерна $Q = 52,5$ кг/год. Також можна зробити висновок, що допустимі значення аналізованих факторів можуть знаходитися в таких межах: поздовжнього кута α від $3,7^\circ$ до $3,8^\circ$, подача зерна Q від 43,8 кг/год до 50,3 кг/год. Вихід очищеної фракції при виборі раціональних параметрів становить 70 %.

Висновки. На підставі дослідження процесу виділення насіння бур'янів мишію та курячого проса на багатоярусному ударному сепараторі та визначені раціональні параметри сепарації за допомогою багатофакторного експерименту: поздовжній кут нахилу робочого органу $3,6^\circ \dots 3,8^\circ$, поперечний кут нахилу робочого органу $34,6 \dots 36^\circ$, подача зерна на робочій орган $47,5 \dots 51,7$ кг/год, вихід очищеної фракції при цьому становить 70%.

Список джерел інформації / References

1. Богомолов О.О. Сепарація насіння проса за дальністю відскоку після удару об похилу відбивну поверхню. Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства та торгівлі. Вип. 1(35), 2024.

Bohomolov O.O. Separatsiya nasinnya prosa za dal'nistyju vidskoku pislya udaru ob pokhylyu vidbyvnu poverkhnyu. Prohresivni tekhnika ta tekhnolohiyi kharchovykh vyrobnytstv, restorannoho hospodarstva ta torhivli. Vyp.1(35), 2024.

2. Li, J., et al. (2020). Optical Sorting Technology in Millet Processing: Enhancing Quality and Reducing Losses. Journal of Agricultural Engineering.

3. Zhang, X., et al. (2019). Innovative Pneumatic and Optical Sorting System for Small Graine Seeds, International Journal of Agricultural Machinery and Technology.

4. Ali, M., et al. (2021). Pneumatic Separation of Millet Seed: Comparative

Efficiency of Mechanical and Airflow System. Agricultural Technology Research.

5. Gupta, A., et al. (2020) Energy Efficiency in Seed Processing and Modern Equipment. Journal of Sustainable Agricultural and Systems.

6. Богомолов А.В. Сепарация трудноразделимых сыпучих смесей монографія. Х.: ХНТУСХ ім. П. Василенко. 2013. 308 с.

Bogomolov A.V. Separatsiya trudnorazdelimykh sypuchikh smesey monografiya. KH.: KHNTUSKH im. P. Vasilenko. 2013. 308 s.

7. Бредихін В.В., Богомолов О.В., Сліпченко М.В., Кісь-Коркіщенко Л.В., Івашченко С.Г., Ірклієнко В.І., Черняєв О.О., Тікунов С.Р. Наукові основи ошадливої підготовки насіння з поліпшеним біологічним потенціалом. Монографія. Харків: «Діса+», 2023. 408 с.

Bredykhin V.V., Bohomolov O.V., Slipchenko M.V., Kis'-Korkishchenko L.V., Ivashchenko S.H., Irkliyenko V.I., Chernyayev O.O., Tikunov S.R. Naukovi osnovy oshchadlyvoyi pidhotovky nasinnya z polipshenym biolohichnym potentsialom. Monografiya. Kharkiv: «Disa+», 2023. 408 s.

8. Патент на корисну модель. 62244 Україна МПК(2011.01) B07B13/00. Багатоjarусний ударний сепаратор / Богомолов О.В., Богомолова В.П. № u201014867; заявл. 13.12.2010; о публ.25.08.2011, Бюл. №16, 2011.

Patent na korysnu model'. 62244 Ukrayina MPK(2011.01) V07V13/00. Bahatoyarusnyu udarnyy separator / Bohomolov O.V., Bohomolova V.P. № u201014867; zayav.13.12.2010; opubl.25.08.2011, Byul. №16, 2011.

9. Кононюк А.Е. Основы научных исследований, том 1-4. Киев: Изд-во «КТН», 2010.

Kononyuk A.Ye. Osnovi nauchnikh issledovaniy, tom 1-4. Kiev: Izdatel'stvo «KTN», 2010.

Богомолов Олексій Васильович, д-р техн. наук, професор кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, ojpxv@ukr.net.

Bogomolov Oleksiy, Doctor of Technical Sciences, Professor Department of Equipment and Engineering of Processing and Food Production State Biotechnological University, bogomolov.ph@gmail.com.

Михайлов Валерій Михайлович, д-р техн. наук, проф., професор кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, vami2209@btu.kharkiv.ua.

Mykhaylov Valeriy, Doctor of Technical Science, Professor, Professor in the Department of Equipment and Engineering of Processing and Food Industries, State Biotechnological University, vami2209@btu.kharkiv.ua.

Богомолов Олександр Олексійович, аспірант кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, bogomolov25@gmail.com.

Bogomolov Oleksandr, PhD student Department of equipment and engineering of processing and food production, State Biotechnological University, bogomolov25@gmail.com.

Панов Віталій Олександрович, аспірант кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний

університет, bogomolov25@gmail.com.

Панов Vitaliy, PhD student Department of equipment and engineering of processing and food production, State Biotechnological University, bogomolov25@gmail.com.

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.

DOI 10.5281/zenodo.14673538

УДК 631.362

ДО ПИТАННЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ КОМПОНОВКИ СХЕМИ ПРИВОДУ ВІБРОФРИКЦІЙНОГО СЕПАРАТОРА НАСІННЄВИХ СУМІШЕЙ

**О.В. Богомолів, О.І. Завгородній, О.О. Богомолів, Є.В. Бойко,
Є.М. Науменко, М.С. Шуваєв**

Розглянуто питання вдосконалення конструкції віброфрикційних сепараторів, призначених для сепарації важкороздільних зернових сумішей, а саме компоновки схеми приводу робочого органу та спрощення за рахунок цього регулювання кута спрямованості коливань та зменшення дисипативних втрат і габаритів віброфрикційного сепаратора.

***Ключові слова:** вібробуджувачі, привод, компоновка, сепаратор, регулювання, кут спрямованості коливань.*

ON THE ISSUE OF IMPROVING THE COMPOSITION OF THE DRIVE SCHEME OF THE VIBRO-FRICTION SEPARATOR OF SEED MIXTURES

**O. Bogomolov, O. Zavorodniy, O. Bogomolov, E. Boyko,
E. Naumenko, M. Shuvaev**

The paper considers the issues of improving the design of vibrofriction separators intended for separation of hard-to-separate grain mixtures, namely, the arrangement of the drive scheme in the oscillatory motion of the working body by kinetically and electrically unconnected vibration exciters. It is proved that in the known vibrofriction separators, the process of adjusting the directional angle of oscillations is associated with the need to move it along the vibrating table by a value that is an undetermined parameter in advance and is carried out by selecting it in the process of adjustment.

The paper proposes an improvement to the drive of the vibrofriction separator by installing two self-synchronizing vibration exciters positioned on the same platform and equidistant from the center of gravity of the vibrating table. These exciters are equipped with additional curved skids, which simplify the adjustment of the oscillation directional angle, reduce dissipative losses, and decrease the overall dimensions of the vibrofriction separator.

Keywords: vibration exciters, drive, layout, separator, adjustment, direction angle of oscillations.

Постановка проблеми в загальному вигляді. У системі заходів щодо забезпечення високих урожаїв важливе значення мають очищення, сортування та відбір біологічно найбільш повноцінного насіння. Доведення до високих посівних кондицій насіння багатьох сільськогосподарських культур традиційними методами та засобами пов'язане з певними труднощами, тому що насіння бур'янів часто суттєво не відрізняється за розмірами та аеродинамічними властивостями від насіння культурних рослин. Це найбільш характерно для таких насінневих сумішей, як насіння цукрових буряків, що засмічене стеблами і містить щупле, хворе, несхоже насіння; насіння овочевих культур, наприклад насіння моркви, засмічене насінням курячого проса, марі білої, гречишки розлогої; насіння цибулі, засмічене насінням курячого проса; насіння трав, наприклад еспарцету, засмічене насінням чорноголовника голчастого; насіння тимофіївки, засмічене насінням ромашки непахучої; плоди ефіроолійних культур коріандру та анісу, засмічені насінням гречишки в'юнкової, мишію, коробочками повитиці, насіння проса засмічене насінням мишію та насінням курячого проса, насіння соняшнику засмічене склероціями, насіння сої засмічене шматочками стебел. та ін.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Обробка насінневих сумішей на існуючих насіннеочисних лініях супроводжується значними втратами повноцінного насіння у відходи [1–5].

Очищення таких насінневих сумішей, проте, можливе на віброфрикційних сепараторах. Принципові схеми віброфрикційних сепараторів розглянуті в роботах [6, 7], одна з них подана на рис. 1.

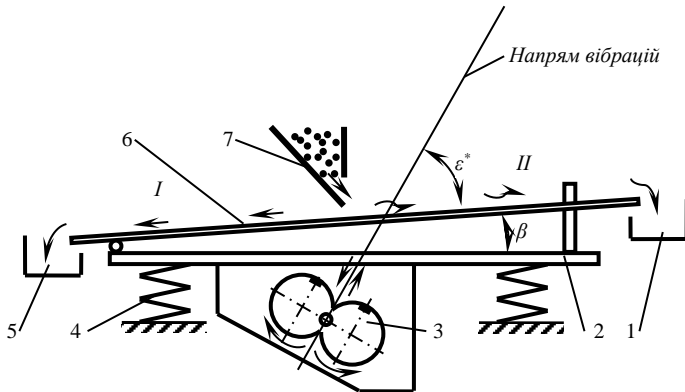


Рис. 1. Схема віброфрикційного сепаратора: 1, 5 – приймачі продуктів поділу; 2 – вібростіл; 3 – вібробудувач; 4 – пружина; 6 – фрикційна поверхня; 7 – пристрій живлення

Сепаратор має робочу фрикційну поверхню 6, встановлену на вібростолі 2. Кут нахилу до горизонту β цієї поверхні можна регулювати в поздовжньо-вертикальній площині. До вібростолу 2 жорстко кріпиться дебалансний двовальний вібробудувач спрямованої дії 3. Вібростіл встановлюється на раму за допомогою циліндричних пружин 4. Пристрій живлення 7 змонтовано над робочою поверхнею на яку компоненти суміші поступають самопливом. Продукти сепарації переміщуються в приймачі продуктів поділу 1 та 5. У приймачі 1 скочуються гладкі, круглі, пружні компоненти, приймачі 5 переміщуються під дією впливу вібрації пласкі, шерохуваті, менш пружні частинки.

Пружна підвіска у вигляді циліндричних пружин в поєднанні з вібробудувачем спрямованої дії забезпечує коливання робочої поверхні за прямолінійними траєкторіями, спрямованими під гострим кутом ε до цієї поверхні.

Аналогічну конструкцію приводу мають і багато інших сепараторів, які використовуються наприклад в гірничорудній промисловості [8].

У будь-якому положенні вібробудувача лінія дії збуджуючих сил буде проходити через центр тяжіння коливальної частини, якщо вібробудувач скомпонований так, що центр тяжіння всієї частини, що коливається лежить на лінії контакту зубів шестерень вібробудувача. Тоді, повертаючи вібробудувач щодо осі, яка проходить через лінію контакту зубів шестерень, можна змінювати кут коливань без порушення ідентичності коливань усієї робочої поверхні.

Іноді неможливо виконати компонування робочого органу і вібробуджувача так, щоб центр тяжіння частини, що коливається, лежав на лінії контакту зубів шестерень. У такому випадку вібробуджувач треба встановити так, щоб лінія дії збуджуючої сили вібробуджувача проходила через центр тяжіння частини сепаратора, що коливається.

У деяких випадках за умовами забезпечення технологічного процесу необхідно, щоб кут спрямованості коливань робочої поверхні, а отже, і вертикальна складова амплітуди коливань змінювалися (збільшувалися або зменшувалися) по довжині робочого органу сепаратора. Тоді треба лінію дії сил збудження змістити щодо центру тяжіння коливальної частини машини. Це забезпечується переміщенням корпусу вібробуджувача вздовж вібростолу.

Однак величина цього переміщення є невизначеним параметром і забезпечення ідентичності коливань робочого органу досягається, як правило, за кілька спроб шляхом підбору величини переміщення корпусу вібробуджувача вздовж вібростолу в ту чи іншу сторону, це і є основним недоліком конструкції приводу таких віброфрикційних сепараторів.

Мета статті – удосконалення конструкції приводу віброфрикційних сепараторів.

Виклад основного матеріалу дослідження. З вищевикладеного випливає, що регулювання кута спрямованості коливань віброфрикційних сепараторів є доволі складною та трудомісткою процедурою. Багато уваги проблеми регулювання кута спрямованості коливань приділено в роботах [6, 7].

Доведемо це на прикладі регулювання кута спрямованості у вищерозглянутому віброфрикційному сепараторі.

Як видно з рис. 1, розмістити центр тяжіння вібростолу і вібробуджувача в точці контакту зубців шестерень вібробуджувача практично неможливо. На практиці досягають того, щоб центр тяжіння був розташований на лінії дії вібробуджуючих сил. При переналаштуванні приводу на інший кут ε спрямування коливань для сепарації, наприклад, іншого виду насіння вібробуджувач треба повернути так, щоб кут спрямування коливань змінився (проти годинникової стрілки він збільшиться, за годинниковою стрілкою – зменшиться). Для цього вібропривід повинен бути забезпечений механізмом повороту вібробуджувача. При цьому щоб напрям коливань проходив через центр тяжіння вібробуджувача необхідно ще і перемістити вздовж вібростолу, якщо кут збільшують – вправо, якщо зменшують – вліво. А для цього ще потрібно щоб вібробуджувач був розміщений на салазках, по яких він має переміщатись. Тобто по суті

потрібно провести два регулювання.

Тому в більшості конструкцій регулювання цього кута не проводять, як і видно з конструкції представлені на рис. 1. Якість процесу сепарації при цьому звісно знижується.

Нами пропонується удосконалити конструкцію приводу віброфрикційних сепараторів із забезпеченням простого методу регулювання кута спрямованості коливань вібростола. Для цього пропонується конструкція віброприводу з двох віброзбуджувачів, що самосинхронізуються, розташованих на одній платформі на однаковій відстані від центра тяжіння вібростола за допомогою додаткових криволінійних салазок. Конструктивна схема такого сепаратора представлена на рис. 2.

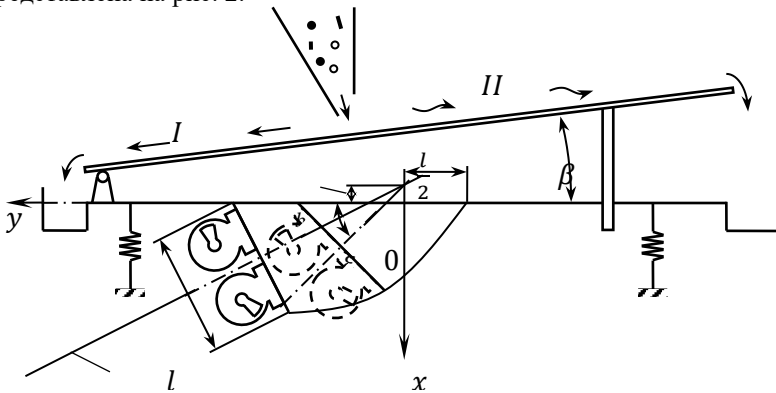


Рис. 2. Конструктивна схема сепаратора з удосконаленою схемою компоновки приводу

На рис.3 представлена схема розрахунку форми кривої для додаткових салазок.

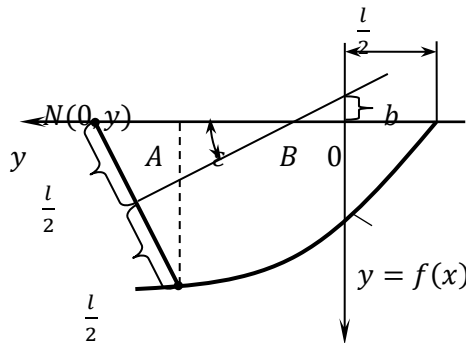


Рис. 3. Схема розрахунку форми кривої для додаткових салазок

Сепаратор складається з фрикційної поверхні 1, встановленої на вібростолі 2. До вібростолу, жорстко кріпиться платформа 3, на якій розміщені віброзбуджувачі 4. При цьому верхня частина платформи 3 переміщується по горизонтальних салазках 5, а верхня по додаткових криволінійних салазках 6, що мають форму кривої, яка визначається з виразу:

$$y = \frac{2bx + l^2}{2\sqrt{l^2 - x^2}} - \sqrt{l^2 - x^2}, (0 \leq x \leq l),$$

де N – точка закріплення платформи на основних горизонтальних салазках;

M – точка закріплення платформи на додаткових салазках;

A – проекція точки M на осі y ;

B – точка перетину лінії дії сил, що збуджують з віссю y ;

ε – кут спрямованості коливань;

b – відстань від основних салазок до центра тяжіння вібростолу;

l – довжина платформи.

Подача суміші на робочу поверхню в цьому сепараторі здійснюється живильником 7. Для приймання продуктів розподілу призначені приймачі 8 та 9.

Працює сепаратор у такий спосіб. Встановлюють за одне регулювання необхідний кут спрямованості коливань, та включають сепаратор в роботу. Вихідна суміш з живильника 7 подається на поверхню, що сепарує, продукти розподілу потрапляють в приймачі 8 та 9 в залежності від фізико-механічних властивостей. У верхні приймачі потраплять шерохуваті, плоскі насіння у нижні – круглі, гладкі. У разі зміни кута спрямованості коливань достатньо перемістити платформу по салазках, вона одночасно переміщуються по основним і додатковим криволінійним салазкам, за одне регулювання, при цьому лінія дії збуджуючих сил завжди проходить через центр тяжіння вібростолу. При цьому віброзбуджувачі переміщуються на мінімальній відстані від вібростолу, за рахунок цього зменшуються дисипативні втрати та габарити сепаратора.

Висновки. Таким чином за рахунок удосконалення приводу конструкції віброфрикційного сепаратора шляхом встановлення віброзбуджувачів, що самосинхронізуються на платформі забезпеченої додатковими криволінійними салазками спрощується регулювання кута спрямованості коливань та зменшуються дисипативні втрати та габарити сепаратора.

Список джерел інформації / References

1. Бредихін В.В., Богомолів О.В., Сліпченко М.В., Кісь-Коркіщенко Л.В., Івашченко С.Г., Ірклієнко В.І., Черняєв О.О., Тікунов С.Р. Наукові основи ошадливої підготовки насіння з поліпшеним біологічним потенціалом. Монографія. Харків: «Діса+», 2023. 408 с.

Bredykhin V.V., Bohomolov O.V., Slipchenko M.V., Kis'-Korkishchenko L.V., Ivashchenko S.H., Irkliyenko V.I., Chernyayev O.O., Tikunov S.R. Naukovi osnovy oshchadlyvoyi pidhotovky nasinnya z polipshenym biolohichnym potentsialom. Monohrafiya. Kharkiv: «Disa+», 2023. 408 s.

2. Li, J., et al. (2020). Optical Sorting Technology in Millet Processing: Enhancing Quality and Reducing Losses. Journal of Agricultural Engineering.

3. Zhang X., et al. (2019). Innovative Pneumatic and Optical Sorting System for Small Graine Seeds, International Journal of Agricultural Machinery and Technology.

4. Ali, M., et al. (2021). Pneumatic Separation of Millet Seed: Comparative Efficiency of Mechanical and Airflow System. Agricultural Technology Research.

5. Gupta, A., et al. (2020). Energy Efficiency in Seed Processing and Modern Equipment. Journal of Sustainable Agricultural and Systems.

6. Богомолів А.В. Сепарация трудноразделимых сыпучих смесей монография. Х.: ХНТУСХ им. П. Василенко, 2013. 308 с.

Bogomolov A.V. Separatsiya trudnorazdelimyykh syupuchikh smesey monografiya. KH.: KHNTUSKH im. P. Vasilenko, 2013. 308 s.

7. Заика П.М. Сепарация семян по комплексу физико-механических свойств / П.М. Заика, Г.Е. Мазнев. М.: Колос, 1978. 278 с.

Zaika P.M. Separatsiya semyan po kompleksu fiziko-mekhanicheskikh svoystv / P.M. Zaika, G.Ye. Maznev. M.: Kolos, 1978. 278 s.

8. Вибрации в технике: Справочник в 6 т. Т. 4. М.: Машиностроение, 1980.

Vibratsii v tekhnike: Spravochnik v 6 t. t.4. M.: Mashinostroyeniye, 1980.

9. Спиваковский А.О., Гончаревич И.Ф. Вибрационные и волновые транспортирующие машины. М.: Наука, 1983.

Spivakovskiy A.O., Goncharevich I.F. Vibratsionnyye i volnovyye transportiruyushchiye mashiny. M.: Nauka, 1983.

Богомолів Олексій Васильович, д-р техн. наук, професор кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, bogomolov.ph@gmail.com.

Bogomolov Oleksiy, Doctor of Technical Sciences, Professor Department of Equipment and Engineering of Processing and Food Production State Biotechnological University, bogomolov.ph@gmail.com.

Завгородній Олексій Іванович, д-р техн. наук, професор кафедри фізики та вищої математики, Державний біотехнологічний університет, oipxv@ukr.net.

Zavhorodnyi Oleksiy, Doctor of Technical Sciences, Professor Department of Physics and Higher Mathematics, State Biotechnological University, oipxv@ukr.net.

Богомолів Олександр Олексійович, аспірант кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний

університет, bogomolov25@gmail.com.

Bogomolov Oleksandr, PhD student Department of equipment and engineering of processing and food production, State Biotechnological University, bogomolov25@gmail.com.

Бойко Євгеній Володимирович, аспірант кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, oiplxv@ukr.net.

Boiko Evgenii, PhD student Department of equipment and engineering of processing and food production, State Biotechnological University, oiplxv@ukr.net.

Науменко Едуард Миколайович, аспірант кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, oiplxv@ukr.net.

Naumenko Eduard, PhD student Department of equipment and engineering of processing and food production, State Biotechnological University, oiplxv@ukr.net.

Шуваєв Микита Сіргійович, аспірант кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, oiplxv@ukr.net.

Chuvaev Mikita, PhD student Department of equipment and engineering of processing and food production, State Biotechnological University, oiplxv@ukr.net.

DOI 10.5281/zenodo.14673636

UDC 664.857.081.6

RESEARCH OF THE PRODUCTION PROCESS OF DRY PECTIN CONCENTRATES

**G. Deinychenko, D. Dmytrevskiy, V. Chervoniy,
D. Horielkov, M. Vasylenko**

The expediency of membrane processing of pectin extracts in the mode with vibration mixing is substantiated. The influence of temperature, pressure and duration of the process of membrane concentration and purification of pectin extracts on the characteristics of ultrafiltration membranes of the PAN type has been established. Rational parameters and regimes of the process of ultrafiltration concentration and purification of pectin extracts have been determined.

Keywords: pectin concentrates, membrane module, biological fluids, dry substances, pectin-containing raw materials, ultrafiltration.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА СУХИХ ПЕКТИНОВИХ КОНЦЕНТРАТІВ

**Г.В. Дейниченко, Д.В. Дмитревський, В.М. Червоний,
Д.В. Горелков, М.О. Василенко**

Здійснено огляд сучасних методів проведення процесів мембранної обробки пектинових екстрактів. Розглянуто питання пошуку нових технічних рішень для процесу концентрування та очищення пектинового екстракту,

визначено потрібні технічні параметри, розроблено та описано схеми технічних рішень процесу екстрагування. Проведено аналіз теоретичних та експериментальних досліджень ультрафільтраційного процесу пектинових екстрактів. За результатами проведених досліджень процесу концентрування пектинових концентратів із використанням режиму вібрації для розділення біологічних рідин встановлено раціональні параметри, такі як температура, тривалість і тиск. Визначено якісні показники одержаних пектинових концентратів. Досліджено вплив ступеня попереднього розбавлення, числа циклів розчинення пектинових концентратів на продуктивність мембрани ПАН-100 в процесі його очищення діалізацією. Проаналізовано чинники, що впливають на рівень концентраційної поляризації на поверхні напівпроникних мембран типу ПАН у процесі ультрафільтраційного концентрування. Встановлено раціональні технологічні параметри ультрафільтраційного концентрування пектинових екстрактів із використанням заходів для його інтенсифікації. Доведено, що застосування вібраційного перемішування з пульсуючими потоками пектинових екстрактів у міжмембранному каналі дозволяє інтенсифікувати процес ультрафільтраційного концентрування пектинових екстрактів порівняно з ультрафільтраційним концентруванням у тупиковому режимі в 1,5...1,6 разу. Визначено вплив ступеня та числа циклів розбавлення пектинових концентратів на продуктивність ультрафільтраційних мембран ПАН-100 за очищення пектинових концентратів у процесі діалізації. Встановлено фізико-хімічні показники якості кінцевого продукту – пектинового концентрату на основі пектинових екстрактів, що одержані за раціональних параметрів ультрафільтрації. Зазначено характерні несправності обладнання та способи їх усунення. Таким чином, розроблені процеси та обладнання для процесів мембранної обробки пектинових екстрактів можуть бути використані для одержання високоякісних пектинових концентратів та виробництва різноманітної кулінарної продукції на основі бурякового пектинового концентрату як на переробних, так і на спеціалізованих підприємствах харчової промисловості.

Ключові слова: пектинові концентрати, мембранний модуль, біологічні рідини, сухі речовини, пектиновмісна сировина, ультрафільтрація.

Statement of the problem. One of the main directions of increasing the efficiency of modern food production is the creation of low-waste and energy-saving processes, the involvement of secondary raw materials in the food industry. The production of pectin concentrates meets this task, because, on the one hand, it allows to bring into circulation secondary pectin-containing raw materials - beetroot, apple, citrus pulp, sunflower baskets, and on the other hand, it contributes to the production of a diverse range of pectin-containing products and culinary products based on them [1]. In recent years, our country's need for pectin products (pectin concentrates) significantly exceeds the volume of their purchases abroad. To date, there is no production of pectin products. This can be explained by the imperfection and inefficiency of the existing production processes of pectin concentrates and equipment for their implementation, the lack of scientifically based resource-saving processes and technologies of pectin production [2].

The main reasons for the lack of pectin production in the food industry are the insufficient level of theoretical development of the processes of concentration and purification of pectin extracts from pectin-containing raw materials, the lack of highly efficient energy-saving equipment for pectin production [3]. The necessity of researching the processes of membrane processing of pectin concentrates has been proved, with the aim of improving the production process of pectin concentrate with its further use in the technologies of health culinary products [4].

Today, the main stages of the process of obtaining pectin concentrates that need improvement are the processes of concentration and purification of the obtained pectin extracts, which can be solved by involving baromembrane methods of processing pectin extracts [5].

Therefore, one of the urgent tasks is to improve the production process of dry pectin concentrates through the complex use of membrane methods of concentration and purification of pectin extracts, the solution of which will allow not only to create an energy-saving process for the production of pectin concentrates, but also to develop economically highly efficient equipment for its implementation [6]. And this will make it possible to introduce the obtained pectin concentrates into the development of new technologies of healthy culinary products for sale at enterprises of the restaurant industry [7].

Review of the latest research and publications. An important task of a number of branches of the processing industry is to ensure high quality of products and waste-free production [8]. To this end, the efforts of specialists and scientific employees of all branches of the national economy are aimed at creating new energy- and resource-saving technologies, waste-free processing of all constituent parts of raw materials and expanding the range of production products [9]. This fully applies to the food industry of the agro-industrial complex of the country, especially to the dairy industry. The solution to the given task is based on technologies based on particularly safe technological conditions [10]. For this, baromembrane processes have been widely used in recent years – microfiltration, ultrafiltration, reverse osmosis, etc [11]. The main feature of these membrane processing methods is the presence of a semi-permeable membrane, which has permeability according to certain dimensions of the compounds of the separated raw material [12]. Today, in the food industry, membrane processing methods are used for the purification and concentration of fruit and vegetable juices in canning production, diffusion juice in sugar production, for the concentration of milk and dairy products, stabilization of soft drinks and grape wines, plant extracts, cold pasteurization of beer, for the preparation of technological water, purification of vegetable oils, obtaining protein from potato juice,

separation of the blood of slaughter animals, separation of enzymes, purification of industrial effluents, separation of gases, etc. [13].

For the food industry, the use of membrane technologies is particularly relevant, as they allow the concentration and purification of food biological fluids without the influence of temperature, preserve the native properties of food nutrients, carry out low-temperature sterilization of solutions, purify drinking water, etc [14]. Among the factors restraining the introduction of membrane methods, in particular ultrafiltration, in the food industry, it should be noted the insufficient development of theoretical provisions on the processes occurring during ultrafiltration processing of food raw materials, the lack of objective experimental data on the characteristics, properties and operating conditions of modern ultrafiltration membranes, imperfection of existing domestic industrial ultrafiltration units [15]. For many years, developments were carried out to improve these processes by applying thermal, physical-mechanical, chemical, etc. methods of processing pectin extracts with the aim of obtaining an environmentally friendly product – pectin [16]. This can be observed from the information sources analyzed above. Along with this, today, membrane processes are widely used in the food, microbiological and pharmaceutical industries, and their scope of application is constantly expanding. At the same time, modern industry has at its disposal a wide range of types of membrane processes.

Thus, the study of the processes of concentration and purification of pectin extract using membrane processing processes, the study of the properties of new types of ultrafiltration membranes is an urgent task today, because it will allow to expand the introduction of ultrafiltration in the food industry, as well as to obtain pectin concentrates with high pronounced food and nutritional properties.

The objective of the research. The purpose of the article is research and improvement of the production process of dry pectin concentrates and its hardware design.

Presentation of the research material. Ultrafiltration membranes of the PAN type: PAN-50 and PAN-100 were studied in the work. PAN-type membranes are ultrafiltration membranes of the second generation, made on the basis of acronitrile copolymers. One of the main characteristics of ultrafiltration membranes is productivity. A distinction is made between the initial performance of membranes, that is, the performance of new membranes in the initial period of their operation, and the actual performance, which characterizes the operation of membranes under conditions of constant operation. To study the process of ultrafiltration concentration of pectin extracts, the main input parameters of the process were chosen: t – temperature of ultrafiltration concentration, °C; τ is the duration of the

process, s^2 ; P is filtration pressure, MPa. Levels and intervals of variation are set for these parameters.

During the experiments, the necessary pressure in the supramembrane space of the ultrafiltration module was created using a compressor and varied from 0.2 to 0.6 MPa. The speed of the PE flow in the intermembrane channel in the vibration mode was 0.5...2.0 m/s, the feasibility of using this parameter was studied in. After 20 min, when the ultrafiltration rate became constant, the amount of filtrate that passed through the membrane in 10 min was measured. In the vibrating stirring mode, the electric motor connected to the stirrer located inside the ultrafiltration module was turned on. Dependencies of changes in performance of ultrafiltration membranes in the process of ultrafiltration concentration of pectin extracts are shown in fig. 1. Dependencies of quality characteristics of membrane processing products – pectin concentrate and permeate, obtained using the vibration mode – in fig. 2.

The results showed that the dependences of the performance of semipermeable membranes PAN-50 and PAN-100, the concentration of pectin substances in the concentrate, the content of dry substances in the permeate and concentrate under different technological regimes are non-linear. This is explained by the complexity of the combined effect of three factors of the process of ultrafiltration concentration of pectin extracts both on the productivity of the semipermeable membrane and on the quality indicators of pectin concentrates. Approximation of data by regression equations made it possible to reveal ambiguous dependences of performance of ultrafiltration membranes, concentration of pectin substances, and content of dry substances on pressure, temperature, and duration of the process of ultrafiltration concentration of pectin extracts.

From the graphical dependence of the performance of the PAN-50 and PAN-100 membranes on the ultrafiltration pressure (Fig. 1), it can be seen that the nature of the change in performance with an increase in pressure from 0.2 to 0.4 MPa in the dead-end mode shows a slow increase in productivity, and in the mode with by vibration mixing – a sharp increase in productivity for both membranes. In the area from 0.4 to 0.6 MPa, the performance of the membranes does not change significantly with increasing pressure in the dead-end mode. In the mode of vibration mixing, the performance of both membranes increases slowly with increasing pressure.

Thus, for the dead-end mode, the productivity value at $P = 0,4$ MPa is: for the PAN-50 membrane – $1,8 \text{ dm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$, for the PAN-100 membrane – $2,3 \text{ dm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$; at $P = 0,6$ MPa: for the PAN-50 membrane – $2,0 \text{ dm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$, for the PAN-100 membrane – $2,5 \text{ dm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$. In the mode of vibrating mixing with a perforated vibrating plate, the value of productivity is at

$P = 0,4$: for the membrane PAN – 50 – $4,1 \text{ dm}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$, for the membrane PAN-100 – $4.7 \text{ dm}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$; at $P = 0.6 \text{ MPa}$: for the PAN-50 membrane – $4.5 \text{ dm}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$, for the PAN-100 membrane – $5.1 \text{ dm}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$. The increase in the performance of membranes under the condition of using a perforated vibrating plate can be explained by an increase in pressure (by approximately 1 MPa) over the membrane surface due to flows directed in the direction of movement of the vibrating disk to the membrane surface.

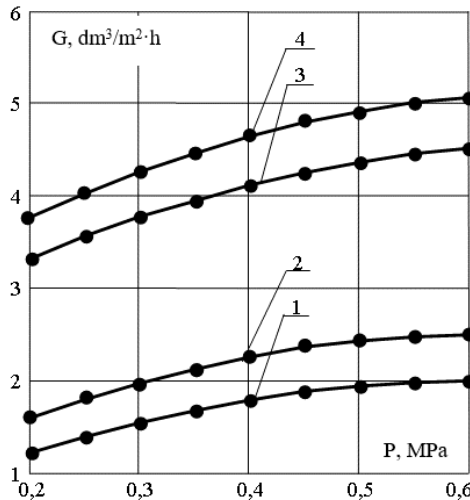


Fig. 1. Dependence of the productivity of ultrafiltration membranes of the PAN type on pressure during ultrafiltration concentration of pectin extracts at a temperature of 50°C : 1, 3 – PAN-50 membrane in the dead-end mode and in the mode with vibration mixing, respectively; 2, 4 – the PAN-100 membrane in the dead-end mode and in the mode with vibrational mixing, respectively, the pressure in the case of the dead-end mode and the mode with vibrational mixing of the ultrafiltration concentration process is different

The analysis of the obtained data shows that increasing the pressure during ultrafiltration concentration of pectin extracts more than $0.4\text{--}0.5 \text{ MPa}$ is impractical, because it does not lead to a significant increase in the productivity of both types of membranes. In addition, the use of a vibrating perforated disc allows not only to significantly increase the performance of ultrafiltration membranes by preventing the formation of a gel layer on their surface, but also to reduce the working pressure in the pressure channel of the ultrafiltration module.

The graphical dependence of the influence of the temperature of pectin extracts on the performance of semipermeable membranes of the PAN type

(Fig. 2) shows the difference in the curves for both regimes. At the same time, with an increase in temperature in the dead-end mode and the turbulence mode, an increase in productivity is observed for both types of investigated membranes.

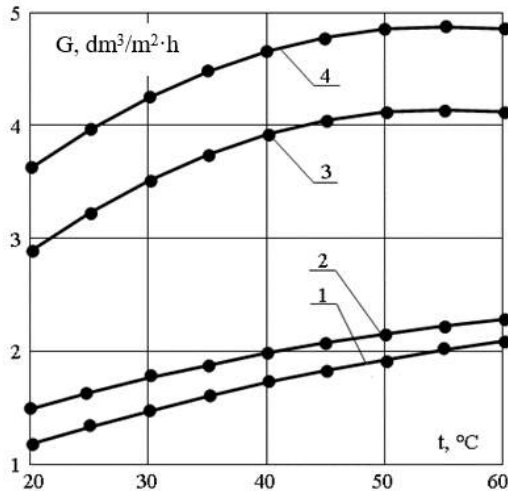


Fig. 2. Dependence of the productivity of ultrafiltration membranes of the PAN type on temperature during ultrafiltration concentration of pectin extracts at a pressure of 0.4 MPa: 1, 3 – PAN-50 membrane in the dead-end mode and in the mode with vibration mixing, respectively; 2, 4 – PAN-100 membrane in the dead-end mode and in the mode with vibration mixing, respectively

In the range of temperature values from 20 to 45 $^\circ\text{C}$, there is an intensive increase in the productivity of semipermeable membranes of the PAN type for both regimes. With an increase in temperature from 45 to 60 $^\circ\text{C}$ in the case of a dead-end mode, the performance of the PAN-50 and PAN-100 membranes changes slightly and has a similar character. In the case of vibration mixing, with increasing temperature, the performance for both types of membranes becomes constant. A further increase in temperature is impractical, which is explained by the destruction of pectin substances in the extract during its ultrafiltration concentration.

Thus, for the dead-end mode, the productivity value at $t = 45$ $^\circ\text{C}$ is: for the PAN-50 membrane – 1,7 $\text{dm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$, for the PAN-100 membrane – 2,2 $\text{dm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$; at $t = 60$ $^\circ\text{C}$: for the PAN-50 membrane – 2,1 $\text{dm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$, for the PAN-100 membrane – 2,3 $\text{dm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$. In the turbulence mode of the ultrafiltration process with a perforated vibrating plate, the productivity value

at $t = 45^{\circ}\text{C}$ is: for the PAN-50 membrane – $4,1 \text{ dm}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$, for the PAN-100 membrane – $4,7 \text{ dm}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$; at $t = 60^{\circ}\text{C}$: for the PAN-50 membrane – $4,2 \text{ dm}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$, for the PAN-100 membrane – $4,9 \text{ dm}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$. The increase in the performance of semipermeable UV membranes of the PAN type with increasing temperature can be explained by the decrease in the viscosity of pectin extracts, which leads to a softening of the structure of the gel layer that forms on the surface of the membrane. The analysis of the obtained data shows that increasing the temperature of pectin extracts during their ultrafiltration concentration above $45\dots55^{\circ}\text{C}$ is impractical, since there is no significant increase in the productivity of semipermeable membranes. In addition, it should be taken into account that too high temperatures lead to undesirable biochemical transformations of pectin substances and a decrease in their functional properties. According to the obtained dependence of the influence of the duration of the process of ultrafiltration concentration of pectin extracts on the productivity of semi-permeable membranes of the PAN type (Fig. 3), it can be seen that the character of the dependence curves has a distinct difference. During the deadlock mode, during the first $0,5\dots2,0$ hours, there is a sharp decrease in the productivity of semipermeable membranes. Further ultrafiltration treatment does not lead to a significant decrease in the performance of the membranes. In the mode with vibration mixing, a slightly different pattern of changes in membrane productivity is observed depending on the duration of the ultrafiltration process of pectin extracts. At the same time, the productivity of both types of membranes also decreases, but to a much lesser extent.

Therefore, for the dead-end mode, the productivity value in the time range $\tau = 0,5\dots2,0\cdot60^2 \text{ s}$ decreases as follows: for the PAN-50 membrane – from $4,0$ to $2,4 \text{ dm}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$, for the PAN-100 membrane – from $4,7$ to $2,8 \text{ dm}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$; at $\tau = 4\cdot60^2 \text{ s}$, productivity decreases: for the PAN-50 membrane – to $1,8 \text{ dm}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$, for the PAN-100 membrane – to $2,2 \text{ dm}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$. In the mode of vibrating mixing with a perforated vibrating plate, the productivity value in the time range $\tau = 0,5\dots2,0\cdot60^2 \text{ s}$ decreases as follows: for the PAN-50 membrane – from $5,7$ to $4,8 \text{ dm}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$, for the PAN-100 membrane – from $6,3$ to $5,4 \text{ dm}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$; at $\tau = 4\cdot60^2 \text{ s}$, productivity decreases: for the PAN-50 membrane – to $4,2 \text{ dm}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$, for the PAN-100 membrane – to $4,6 \text{ dm}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$.

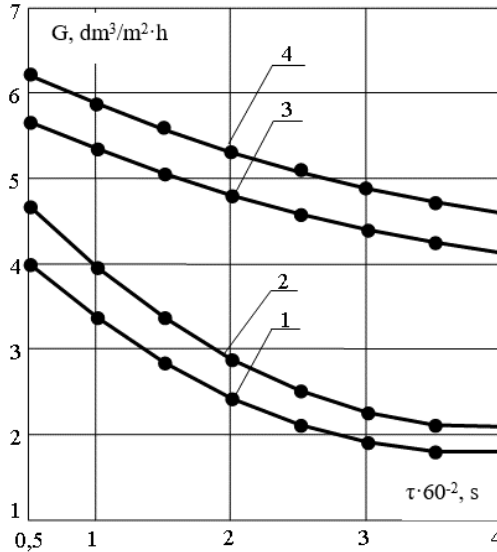


Fig. 3. Dependence of the productivity of ultrafiltration membranes of the PAN type on the duration of the process of ultrafiltration concentration of pectin extracts at a temperature of 50°C and a pressure of 0.4 MPa: 1, 3 – PAN-50 membrane in the dead-end mode and in the mode with vibration mixing, respectively; 2, 4 – PAN-100 membrane in the dead-end mode and in the mode with vibration mixing, respectively

The decrease in the productivity of semipermeable membranes with an increase in the duration of the process can be explained by the intensive formation of a gel layer of high molecular weight substances on their surface, which significantly slows down the process of ultrafiltration concentration of pectin extracts. In the mode with vibrational mixing, the slower nature of the decrease in productivity of ultrafiltration membranes is due to the effect of vibrational turbulation on the thickness of the polarization sediment formed on their selective surface.

The conducted studies show that the rational modes of ultrafiltration concentration of pectin extract using semipermeable membranes are the following values: pressure – 0,4...0,5 MPa, temperature – 45...55 °C, duration of the ultrafiltration concentration process – 1,5...2 hours. At the same time, the ultrafiltration concentration of pectin extracts is given significant intensity by the mode of vibration mixing, the rational values of the speed of which are in the range of 1,5...1,7 m/s.

Thus, it can be seen from the above data that the process of ultrafiltration concentration of pectin extracts using semipermeable membranes of the PAN type is complex in nature.

Conclusion. The analysis of theoretical and experimental studies of the process of ultrafiltration of pectin extracts was carried out. According to the results of the studies of the concentration process of pectin concentrates using the vibration mode for the separation of biological fluids, rational parameters were established: temperature – 40...50 °C, duration – (1,5...2,0)·60² s and pressure – 0,4...0,5 MPa. The quality indicators of the obtained pectin concentrates were determined. The influence of the degree of preliminary dilution, the number of cycles of dissolution of pectin concentrates on the performance of the PAN-100 membrane in the process of its diafiltration purification was studied.

Thus, the developed processes and equipment for membrane processing of pectin extracts can be used to obtain high-quality pectin concentrates and produce a variety of culinary products based on beet pectin concentrate, both at processing and specialized food industry enterprises.

References

1. Benassi, L., Alessandri, I., & Vassalini, I. (2021). Assessing green methods for pectin extraction from waste orange peels. *Molecules*, 26(6). <https://doi.org/10.3390/molecules26061766>
2. Chabanova, O., Bondar, S., Kotliar, Y., Nedobiychuk, T., & Verkhivker, Y. (2021). Analysis of the pectin extraction process at recycling of secondary material resources. *Technology Audit and Production Reserves*, 3(3(59)), 34–39. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.235270>
3. Chandel, V., Biswas, D., Roy, S., Vaidya, D., Verma, A., & Gupta, A. (2022). Current Advancements in Pectin: Extraction, Properties and Multifunctional Applications. *Foods*. MDPI. <https://doi.org/10.3390/foods11172683>
4. Çilingir, S., Goksu, A., & Sabanci, S. (2021). Production of Pectin from Lemon Peel Powder Using Ohmic Heating-Assisted Extraction Process. *Food and Bioprocess Technology*, 14(7), 1349–1360. <https://doi.org/10.1007/s11947-021-02636-9>
5. Ciriminna, R., Fidalgo, A., Delisi, R., Ilharco, L. M., & Pagliaro, M. (2016). Pectin production and global market. *Agro Food Industry Hi-Tech*, 27(5), 17–20.
6. David Durán-Aranguren, D., Juliana Alméciga Ramírez, C., Catalina Villabona Díaz, L., Ayalde Valderrama, M., & Sierra, R. (2022). Production of Pectin from Citrus Residues: Process Alternatives and Insights on Its Integration under the Biorefinery Concept. *Pectins - The New-Old Polysaccharides*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.100153>
7. Deynichenko, G., Guzenko, V., Dmytrevskyi, D., Chervonyi, V., Omelchenko, O., Horielkov, D., Korolenko, O. (2020). 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*, 4(11–106), 63–69. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.208984>

8. Deynichenko, G., Guzenko, V., Dmytrevskiy, D., Chervonyi, V., Kolisnichenko, T., Omelchenko, O., Nykyforov, R. (2018). Study of the new method to intensify the process of extraction of beet pulp. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(11–94), 15–20. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.140126>

9. Gómez, B., Yáñez, R., Parajó, J. C., & Alonso, J. L. (2016). Production of pectin-derived oligosaccharides from lemon peels by extraction, enzymatic hydrolysis and membrane filtration. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 91(1), 234–247. <https://doi.org/10.1002/jctb.4569>

10. Güzel, M., & Akpınar, Ö. (2019). Valorisation of fruit by-products: Production characterization of pectins from fruit peels. *Food and Bioproducts Processing*, 115, 126–133. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2019.03.009>

11. Güzel, M., Tektaş Taşan, N., & Akpınar, Ö. (2020). Alternative pectin production methods and sources. *AGROFOR*, 5(1). <https://doi.org/10.7251/agreng2001038g>

12. Han, Y., & Du, J. (2022). Relationship of the methanol production, pectin and pectinase activity during apple wine fermentation and aging. *Food Research International*, 159. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111645>

13. Huang, J., Hu, Z., Hu, L., Li, G., Yao, Q., & Hu, Y. (2021, December 1). Pectin-based active packaging: A critical review on preparation, physical properties and novel application in food preservation. *Trends in Food Science and Technology*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.09.026>

14. Hutomo, G. S., Rahim, A., & Kadir, S. (2016). Pectin Isolation from Dry Pod Husk Cocoa with Hydrochloride Acid. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 5(11), 751–756. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2016.511.086>

15. Iskakova, G., Kizatova, M., Baiysbayeva, M., Azimova, S., Izembayeva, A., & Zharylkassynova, Z. (2021). Justification Of Pectin Concentrate Safe Storage Terms By Pectin Mass Ratio. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(11–112), 25–32. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.237940>

16. Jia, T., Zeng, J., Gao, H., Jiang, J., Zhao, J., Su, T., & Sun, J. (2019). Effect of pectin on properties of potato starch after dry heat treatment. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 18(7), 1375–1384. <https://doi.org/10.4314/tjpr.v18i7.2>

Deynichenko Gregoriy, Doctor of Technical Sciences, Prof., Professor of the department of food technology in the restaurant industry State Biotechnology University, deynichenkogv@ukr.net.

Дейниченко Григорій Вікторович, д-р техн. наук, проф., професор кафедри харчових технологій в ресторанній індустрії, Державний біотехнологічний університет, deynichenkogv@ukr.net.

Dmytrevskiy Dmytro, PhD in Tech. Sc., Assoc. Prof. of the department of equipment and engineering of processing and food industries, Kharkiv State Biotechnology University, dmitrevskiydv@gmail.com.

Дмитревський Дмитро В'ячеславович, канд. техн. наук, доц., доцент кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, dmitrevskiydv@gmail.com.

Horielkov Dmytro, PhD in Tech. Sc., Assoc. Prof., Department of

International E-commerce and Hotel and Restaurant Business, V.N. Karazin Kharkiv National University, gorelkov.dmv@gmail.com.

Горелков Дмитро Вікторович, канд. техн. наук, доц., доцент кафедри міжнародної електронної комерції та готельно-ресторанної справи, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, gorelkov.dmv@gmail.com.

Chervonyi Vitalii, PhD in Tech. Sc., Assoc. Prof., Department of International E-commerce and Hotel and Restaurant Business, V.N. Karazin Kharkiv National University, chervonyi.v@gmail.com.

Червоний Віталій Миколайович, канд. техн. наук, доц., доц. кафедри міжнародної електронної комерції та готельно-ресторанної справи, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, chervonyi.v@gmail.com.

Vasylenko Mykyta, master's degree candidate, Kharkiv State Biotechnology University, mykyta.v.o@gmail.com.

Василенко Микита Олегович, здобувач вищої освіти ступеня магістра, Державний біотехнологічний університет, mykyta.v.o@gmail.com.

DOI 10.5281/zenodo.14673688

УДК 664-93

ІНЖЕНЕРНІ РІШЕННЯ В ОБЛАДНАННІ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ МАСОВОГО СПОЖИВАННЯ

**В.М. Михайлов, А.О. Шевченко, С.В. Прасол,
Б.В. Михайлов, О.І. Бабанова**

У статті наведено результати роботи зі створення інженерних рішень в обладнанні для виробництва харчової продукції масового споживання. Охоплено виробництво майонезу, пастеризованого молока, вершків та ковбасних виробів. При цьому зазначається, що ключовим технічним аспектом в удосконаленні обладнання є застосування елементів автоматизації. Описано основні роботизовані системи, які входять до складу автоматизованих виробничих ліній.

***Ключові слова:** технологічна лінія, обладнання, автоматизація, варені ковбаси, майонез, пастеризоване молоко, енергозбереження, електронконтактне нагрівання.*

ENGINEERING SOLUTIONS IN EQUIPMENT FOR THE PRODUCTION OF FOOD PRODUCTS FOR MASS CONSUMPTION

**V. Mykhaylov, A. Shevchenko, S. Prasol,
B. Mykhailov, O. Babanova**

Food products for mass consumption include products that play a key role in meeting the basic physiological needs of a person in vital elements, energy and liquid. The use of these products is mandatory for a healthy diet and should be part of a daily balanced menu.

One of the main technological aspects of the production of mass

consumption products is the use of modern equipment, which has advanced engineering solutions and meets the high requirements of energy saving and automation. The use of automated production lines is the basis of innovation in the food industry, as they allow mass production with minimal manual labor. Such lines are equipped with robotic systems and can perform various operations.

In order to ensure the safety, quality, environmental friendliness and efficiency of the considered and other latest developments, in particular for products of mass consumption, it is important to implement the latest engineering solutions in the equipment. These solutions are implemented in the projects of technological production lines.

The design of the technological line for the production of boiled sausages has been completed. The line is automated. Electric contact heating in the unit included in the line occurs due to the electrical conductivity of the raw material, and consists in the conversion of electrical energy into thermal energy directly in a conductive medium. One of the important advantages of this method is uniform heating of the product throughout the volume.

The production line of mayonnaise is also given. The main advantages of the line are the ability to automatically adjust the recipe for stable product quality; implementation of low-temperature emulsification, which allows you to preserve texture and taste. Microfiltration and water purification allows you to purify water before adding it to mayonnaise, which significantly improves its taste properties. The use of modern mixers and emulsifiers reduces energy consumption by 15-20% compared to analogues without loss of productivity, helping to reduce production costs and environmental impact. Recycling and waste reduction are also implemented in the line: the system of collection and processing of production waste allows to reduce the amount of garbage.

A technological line for the production of pasteurized milk has been developed. This line has a quality monitoring system that allows you to quickly identify and correct deviations from the norm. Automation of processes on the line is realized by the introduction of robotic systems for such processes as pasteurization, packaging and equipment washing. This increases efficiency and reduces staff work. The use of energy from renewable sources such as solar panels during production to provide energy for production enables the manufacturer to be autonomous and independent of suppliers. The application of nanomaterials to improve the packaging of dairy products in the line provides a longer shelf life and reduces product losses.

Keywords: technological line, equipment, automation, boiled sausages, mayonnaise, pasteurized milk, energy saving, electric contact heating.

Постановка проблеми в загальному вигляді. До харчової продукції масового споживання відносяться продукти, які відіграють ключову роль у задоволенні базових фізіологічних потреб людини в життєво необхідних елементах, енергії та рідині. До таких продуктів належать ті, що забезпечують організм білками, жирами, вуглеводами, вітамінами та мікроелементами, необхідними для підтримки здоров'я та повсякденної активності. Джерелом цих складових є хлібобулочні

вироби, молокопродукти, яйця, м'ясопродукти, річкова та морська риба, розмаїття овочів та фруктів, крупи, цукор, олія, масло та інші продукти, які формують базовий набір харчування для кожної людини.

Харчова продукція масового споживання є обов'язковим елементом здорового раціону та повинна входити до щоденного збалансованого меню. Фрукти та овочі, наприклад, містять значну кількість вітамінів, мінералів та антиоксидантів, що сприяють зміцненню імунної системи та підтримці загального здоров'я. Інші продукти, такі як м'ясо, риба та молочні вироби, багаті білками, незамінними амінокислотами і корисними жирами, що необхідні для регенерації клітин і підтримки м'язової маси. Крім того, різноманітність у щоденному раціоні є важливою, адже вона забезпечує організм усіма потрібними речовинами, що є основою для енергійності та гарного самопочуття в довгостроковій перспективі.

Одним з головних технологічних аспектів виробництва продукції масового споживання є застосування сучасного обладнання, яке має прогресивні інженерні рішення та відповідає високим вимогам енергозбереження та автоматизації. Використання автоматизованих виробничих ліній є основою інновацій у харчовій промисловості, оскільки вони дозволяють здійснювати масове виробництво з мінімальним залученням ручної праці. Такі лінії оснащені роботизованими системами та можуть виконувати різноманітні операції – від дозування та фасування продуктів до їх запакування та навіть сортування за якістю. Автоматизація процесів не лише суттєво прискорює виробництво, але й дозволяє оптимізувати витрати, підвищити точність дозування та уникнути помилок, які могли б виникати при ручній праці. Завдяки цьому значно знижується собівартість продукції, що робить її більш конкурентоспроможною на ринку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботі [1] наведено аналіз останніх досягнень в галузі харчових технологій та їх вплив на безпечність харчової продукції, якість та екологічність. Удосконалені теплові методи в обладнанні, такі як мікрохвильова обробка, омичний (електроконтактний, ЕКН) нагрів тощо скорочують час обробки та енергоспоживання. Також акцентується увага на безпечності матеріалів, що контактують з продуктами [2]. Про повторне використання багаторазової ПЕТ-упаковки описано в роботі [3]. Досить цікавою є праця [4], де наводиться техніка застосування ультразвуку в процесах екстракції. Наведено досягнення в галузі ультразвукової екстракції. Цей процес підвищує продуктивність екстракції, економічність та екологічний вплив. В [5] наведено огляд декарбонізації виробництва харчових продуктів шляхом електродекарбонізації теплоти. Автори вказують, що

електрифіковані технології сприяють переробці продуктів харчування з низьким вмістом вуглецю. Інновацією є застосування комбінованої озонної та «UV-C»-стерилізації при сушінні плодів хурми [6]. Зазначається, що така комбінована обробка може посилити стерилізацію.

Для забезпечення безпечності, якості, екологічності та ефективності розглянутих та інших новітніх розробок, зокрема й для продукції масового споживання, важливим є впровадження новітніх інженерних рішень в обладнанні. Зокрема, в [7, 8] виконано аналітичний огляд технічних аспектів обладнання для харчових виробництв продукції широкого вжитку. Огляд охоплює виробництво майонезу, пастеризованого молока, вершків та ковбасних виробів. Зазначається, що ключовим технічним аспектом є застосування сучасного обладнання з елементами автоматизації [9]. Описано основні роботизовані системи, які входять до складу автоматизованих виробничих ліній.

Метою статті є створення інженерних рішень в обладнанні для виробництва харчової продукції масового споживання.

Виклад основного матеріалу дослідження. Новітні інженерні рішення в обладнанні для виробництва харчової продукції масового споживання реалізовані в проєктах технологічних ліній виробництва. Автоматизовані лінії мають низку систематизованих комплексних рішень. До них належать наступні.

1. Автоматичні системи дозування. Від точності дозування інгредієнтів залежить якість продукції. Автоматичні дозувальні системи забезпечують високоточне вимірювання та додавання інгредієнтів, що дозволяє зберігати стабільні смакові властивості продукції.

2. Системи моніторингу та контролю. Сучасні комплекси моніторингу дозволяють спостерігати за кожним етапом виробництва в режимі он-лайн. Завдяки сенсорам, камерам і спеціальному програмному забезпеченню вони здатні виявляти відхилення від стандартів якості та ідентифікувати аномалії.

3. Інтегровані інформаційні системи, які охоплюють усі етапи виробничого процесу – від контролю запасів і замовлень до організації виробництва та відвантаження готової продукції. Ці системи слугують основним інструментом для оптимізації робочих процесів і підтримки стратегічного прийняття рішень.

4. «Розумні технології» та Інтернет речей (IoT). Завдяки цьому виробники дистанційно керують та мають можливість вдосконалювати виробничі процеси. Підключені пристрої та датчики забезпечують збір даних, які потім аналізуються для підвищення ефективності.

Дотримання стандартів якості та безпеки харчових продуктів є ключовим для виробництва. Щоб забезпечити ці вимоги, виробники

повинні відповідати таким стандартам і нормативам, як HACCP і ISO 22000. Наприклад, у виробництві майонезу здійснюється контроль рівня кислотності, вмісту бактерій та інших небажаних речовин. Для молочних продуктів (вершків) та ковбас застосовуються спеціальні методи консервації та зберігання, щоб зберегти їхні корисні властивості та гарантувати безпечність для споживачів.

Виконано проектування технологічної лінії виробництва варених ковбас, що наведена на рис. 1.

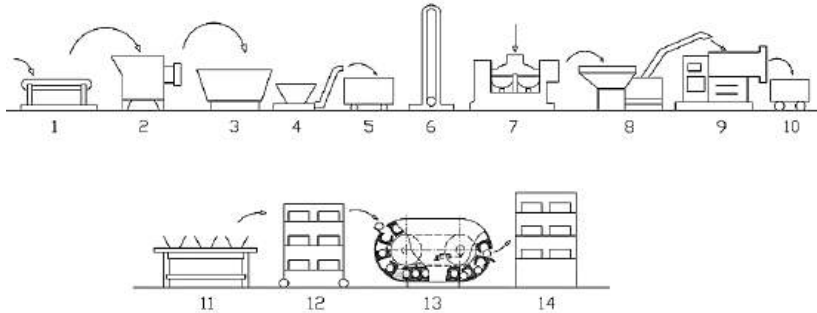


Рис. 1. Схема технологічної лінії виробництва варених ковбас: 1 – стіл; 2 – вовчок; 3 – мішалка; 4 – насос для фаршу; 5, 10 – возики; 6 – підйомник; 7 – кутер; 8 – емульсатор; 9 – мішалка; 11 – технологічний стіл; 12 – стелаж з колесами; 13 – агрегат з контактними електродами; 14 – стелажі для охолодження

Лінія автоматизована. За основу взято схему виробництва, що охоплює підготовчі, механічні операції, теплову обробку, охолодження та безпосередньо варення ковбасних виробів. Інноваційним рішенням у даній лінії є те, що теплова обробка напівфабрикатів виконується методом ЕКН в агрегаті з контактними електродами (поз. 13).

ЕКН (електроконтактне нагрівання), що відбувається завдяки електропровідності сировини [10], полягає в перетворенні електричної енергії на теплову безпосередньо у провідному середовищі. Однією з важливих переваг цього методу є рівномірне нагрівання продукту по всьому об'єму [10, 11].

Ще однією розробкою, яка має інноваційні рішення, є технологічна лінія виробництва майонезу (рис. 2).

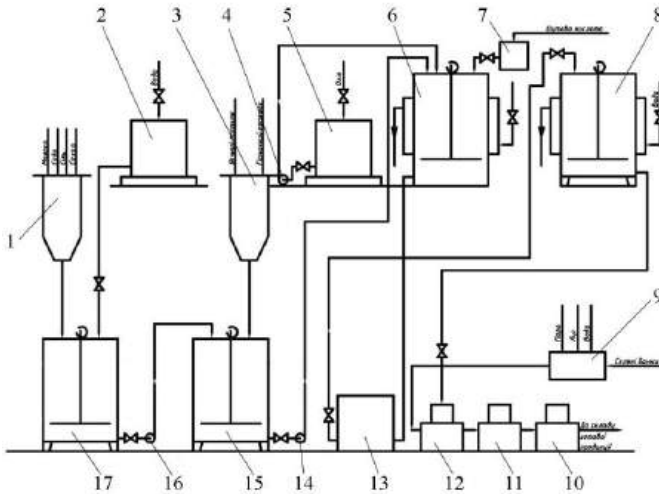


Рис. 2. Технологічна лінія виробництва майонезу: 1, 3 – бункери для засипки сухих компонентів; 2 – ваги для води; 4 – відцентровий насос подачі рослинної олії до агрегата-теплообмінника; 5 – ваги для олії; 6 – агрегат-теплообмінник; 7 – бачок для оцтової кислоти; 8 – бак готового майонезу; 9 – банкомийна машина; 10 – етикерувачний автомат; 11 – автомат закатувальний; 12 – автомат дозувально-наповнювальний; 13 – гомогенізатор; 14, 16 – насоси-емульгатори; 15, 17 – змішувачі

В обладнанні наведеної лінії реалізовано інтелектуальні сенсори системи автоматизації. Використання сенсорів для моніторингу якості вихідної сировини (олія, вода, яйця, оцет тощо) та параметрів виробництва в режимі реального часу (температура, в'язкість, рівень рН) дозволяє автоматично коригувати рецептуру для стабільної якості продукту. Здійснення низькотемпературної емульгації дозволяє зменшити потребу в консервантах, зберігаючи при цьому текстуру та смак. Це підвищує свіжість майонезу і подовжує його термін зберігання. Мікрофільтрація та очищення води дозволяє очищувати воду перед додаванням у майонез, що значно покращує його смакові властивості. Використання альтернативних олій. Додавання таких олій, як авокадова або лляна, що містять більше корисних жирів роблять продукт більш привабливим для споживачів, які дотримуються здорового харчування. І, нарешті, енергоефективне обладнання: використання сучасних змішувачів та емульсорів знижує енергоспоживання на 15...20 % порівняно з аналогами без втрати продуктивності, допомагаючи знизити витрати на виробництво та вплив на довкілля.

Крім того, в лінії реалізований рециклінг та зниження відходів: система збору і переробки відходів виробництва дозволяє знизити кількість сміття. Залишки можна використовувати, наприклад, для виробництва біогазу, що робить виробництво більш екологічним.

Розроблено технологічну лінію для виробництва пастеризованого молока (рис. 3).

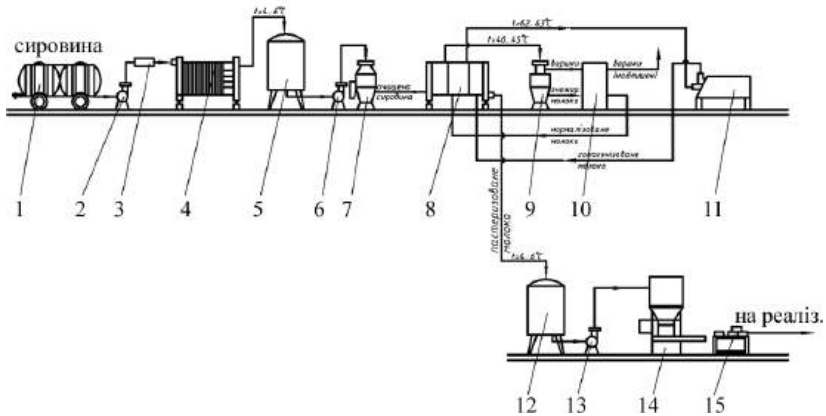


Рис. 3. Технологічна лінія виробництва пастеризованого молока:
 1 – цистерна з цільним молоком; 2, 6, 13 – насоси; 3 – лічильник-витратомір;
 4 – охолоджувач; 5, 12 – накопичувальні ємності; 7 – сепаратор-молокоочисник; 8 – пастеризаційно-охолоджувальна установка;
 9 – сепаратор-вершковідділювач; 10 – пристрій нормалізації молока;
 11 – гомогенізатор; 14 – фасувальна машина; 15 – ящики

Ця лінія має систему моніторингу якості – це IoT-сенсори для безперервного моніторингу температури, рН, та інших параметрів молока під час виробництва, що дозволяє швидко виявляти та виправляти відхилення від норми. Автоматизація процесів на лінії реалізована впровадженням робототехнічних систем для таких процесів, як пастеризація, упаковка та миття обладнання. Це підвищує ефективність і зменшує працю персоналу. Використання енергії з відновлювальних джерел, таких як сонячні панелі, для забезпечення енергією виробництва надає можливість виробнику бути автономним та незалежним від постачальників, зокрема це актуально на період можливих «блек-аутів». Застосування наноматеріалів для покращення упаковки молочних продуктів в лінії забезпечує триваліший термін зберігання та зменшує втрати продукту.

Робота за даним напрямом проектування нових інженерних рішень в обладнанні для виробництва харчової продукції масового споживання не припиняється. Наразі проектується нові лінії та

обладнання, зокрема для виробництва хлібу, кисломолочних продуктів та овочевих концентратів. У подальшому номенклатура ліній може бути розширена за наявною потребою виробників продукції.

Висновки. Таким чином, до головних технологічних аспектів виробництва продукції масового споживання відноситься застосування сучасного обладнання, яке має прогресивні інженерні рішення, відповідає високим вимогам енергозбереження та автоматизації. Використання автоматизованих виробничих ліній є основою інновацій у харчовій промисловості. У зв'язку з цим, виконано роботу з проектування технологічної лінії виробництва варених ковбас. Електроконтактне нагрівання в агрегаті, що входить до цієї лінії, забезпечує рівномірне нагрівання продукту по всьому об'єму. Спроектвано технологічну лінію виробництва майонезу. Її основними перевагами є можливість автоматично коригувати рецептуру для стабільної якості продукту та здійснення низькотемпературної емульгації. Також розроблено технологічну лінію для виробництва пастеризованого молока. Ця лінія має систему моніторингу якості, а автоматизація процесів на ній реалізована впровадженням робототехнічних систем для пастеризації, упаковки та миття обладнання. У подальшій роботі за даним напрямом заплановано проектування нових прогресивних ліній та обладнання, зокрема ліній для виробництва хлібу, кисломолочних продуктів та овочевих концентратів.

Список джерел інформації / References

1. Binod Pokharel, Reddi Sai Satya Keerthi, Ziyad H H Abunamous. Advancements in Food Processing Technologies: Enhancing Safety, Quality, and Sustainability. International Journal of Scientific Research in Engineering and Management (IJSREM). 2023. Vol. 07. Issue 06. 6 p. URL: https://www.researchgate.net/publication/372769537_Advancements_in_Food_Processing_Technologies_Enhancing_Safety_Quality_and_Sustainability
2. Winfried Leeman, Lisette Krul. Non-intentionally added substances in food contact materials: how to ensure consumer safety. Current Opinion in Food Science. 2015. Vol. 6. P. 33-37. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214799315001320?via%3Dihub>
3. Terefe, N. S., Gamage, M., Cao, R., & Abadias, M. (2019). Applications of Ultrasound in Food Science and Technology: A Perspective. Food Control, 101, 186-202. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.02.008>
4. Chemat, F., Khan, M. K., & Abert Vian, M.. Ultrasound Assisted Extraction of Food and Natural Products: Mechanisms, Techniques, Combinations, Protocols and Applications. A Review. Ultrasonics Sonochemistry. 2017. Vol. 34. P. 540-560. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.06.035>
5. Huang, L., Ye, X., Chen, S., Zhang, Z., Lv, G., & Wang, H. (2020). Cold Plasma Processing: A Review of Current State and Future Challenges. Trends in Food Science & Technology, 105, 17-28. URL: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.10.011>

6. Jiao, X., Liu, Y., & Xiong, S. (2020). Effect of UV-C Irradiation on Microorganisms and Quality Attributes of Fresh-Cut Apple. *LWT*, 134, 110205. URL : <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110205>

7. Технічні аспекти обладнання харчових виробництв продукції широкого вжитку / А.О. Шевченко та ін. // Молодь і технічний прогрес в АПВ : Міжнар. наук.-практ. конф., 23-24 листопада 2023 р. : матеріали. – Х. : ДБТУ, 2023. – С. 528-530.

Tekhnichni aspekty obladnannya kharchovykh vyrobnytstv produktsii shyrokooho vzhytku / A.O. Shevchenko ta in. // Molod i tekhnichniy prohres v APV : Mizhnar. nauk.-prakt. konf., 23-24 lystopada 2023 r. : materialy. – Kh. : DBTU, 2023. – S. 528-530.

8. Технологічні аспекти харчових виробництв на основі продуктів широкого вжитку / О.М. Кайданський та ін. // Сучасна інженерія агропромислових і харчових виробництв : Всеукр. наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти і молодих вчених, 26 травня 2023 р. : матеріали. Х. : ДБТУ, 2023. С. 65-66.

Tekhnolohichni aspekty kharchovykh vyrobnytstv na osnovi produktiv shyrokooho vzhytku / O.M. Kaidanskyi ta in. // Suchasna inzheneriia ahropromyslovykh i kharchovykh vyrobnytstv : Vseukr. nauk.-prakt. konf. zdobuvachiv vyshchoi osvity i molodykh vchenykh, 26 travnia 2023 r. : materialy. Kh. : DBTU, 2023. S. 65-66.

9. Автоматизація виробничих процесів: метод. вказівки для виконання лабораторних робіт, самостійного вивчення та виконання індив. завдань для студ. за напр. підгот. 6.050502 «Інженерна механіка» / Л.В. Кіптела та ін. Х. : ХДУХТ, 2014. 54 с.

Avtomatyzatsiia vyrobnychykh protsesiv: metod. vkazivky dlia vykonannya laboratomykh robit, samostiinoho vuvchennia ta vykonannya indiv. zavdan dlia stud. za napr. pidhot. 6.050502 «Inzhenerna mekhanika» / L.V. Kiptela ta in. Kh. : KhDUKhT, 2014. 54 s.

10. Нові технічні рішення в проектуванні обладнання для теплової обробки харчової сировини : монографія в 3 ч. Ч. 2. Використання електроконтактного нагрівання в процесах жарення кулінарної продукції / О.І. Черевко та ін. Харків : ХДУХТ, 2012. 151 с.

Novi tekhnichni rishennia v proektuvanni obladnannya dlia teplovoi obrobky kharchovoi syrovyny : monohrafiia v 3 ch. Ch. 2. Vykorystannia elektrokontaktного nahrivannia v protsesakh zharennia kulinarnoi produktsii / O.I. Cherevko ta in. Kharkiv : KhDUKhT, 2012. 151 s.

11. Усовершенствование производства колбасных изделий с применением электрофизических методов обработки / И.Г. Бабанов та ін. // Scientific Works of University of Food Technologies. Plovdiv, 2015. V. LXII. P. 763–766.

Usovershenstvovanye proyzvodstva kolbasnykh yzdelyi s prymenenyem elektrofyzicheskykh metodov obrabotky / I.H. Babanov ta in. // Scientific Works of University of Food Technologies. Plovdiv, 2015. V. LXII. P. 763–766.

Михайлов Валерій Михайлович, д-р техн. наук, проф., професор кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, vami2209@btu.kharkiv.ua.

Mykhaylov Valeriy, Doctor of Technical Science, Professor, Professor in the Department of Equipment and Engineering of Processing and Food Industries, State Biotechnological University, vami2209@btu.kharkiv.ua.

Шевченко Андрій Олександрович, канд. техн. наук, доц., доцент кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, andshew@btu.kharkiv.ua.

Shevchenko Andrey, PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor in the Department of Equipment and Engineering of Processing and Food Industries, State Biotechnological University, andshew@btu.kharkiv.ua.

Прасол Світлана Володимирівна, канд. техн. наук, доц., доцент кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, process229@ukr.net.

Prasol Svitlana, PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor in the Department of Equipment and Engineering of Processing and Food Industries, State Biotechnological University, process229@ukr.net.

Михайлов Богдан Валерійович, викладач, Відокремлений структурний підрозділ «Харківський фаховий коледж харчової промисловості Державного біотехнологічного університету», mixailov.com@gmail.com.

Mikhailov Bogdan, Lecturer, Separate Structural Subdivision "Kharkiv Vocational College of Food Industry" of State Biotechnological University, mixailov.com@gmail.com.

Бабанова Олена Ігорівна, старший викладач кафедри машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв, Національний університет харчових технологій, petrikeyl@ukr.net.

Babanova Olena, Senior Lecturer in the Department of Machines and Apparatus for Food and Pharmaceutical Industries, National University of Food Technologies, petrikeyl@ukr.net.

DOI 10.5281/zenodo.14673785

УДК 631.362

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА СЕПАРАЦІЇ НАСІННЕВОГО МАТЕРІАЛУ СОНЯШНИКУ

О.І. Завгородній, О.В. Сіняєва, А.О. Пак, М.М. Крекот

Розглянуто питання математичного моделювання руху кулі між робочими площинами вібропневматичного сепаратора та способу побудови траєкторії руху кулі в робочому каналі сепаратора. Досліджено зміну швидкості повітряного потоку в робочому каналі сепаратора та модернізованого сепаратора, обладнаного жалюзійним розподільником повітряного потоку по його висоті та довжині. Виконані дослідження процесу сепарації насінневого матеріалу соняшнику та їх порівняльний аналіз.

Ключові слова: *вібропневматичний сепаратор, математичне моделювання, швидкість повітряного потоку, насіння соняшнику.*

ANALYSIS OF THE RESULTS OF PHYSICAL AND MATHEMATICAL MODELING AND SEPARATION OF SUNFLOWER SEED MATERIAL

O. Zavgorodniy, O. Siniaieva, A. Pak, M. Krekot

The issue of mathematical modeling of the movement of a ball between the working planes of a vibropneumatic separator in two cases is considered. The first case is considered if, upon impact, there is sliding of the ball along the surface and its stopping. The second case is considered if, upon impact, there is exclusively sliding without stopping until the moment of rebound of the ball from the surface. The method of constructing the trajectory of the ball's movement in the working channel of the separator is considered, in order to determine the distance of movement of a particle of the seed mixture along the working channel of the vibropneumatic separator and, based on these values, to determine the receiver of the separation products to which the particle will fall. The change in the air flow velocity in the working channel of the separator and the modernized separator equipped with a louvered air flow distributor along its height and length is investigated. Comparative analysis revealed the design shortcomings of the non-modernized separator and proved the advantages of the modernized separator in the formation of a more stable and uniform air flow in the working channel of the separator. The formation of the air flow in the working channel of the vibro-pneumatic separator is performed by a mechanism with louvers and plates. In turn, the louvers form the required air flow, and the plates prevent the formation of turbulence at the outlet of the mechanism. Studies of the process of separation of sunflower seed material were carried out, which confirm the effectiveness of the proposed design of the modernized vibro-pneumatic separator. Comparative analysis revealed the correspondence of the results of mathematical modeling to the results of separation of sunflower seed material on the modernized vibro-pneumatic separator.

Keywords: *vibropneumatic separator, mathematical modeling, air flow velocity, sunflower seeds.*

Постановка проблеми в загальному вигляді. В сучасному сільськогосподарському виробництві найбільш часто використовується післязбиральна обробка насінневих матеріалів на решетах та в повітряних потоках насіннеочисних машин, тобто за такими ознаками як розміри та аеродинамічні властивості [1]. Якість яку забезпечують ці машини достатня для первинної обробки насінневих матеріалів а також для високоякісного очищення матеріалу за умови відсутності в ньому важковідокремлюваних компонентів (насіння деяких бур'янів, невиповнене насіння основної культури). Тому розробка нових машин спроможних високоякісно очищати насінневі матеріали від важковідокремлюваних компонентів та дослідження процесів які відбуваються в процесі їх роботи є важливою і актуальною задачею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Процесами сепарації насінневих матеріалів у повітряних потоках займались у своїй роботі [6] Гортинський В.В., Демський А.Б., Борискин М.А. Дослідження процесів взаємодії часточок при ударі (сепарація під дією вібрації) виконували Плявнієкс В.Ю., Кобринський А.Е. у своїх роботах [3, 5]. Вплив рівномірності повітряного потоку в каналі на процес сепарації було досліджено в роботі [7] Абдуєва М.М., Бакума М.В. та ін. Математичне моделювання процесів сепарації під дією вібрації і повітряного потоку виконувалось у роботах Завгороднього О.І., Сіняєвої О.В. [2, 4].

Мета статті – аналіз результатів дослідження швидкостей повітряного потоку по висоті та довжині робочого каналу вібропневмосепаратора, впливу рівномірності швидкості на результати сепарації насінневого матеріалу соняшника, а також аналіз відповідності отриманих результатів сепарації з результатами математичного моделювання процесу сепарації.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження переміщення часточки в робочому каналі 4 вібропневматичного сепаратора виконувалося на лабораторно-дослідній установці, схема якої представлена на рисунку 1. Рух часточки відбувається в робочому каналі 4 між двома площинами під дією повітряного потоку, сили тяжіння та вібрації що діє на часточку. У робочий канал 4 часточка потрапляє з бункера 3 через дозуючий пристрій 2 з висоти h_0 в зону дії вібрації однієї з площин каналу висотою H . Рух часточки розпочинається при співударянні часточки з першою площиною.

У математичній моделі для спрощення розрахунків часточка насінневого матеріалу приймається кулею. Положення кулі в робочому каналі визначається за допомогою відносної системи координат $Oxyz$, зв'язаною з першою площиною в точці O . Вісь Ox направлена перпендикулярно від першої площини до другої, вісь Oy направлена паралельно вздовж каналу і напрямку повітряного потоку Vn а вісь Oz паралельна робочим площинам, перпендикулярна напрямку повітряного потоку Vn і направлена до приймачів продуктів розділення. Робочі площини коливаються синхронно відносно абсолютної нерухомої системи координат $OXYZ$ вздовж вісі OY ($Y=A\sin\omega t$).

Рух кулі описується диференціальними рівняннями, записаними для центра мас кулі у системі координат $Oxyz$. Кожне наступне співударяння часточки з робочою площиною відбувається у момент, виконання однієї з умов $y_c=r$ або $y_c=B-r$, після чого розпочинається наступний цикл руху кулі між площинами. Цикли руху кулі між робочими пластинами продовжуються до тих пір поки центр мас кулі не

перетне нижній край робочої площини при цьому буде виконана умова $z_c=H$.

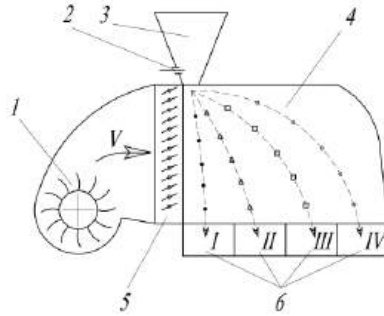


Рис. 1. Схема лабораторно-дослідної установки вібропневматичного сепаратора, обладнаного жалюзійним розподільником повітряного потоку: 1 – вентилятор; 2 – заслінка регулювання подачі вихідного матеріалу; 3 – завантажувальний бункер; 4 – робочий канал вібропневматичного сепаратора; 5 – жалюзійний розподільник повітряного потоку; 6 – приймачі продуктів розділення

Траєкторія руху кулі може бути визначена з використанням рівнянь її удару по робочих площинах. Такі рівняння були отримані в попередніх дослідженнях і приведені в роботі [2]. Приведемо їх далі:

$$v_x = u_x - \frac{\mu(u_x + \varpi_z r)}{1 + \mu}, \quad v_y = -R u_y, \quad v_z = u_z - \frac{\mu(u_z - \varpi_x r)}{1 + \mu}; \quad (1)$$

$$\Omega_x = \varpi_x + \frac{u_z - \varpi_x r}{r(1 + \mu)}, \quad \Omega_y = \varpi_y, \quad \Omega_z = \varpi_z - \frac{u_x + \varpi_z r}{r(1 + \mu)}, \quad (2)$$

де $\vec{u} = (u_x, u_y, u_z)$ – швидкість центра мас кулі до удару;

$\vec{U} = (U_x, U_y, U_z)$ – швидкість точки дотику до удару;

$\vec{v} = (v_x, v_y, v_z)$, $\vec{V} = (V_x, V_y, V_z)$ – швидкість точки дотику після удару;

$\vec{\varpi} = (\varpi_x, \varpi_y, \varpi_z)$ – кутова швидкість кулі до удару;

$\vec{\Omega} = (\Omega_x, \Omega_y, \Omega_z)$ – кутова швидкість кулі після удару;

R – коефіцієнт відновлення швидкості при ударі;

r – радіус кулі;

ρ – радіус інерції кулі;

$\mu = (\rho/r)^2$, при цьому для кулі: $0 < \mu < 2/3$ [4].

Рівняння (1) та (2) актуальні тільки для випадку коли при ударі кулі по робочій поверхні відбувається спочатку ковзання точки контакту по поверхні а потім її зупинка. В цьому випадку виконується умова:

$$f \geq \frac{\mu}{1+\mu} \cdot \frac{\sqrt{U_x^2 + U_z^2}}{(1+R)|u_y|} \quad (3)$$

Якщо умова (3) не виконується, то буде спостерігатись випадок, коли точка контакту після удару тільки ковзає і не зупиняється до моменту відриву кулі від площини. Особливістю такого процесу є те, що він залежить від коефіцієнта тертя f між матеріалами частки і робочої поверхні. Рівняння удару кулі між цими площинами також отримані в попередніх дослідженнях і приведені в роботі [2].

$$v_x = u_x + u_y \frac{f(1+R)\varepsilon}{\sqrt{1+\varepsilon^2}}, \quad v_y = -R u_y, \quad v_z = u_z + u_y \frac{f(1+R)}{\sqrt{1+\varepsilon^2}}; \quad (4)$$

$$\Omega_x = \varpi_x - u_y \frac{f(1+R)}{\mu r \sqrt{1+\varepsilon^2}}, \quad \Omega_y = \varpi_y, \quad \Omega_z = \varpi_z - u_y \frac{f(1+R)\varepsilon}{\mu r \sqrt{1+\varepsilon^2}}, \quad (5)$$

де
$$\varepsilon = \frac{u_x + \varpi_z r}{u_z - \varpi_z r}.$$

Для нашого випадку диференціальні рівняння руху центра мас кулі матимуть такий вигляд:

$$\ddot{x} = -k(\dot{x} - V_n) \sqrt{(\dot{x} - V_n)^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2}; \quad (6)$$

$$\ddot{y} = A \omega^2 \sin(\omega t + \varphi_1) - g \sin \alpha - k \dot{y} \sqrt{(\dot{x} - V_n)^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2}; \quad (7)$$

$$\ddot{z} = g \cos \alpha - k \dot{z} \sqrt{(\dot{x} - V_n)^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2}, \quad (8)$$

де k – коефіцієнт квадратичного опору повітря;
 V_n – швидкість повітряного потоку;
 A – амплітуда коливань площин;
 ω – частота коливань площин;
 α – кут відхилення площин від вертикалі;
 φ_1 – фаза удару кулі об одну з площин;
 g – прискорення вільного падіння.

Для розрахунку дальності польоту частинок, з відповідними фізико-механічними властивостями ($k, \mu, r, R_1, R_2, f_1, f_2$), вздовж робочого каналу при заданих режимах роботи вібропневматичного сепаратора ($V_n, A, \omega, H, B, \alpha$) використовувався програмний продукт «Mathcad», за допомогою якого на основі рівнянь (1)...(8) визначалось потрапляння часток у відповідний приймач продуктів розділення 6 (рис. 1).

Особливість реального експерименту полягає в тому, що швидкість повітряного потоку в каналі буде не сталою, а буде зменшуватись вздовж робочого каналу за рахунок сил тертя, які виникають в повітряному потоці і між потоком та робочими площинами каналу. Таке зниження швидкості повітряного потоку в каналі описується рівнянням Бернуллі. Але втрати повітряного потоку в лабораторній установці відбуваються і в зоні розміщення приймачів продуктів розділення, через що швидкість повітряного потоку в верхній частині каналу зменшується більш інтенсивно. Результати вимірювання швидкості повітряного потоку в каналі представлені в таблиці 1. Як видно з представлених результатів, швидкість повітряного потоку суттєво зменшується як по довжині каналу так і по його висоті.

Таблиця 1

Розподілення значень швидкостей (м/с) повітряного потоку по довжині та висоті робочого каналу вібропневматичного сепаратора

		Довжина сепарувального каналу, мм								
		10	20	30	40	50	60	70	80	90
Висота сепарувального каналу, мм	15	10,2	9,8	8,5	7,9	7,4	6,8	6,2	5,7	4,9
	30	10,4	10,0	8,6	8,1	7,5	7,0	6,4	5,9	5,0
	35	10,5	10,1	9,6	8,9	8,1	7,6	7,1	6,8	6,1
	60	10,7	10,3	9,7	9,0	8,3	7,9	7,3	7,0	6,5

Такі особливості лабораторної установки не дають можливості прогнозувати дальність переміщення часточки вздовж робочого каналу за допомогою розробленого математичного апарату. Для виправлення цього недоліку вібропневматичний сепаратор додатково був обладнаний жалюзійним розподільником повітряного потоку 5. Цей розподільник за допомогою жалюзів і вивірнюючих пластин перерозподіляє повітряний потік роблячи його більш рівномірним в зоні сепарації вздовж робочого каналу. Результати вимірювання швидкості повітряного потоку в каналі

вібропневматичного сепаратора, обладнаного жалюзійним розподільником представлені в таблиці 2.

Як видно з результатів, швидкість повітряного потоку по висоті робочого каналу стає більш рівномірною. Також видно, що падіння швидкості по довжині каналу буде меншим, а середня швидкість повітряного потоку збільшиться на виході з 5,62 м/с для немодернізованого сепаратора до 6,72 м/с для модернізованого.

Таблиця 2

Розподілення значень швидкостей (м/с) повітряного потоку по довжині та висоті робочого каналу вібропневматичного сепаратора, обладнаного жалюзійним розподільником повітряного потоку

		Довжина сепарувального каналу, мм								
		10	20	30	40	50	60	70	80	90
Висота сепарувального каналу, мм	15	10,8	10,5	10,1	9,9	9,6	9,2	8,8	8,3	7,8
	30	10,8	10,4	9,6	8,8	8,5	8	7,4	7,3	7
	35	10,7	10,2	9,3	8,5	7,8	7,4	7,3	6,8	6,5
	60	10	9,9	9,1	7,9	7,5	6,9	6,4	6,3	5,6

Дослідження роботи лабораторної установки виконувались на насіннєвій суміші соняшнику, яка містила 80 % повноцінного насіння культури, 14,9 % неповноцінного (пустотілого) насіння та 4,9 % смітної домішки. Результати досліджень вібропневматичного сепаратора наведені в таблицях 3 та 4.

Таблиця 3

Результати розділення насіннєвої суміші соняшнику у вертикальному робочому каналі вібропневматичного сепаратора

Фракція	Приймач продуктів розділення			
	I	II	III	IV
Вихід відсортованого матеріалу соняшнику, %	90,39	7,25	1,21	1,15
Кондиційне насіння соняшнику, %	88,01	6,74	0,14	0,10
Некондиційне насіння соняшнику, %	9,36	86,26	11,74	8,7
Смітна домішка, %	2,63	7,00	88,12	91,20

Як видно з порівнянь досліджень немодернізованого та модернізованого сепараторів, нерівномірність повітряного потоку значно впливає на якість сепарації. Так, у немодернізованому сепараторі в очищену фракцію (вміст I та II приймачів) виділилося 97,64 % матеріалу з вмістом у ньому кондиційного насіння соняшнику 81,97 %, некондиційного насіння соняшнику 15,07 % і смітної домішки 2,95 %.

Таблиця 4

Результати розділення насінневої суміші соняшнику у вертикальному робочому каналі вібропневматичного сепаратора, обладнаного жалюзійним розподільником повітряного потоку

Фракція	Приймач продуктів розділення			
	I	II	III	IV
Вихід відсортованого матеріалу соняшнику, %	91,42	6,41	1,1	1,07
Кондиційне насіння соняшнику, %	89,31	6,46	0	0
Некондиційне насіння соняшнику, %	8,27	87,09	4,85	1,1
Смітна домішка, %	2,42	6,45	95,15	98,9

У свою чергу вібропневматичний сепаратор, обладнаний жалюзійним розподільником повітряного потоку, при трохи більшому виході очищеної фракції 97,83 % забезпечує вищу якість сепарації. Так, в очищеній фракції буде міститися більше кондиційного насіння соняшнику 83,88 %, але менше некондиційного насіння соняшнику 13,43 % і смітної домішки 2,68 %. Також слід зазначити, що результати сепарації на модернізованому сепараторі більш точно відображають результати розрахунків, отриманих за допомогою математичного апарата при заданих вихідних параметрах насінневої суміші соняшнику і регульованих параметрів вібропневматичного сепаратора.

Висновки. Порівняльним аналізом результатів сепарації встановлено, що модернізований варіант вібропневматичного сепаратора, оснащений жалюзійним розподільником повітряного потоку, забезпечує більш рівномірний і стабільний потік у робочому каналі. Більш рівномірний і стабільний потік в робочому каналі забезпечує кращі результати сепарації насінневого матеріалу соняшнику. Результати розрахунків дальності переміщення часточок вздовж робочого каналу вібропневматичного сепаратора, отримані при математичному моделюванні, у більшій мірі відповідають результатам сепарації на модернізованому сепараторі, аніж не модернізованому.

Список джерел інформації / References

1. Машины і обладнання для зберігання та комплексної обробки зерна / А.С. Кобец, Ю.О. Чурсінов, С.А. Черних та ін. – Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2014. – 614 с.

Mashyny i obladnannia dlia zberihannia ta kompleksnoi obrobky zerna / A.S. Kobets, Yu.O. Chursinov, S.A. Chernykh ta in.– Dnipropetrovsk: DDAEU, 2014.–614 s.

2. Завгородний А.И., Синяева О.В. Движения шара в воздушном потоке между вибрирующими плоскостями. Вибрації в техніці та технологіях: Всеукраїнський науково-технічний журнал, №3(67). – Вінниця: ВНАУ, 2012.– С. 20-27.

Zavgorodnyj A.Y., Sy`nyaeva O.V. Dvy`zheny`ya shara v vozdushnom potoke mezhdzhu vy`bry`ruyushhy`my` ploskostyamy`. Vibraciyi v tehnici ta tehnologiyax: Vseukrayins`ky`j naukovo-texnichny`j zhurnal, 3(67). – Vinny`cyu: VNAU, 2012.– S. 20-27.

3. Кобринский А.Е., Кобринский А.А. Виброударные системы.– М.: Наука, 1973.– 592с.

Kobry`nsky`j A.E., Kobry`nsky`j A.A. Vy`broudarnnye sy`stemy. M.: Nauka, 1973.– 592 s.

4. Завгородний А.И., Обыхвост А.В. К исследованию движения частиц округлой формы по рабочим поверхностям машин. Галузеве машинобудування. Будівництво: 36. наук. праць ПНТУ імені Юрія Кондратюка, Вип. 3(25), Т. 1. – Полтава, 2009.– С. 119-125.

Zavgorodnyj A.Y., Obыхvost A.V. K y`ssledovany`yu dvy`zheny`ya chasty`cz okrugloj formy po rabochy`m poverxnostyam mashy`n. Galuzeve mashy`nobuduvannya. Budivny`cztvo: Zb. nauk. pracz` PNTU imeni Yuriya Kondratyuka, Vy`p. 3(25), T. 1. – Poltava, 2009.– S.119-125.

5. Плявниекс В.Ю. Пространственное соударение двух тел. Вопросы динамики и прочности. – Рига: “Зинатне”, 1970, вып. №20.– С.75-88.

Plyavny`eks V.Yu. Prostranstvennoe soudarenuy`e dvux tel Voprosy dy`namy`ky` y` prochnosty`. – Ry`ga: “Zy`natne”, 1970, vyr. 20.– S.75-88.

6. Гортинский В.В. Демский А.Б., Борискин М.А. Процессы сепарирования на зерноперерабатывающих предприятиях,. – М.: Колос, 1980. – 304 с.

Gorty`nsky`j V.V. Demsky`j A.B., Bory`sky`n M.A. Processy separy`rovany`ya na zernoperabatyvayushhy`x predpr`yaty`yah. – M.: Kolos, 1980. – 304 s.

7. Дослідження ефективності пневматичного сепаратора з нахиленим каналом на підготовці посівного матеріалу сафлору / М.В. Бакум, М.М. Крекот, М.М. Абдуєв, А.Д. Михайлов, М.М. Майборода, О.С. Чалая, В.В. Безпалько, О.В. Сіняєва, А.П. Горбаньов, О.С. Вотченко, А. Кузьомєнський // Вісник Львів. нац. аграр. ун-ту. Агроінж. дослідж. Машины та робочі процеси агропром. вирва. – Львів : ЛНАУ, 2021. – Вип. 25. – С. 177-186.

Doslidzhennya efekty`vnosti pnevmaty`chnogo separatora z naxy`lenny`m kanalom na pidgotovci posivnogo materialu safloru / M.V. Bakum, M.M. Krekot, M.M. Abduev, A.D. My`xajlov, M.M. Majboroda, O.S. Chalaya, V.V. Bezpal`ko, O.V. Sinyayeva, A.P. Gorban`ov, O.S. Votchenko, A. Kuz`omens`ky`j // Visny`k L`viv. nacz. agrar. un-tu. Agroinzh. doslidzh. Mashy`ny` ta robochi procesy` agroprom. vy`r-va. – L`viv : LNAU, 2021. – Vy`p. 25. – S. 177-186.

Завгородній Олексій Іванович, д-р техн. наук, проф., професор кафедри фізики та математики, Державний біотехнологічний університет, alexey.z.2014@gmail.com

Zavgorodniy Oleksiy, Sc.D. in Tech., Professor, Professor of the Department of physics and mathematics, State Biotechnological University, alexey.z.2014@gmail.com

Сіяєва Ольга Володимирівна, старший викладач, старший викладач кафедри фізики та математики, Державний біотехнологічний університет, masay020488@gmail.com

Siniaeva Olga, Senior teacher, Senior teacher of the Department of physics and mathematics, State Biotechnological University, masay020488@gmail.com

Пак Андрій Олегович, д-р техн. наук, професор, професор кафедри фізики та математики, Державний біотехнологічний університет, pak.andr1980@gmail.com

Pak Andriy, Sc.D. in Tech., Professor, Professor of the Department of physics and mathematics, State Biotechnological University, pak.andr1980@gmail.com

Крекот Микола Миколайович, канд. техн. наук, доц., доцент кафедри сільськогосподарських машин та інженерії тваринництва, Державний біотехнологічний університет, krekotshm@gmail.com.

Krekot Mykola, Ph.D. of Technical Sciences., associate professor, associate professor of the Department agricultural machinery and livestock engineering, State Biotechnological University, krekotshm@gmail.com

DOI 10.5281/zenodo.14678183

УДК 664.858:634

ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗДОРОВИХ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ

**О.Є. Загорулько, К.Р. Касабова, А.М. Загорулько,
О.І. Черевко, О.Є. Громов**

Удосконалена технологія виробництва мармеладу з пасти гарбуза, яблук і кизилу дозволяє значно покращити якість готової продукції. Розроблений мармелад відрізняється приємним рубіновим кольором і зтяжною консистенцією. Завдяки використанню натуральної сировини вміст некрохмальних полісахаридів, особливо пектинових речовин, а також вітаміну С збільшується майже вдвічі. Крім того, у готовому виробі суттєво зростає концентрація макро- та мікроелементів порівняно з контрольним зразком, що підвищує його харчову цінність.

Ключові слова: кондитерські вироби, мармелад, вакуум-випарний апарат, функціональні інгредієнти, покращення якості.

UPGRADED TECHNOLOGY AND TECHNICAL SOLUTIONS FOR THE PREPARATION OF HEALTHY CONFECTIONERY VIROBITS

A. Zagorulko, K. Kasabova, A. Zahorulko, A. Cherevko, A. Gromov

The purpose of this study is to create a technology for the production of marmalade using a three-component vegetable and fruit paste, which includes pumpkin, apples and dogwood.

The development of vegetable and fruit paste solves important tasks: ensuring the necessary structure of marmalade, achieving high organoleptic indicators without the use of artificial dyes and essences, enriching the chemical composition and giving the product functional properties. Due to the use of short-term low-temperature concentration and the optimal ratio of raw materials (pumpkin, apple, dogwood), the paste is characterized by a high content of functional components. The study of its composition showed the presence of dynamic viscosity – 280 Pa·s, non-starch polysaccharides – 3.89 ± 0.11 g, vitamin C – 1.89 ± 0.05 mg, β -carotene – 21.13 ± 0.60 mg. For an effective concentration process at a temperature of 55...65 °C, a viscosity interval of 5 to 35 Pa·s has been determined.

The improved marmalade production technology ensures higher quality of the finished product. The marmalade mass before gelatinization at a temperature of 80...82 °C has a viscosity that is 24% higher than the control sample. An improved vacuum evaporator with an increased heating surface has been proposed for the process of boiling the marmalade mass. Processing the marmalade mass allows reducing the specific heat consumption by 40% compared to the traditional evaporator (MZS-320). The finished marmalade has a rich ruby color, a lingering consistency, an increased content of pectin substances and vitamin C – almost twice as much as in the control sample. The product is also enriched with vitamins A, C, E, β -carotene and contains a greater amount of macro- and microelements.

According to the content of pectin substances, vitamin A, β -carotene and potassium, marmalade can be classified as a functional product, since the daily requirement for these substances exceeds 10%. The proposed technology can be successfully implemented at confectionery enterprises.

Keywords: *confectionery, marmalade, vacuum evaporator, functional ingredients, quality improvement.*

Постановка проблеми в загальному вигляді. Сучасні технології виготовлення кондитерських виробів на основі рослинної сировини в останні роки демонструють суттєві зміни у підходах до виробництва. Зокрема, спостерігається заміна традиційних фруктових основ на структуроутворюючі добавки, а також активне використання барвників, ароматизаторів та покращувачів смаку. Водночас, зі зміною

способу життя та зростанням екологічної свідомості, все більше людей формують попит на здорову їжу, яка має функціональні переваги.

Одним із перспективних рішень є пошук нових видів рослинної сировини для створення «здорових кондитерських виробів» із високою якістю та функціональними властивостями. У межах цього дослідження запропоновано ресурсозберігаючий метод виготовлення трикомпонентної овочево-фруктової пасти, яка може слугувати основою для виробництва мармеладу. Використання багатоконпонентної пасти забезпечує високий вміст функціональних та біологічно активних речовин, а також створює унікальні сенсорні характеристики готової продукції.

Запропонована технологія вже довела свою ефективність у процесі створення різноманітних кондитерських виробів [1, 2]. Її перевага полягає у застосуванні спеціалізованого обладнання для попередньої теплової обробки та концентрування рослинної сировини, що дозволяє досягти більшої ефективності порівняно з традиційними методами. Тому дослідження, спрямовані на розробку технологій виробництва фруктового мармеладу на основі овочево-фруктової пасти, залишаються актуальними.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз наявного асортименту мармеладної продукції демонструє тенденцію до введення в рецептурний склад натуральних продуктів у вигляді овочевих або фруктових пюре, що пов'язано зі зростанням попиту на кондитерські вироби лікувально-профілактичного та функціонального призначення. У дослідженні [3] було розглянуто вплив рецептурних інгредієнтів, які формують структуру, на показники якості гарбузового желейного мармеладу. Для цього автори застосували гарбузове пюре, агар як гелеутворювач та натуральний мед у ролі підсолоджувача, що сприяло покращенню органолептичних характеристик і підвищенню харчової цінності продукту. Гарбузове пюре також використовувалося у поєднанні з освітленою сироваткою для створення фруктового мармеладу, що дозволило розширити асортимент і збільшити біологічну цінність готової продукції [4].

Пюре з фруктів, ягід та інших рослинних продуктів, таких як хурма [5], глід [6], алича [7], малина та чорниця [8], також знайшло застосування у технологіях виготовлення мармеладу. Однак ці роботи здебільшого обмежуються використанням лише однокомпонентної сировини, що не завжди забезпечує комплексне вирішення завдань підвищення харчової цінності, покращення якості та розширення асортименту продукції.

Окремо варто відзначити використання томатного пюре у кількості 2,5 % та порошку червоних столових буряків у дозуванні 2 %, які слугували природними заміниками синтетичних барвників у

желейному мармеладі [9]. Застосування харчових барвників для покращення зовнішнього вигляду продуктів і приваблення споживачів практикується здавна. Вони поділяються на три основні категорії: натуральні барвники, ідентичні природним (створені шляхом хімічного синтезу) та штучні/синтетичні барвники. У сучасних умовах натуральні барвники привертають дедалі більшу увагу завдяки зміні стилю життя споживачів і зростанню їхньої екологічної свідомості.

Запропоновано застосування журавлини як натурального барвника, консерванту та джерела біологічно активних речовин і корисних харчових компонентів у незначних кількостях [10]. Також відомо про використання екстрактів ягід із високим вмістом антоціанів, зокрема полуниці, малини та чорної смородини, у виробництві мармеладів і джемів [11].

Сьогодні набуває популярності концепція суперфруктів, яка акцентує увагу на продуктах із високим вмістом фітохімічних сполук, одночасно враховуючи доступність цих продуктів для населення та заохочуючи споживання локальної сировини [12]. У цьому контексті дослідження, спрямовані на використання місцевих ресурсів, залишаються надзвичайно актуальними. Наприклад, айва, як сезонний фрукт застосовується для виготовлення мармеладу, желе та вина завдяки високому вмісту пектинів і лігніну [13]. Інші дослідження показують, що додавання сливового пюре у кількості 40–60 % до рецептури мармеладу сприяє збагаченню продукту вітамінами, мінералами, харчовими волокнами та фенольними сполуками [14].

Формування драгледоподібної структури є ключовим показником якості мармеладної продукції. Найчастіше для цього використовують пектин, агар і желатин, а також менш поширені драгледутворювачі, включаючи ті, що отримані шляхом мікробного синтезу. Наприклад, дослідження показали, як різні гелеутворювачі та технології концентрування гранатового соку впливають на створення драгледу [15]. Продукти переробки фруктів і ягід є перспективними інгредієнтами, здатними покращувати структуру мармеладів [16]. Зокрема, побічні продукти харчового виробництва, які утворюються у процесі консервування овочів і фруктів (14,8 %), можуть бути джерелом функціональних компонентів [16]. Наприклад, волокна з бурякових відходів не лише покращують структуру, а й збагачують продукцію корисними речовинами [17].

Застосування овочів, фруктів, ягід та продуктів їх переробки є перспективним напрямом для створення функціональних продуктів завдяки їх властивостям: натурального барвника, ароматизатора, структуроутворювача та джерела корисних речовин. Проте через

відсутність системного підходу, проблема комплексного використання такої сировини залишається остаточно не вирішеною.

Перспективним рішенням є створення багатокомпонентних овочево-фруктових паст, що забезпечують високий вміст пектину та відмінні сенсорні показники завдяки комбінації різних інгредієнтів. Серед потенційної сировини, яка вже демонструє ефективність у харчових технологіях, можна виокремити: гарбуз, незрілі яблука та кизил. Гарбуз, що є важливим джерелом біоактивних речовин, таких як калій, вітаміни В, С, Е, каротиноїди, клітковина. Гарбуз також має низьку калорійність і широко використовується в багатьох країнах світу. Його додавання до паст дозволяє задовольнити попит на здорову їжу з функціональними перевагами. Незрілі яблука, які часто втрачаються через естетичні недоліки чи логістичні проблеми. Вони багаті на пектин, який є природним структуроутворювачем, що робить їх ефективним інгредієнтом для виробництва паст і мармеладів. Використання незрілих яблук також сприяє зменшенню харчових відходів і ефективному використанню ресурсів [16]. Кизил, плоди якого містять значну кількість вітаміну С, антоціанів, фенольних сполук, пектину та інших біоактивних речовин. Він має високу харчову, дієтичну та лікувальну цінність і широко використовується для виробництва мармеладу, джемів, паст, желе та інших продуктів.

Комбінація зазначених інгредієнтів для створення овочево-фруктової пасти відкриває можливості вирішення кількох завдань: забезпечення стабільної структури виробів, отримання високих органолептичних показників без штучних барвників, збагачення хімічного складу, зменшення витрат на виробництво і скорочення харчових відходів. У результаті це сприяє зниженню вартості продукції та підвищенню ефективності використання ресурсів.

Метою даного дослідження є створення технології виробництва мармеладу з використанням трьохкомпонентної овочево-фруктової пасти, до складу якої входять гарбуз, яблука та кизил.

Виклад основного матеріалу дослідження. Підбрано рецептурно співвідношення сировини (яблуко – 35 %; гарбуз – 50 %; кизил – 15 %) як основу для створення пастильно-мармеладних виробів. Дослідженнями виявлено сенсорні характеристики, це гармонійний смак кизилу та гарбуза з яблуком та рубіновий колір, а також високі показники в'язкості незруйнованої структури 280 Па·с.

Вивчено реологічне поведіння зразка розробленої пасти при режимах подібних обробці в безперебійному випарному апараті роторного типу. Встановлено зміну в'язкості пюре (14...15 % СР) та пасти (29...30 % СР) в інтервалі температури від 20 до 70 °С. Швидкість

обертання валу ротора випарника дорівнювала швидкості обертання циліндру ротaційного віскозиметра на рівні $2,7 \text{ c}^{-1}$.

Установлена тенденція до зменшення в'язкості при підвищенні температури дослідних зразків (рис. 1).

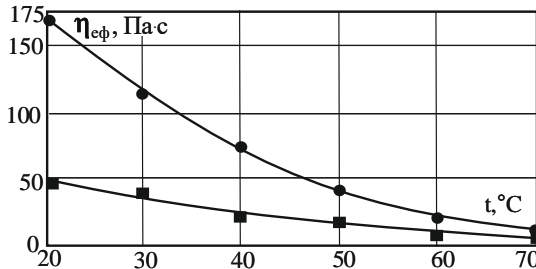


Рис. 1. Динамічна в'язкість від зміни температури (швидкість зсуву $2,7 \text{ c}^{-1}$: — пюре (11 % СР); — паста (30 % СР))

Показник динамічної в'язкості обраного зразка 2 при уварюванні до 30 % СР (170 Па·с) збільшується в 3,5 раз за температури $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Основний режим стаціонарної роботи роторного апарата має наступні параметри: температура обробки $55 \dots 65 \text{ }^\circ\text{C}$; частота обертів валу $2,7 \text{ c}^{-1}$ при цьому ефективна в'язкість знаходиться в інтервалі від $5 \dots 35 \text{ Па}\cdot\text{с}$. При такому низькотемпературному короткочасному режимі концентрування виготовлена паста буде відрізнятися підвищеними показниками якості. Для підтвердження цього твердження проведено аналіз хімічного складу овочево-фруктової пасти (табл. 1).

Таблиця 1

Хімічний склад овочево-фруктової пасти $\sigma=3 \%$, $n=5$

Показник	Одиниця виміру	Овочево-фруктова паста
Сухі речовини	%	30,00
Пектинові речовини	г	3,89
Вітамін А, РЕ	Мкг	316,88
β-каротин	Мг	1,89
Вітамін С	Мг	21,13
Вітамін Е	Мг	0,75
Калій, К	мг	1405,75
Кальцій, Са	мг	67,00

Магній, Mg	мг	35,15
Натрій, Na	мг	39,75
Фосфор, P	мг	53,63

Отримані дані показують значний вміст фізіологічно функціональних інгредієнтів у пасті на основі гарбуза, яблука та кизилу. Паста вміщує велику кількість пектинових речовин, що значною мірою сприяє структуроутворенню. Також паста має високий вміст вітаміну С, характеризується наявністю вітамінів А, Е та β-каротину. Отримана овочево-фруктова паста за наведеним вмістом (табл. 1) є функціональним напівфабрикатом та може бути використана як збагачувальна основа для виробництва різних харчових продуктів, наприклад мармеладу.

На основі пробних приготувань та зроблених припущень, готували контрольний та дослідний (з повною заміною яблучного пюре на овочево-фруктову пасту без барвників та есенції) зразки мармеладу. Контрольним зразком був мармелад «Яблучний формовий». Овочево-фруктову пасту уварювали з цукром, лактатом натрію та патокою. Уварювання здійснювали у удосконаленому вакуум-випарному апараті зі збільшеною поверхнею обігріву (рис. 3). Апарат відрізняється від традиційного випарного апарату зменшенням питомих витрат теплоти на 40 % [18].

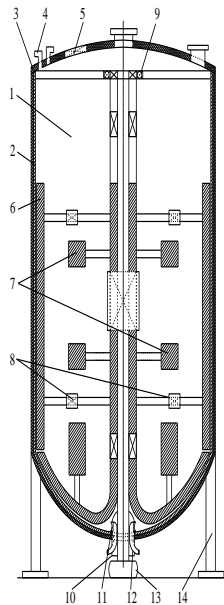


Рис. 2. Схема вакуум-випарного апарата зі збільшеною поверхнею теплообміну: 1 – ємність; 2 – гнучкий плівковий електронагрівач (ГПРЕнВТ); 3 – кришка; 4 – контрольно-запобіжна арматура; 5 – люк; 6 – мішалка; 7 – розділювачі потоку (6 шт.); 8 – підпружинені ребра; 9 – контактна платформа живлення ГПРЕнВТ; 10 – розвантажувальний автоматичний пристрій; 11 – засувка; 12 – напрямні для відведення продукту; 13 – електропривід; 14 – стійки

Вивчено структурно-механічні характеристики мармеладної маси при температурі, що перевищує її драглеутворення $80...82\text{ }^{\circ}\text{C}$. В'язкість дослідного зразка на початку прикладеного зусилля здвигу $164\text{ Па}\cdot\text{с}$, контролю $132\text{ Па}\cdot\text{с}$ (рис. 3). Отримані дані свідчать про зміцнення структури розробленого мармеладу на 24 %. Зростання в'язкості пояснюється більшим вмістом пектинових речовин в овочево-фруктової пасті, що є позитивним для формування структури мармеладної маси.

Контрольний зразок за показниками смаку, запаху та кольору оцінено як добрий, з можливістю покращення. За цими ж показниками встановлено, що дослідний зразок отримав кращу оцінку та характеризується більш привабливим кольором, смаком та запахом.

Використання овочево-фруктової пасти дозволяє надати привабливого рубінового кольору за рахунок забарвлюючих речовин кизилю. Консистенція дослідного зразку дещо нижча порівняно з контрольним, оскільки вона була охарактеризована як «дещо затянута». За показниками форми та поверхні усі зразки були оцінені на відмінно, оскільки вона була правильною, з чітким контуром, а поверхня еластична і рівномірно обсипана цукром.

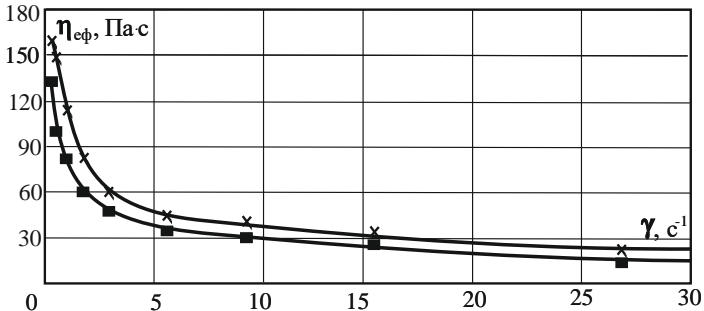


Рис. 3. Залежність маси мармеладної від змінення швидкості зсуву (80 °C): ■ – контрольний зразок; x – дослідна мармеладна маса

Визначено фізико-хімічні та структурно-механічні показники якості фруктового мармеладу (табл. 2).

Таблиця 2

Фізико-хімічні та структурно-механічні показники якості фруктового мармеладу $\sigma=3\%$, $n=5$

Показник	Мармелад «Яблучний формовий» (контрольний зразок)	Мармелад на основі овочево-фруктової пасти (дослідний зразок)
Масова частка сухих речовин, %	79,0	79,3
Титрована кислотність, град	11,0	11,8
Масова частка редукуючих речовин, %	22,0	22,5
Міцність, кПа	5,5	6,34

Масова частка сухих речовин зразків мармеладу, як контрольного, так і дослідного знаходиться в межах 79,0...79,3±1,5, та відповідає показникам якості для цих виробів згідно до вимог нормативної документації. Незначні зміни значень пояснюються межами похибки. Цей показник для мармеладу постійно контролюється під час уварювання і залежить від її тривалості, що проводиться до певного вмісту СР.

Згідно до вимог ДСТУ 4333:2018 для мармеладу фруктового формового кислотність повинна становити 6,0...17,9 град. Кислотність контрольного зразку становить 11 град, а у дослідного збільшується на 7,3 % через присутність дещо більшої кількості кислот порівняно з яблучною пастою.

За вмістом редуруючих речовин як контрольний, так і дослідний зразок мармеладу відповідають вимогам нормативної документації в знаходяться в діапазоні 22,0...22,5±0,5.

Показник міцності для мармеладу серед всіх структурно-механічних характеристик є одним із найважливіших, оскільки свідчить про процес формування структури. Показник міцності дослідного мармеладу становить 6,34 кПа та є більшим на 15,3 % порівняно з контрольним зразком, що свідчить про формування більш міцної структури виробу.

Овочево-фруктова сировина обрана для створення пасти (гарбуз, незрілі яблука, кизил) характеризується багатим хімічним складом. Тож для визначення функціональних властивостей фруктового мармеладу розраховували хімічний склад контрольного та дослідного зразків (табл. 3).

Таблиця 3

Хімічний склад контрольного та дослідного зразків мармеладу

 $\sigma=3\%$, $n=5$

Показник	Одиниця виміру	Добов а потреб а	Мармелад (контрольний зразок)	Мармелад (дослідний зразок)
Некрохмальні полісахариди	г	20	1,1	2,11
Вітамін А, РЕ	мкг	900	–	151,81
β-каротин	мг	5	–	1,0
Вітамін С	мг	90	1,57	3,81
Вітамін Е	мг	15	0,197	0,406

Калій, К	мг	2500	122,05	762,19
Кальцій, Са	мг	1000	11,83	36,33
Магній, Mg	мг	400	6,89	19,05
Натрій, Na	мг	1300	0,98	21,55
Фосфор, Р	мг	800	16,7	29,08
Залізо, Fe	мг	18	1,28	0,22

Наведені дані підтверджують збільшення вмісту фізіологічно функціональних інгредієнтів у мармеладі, виготовленому на основі овочево-фруктової пасти. Так, вміст пектинових речовин та вітаміну С збільшується майже у два рази. Новий мармелад характеризується наявністю вітамінів А, С, Е та β-каротину. Крім того, суттєво збільшується кількість макро- і мікроелементів порівняно з контрольним зразком. За вмістом пектинових речовин, вітаміну А, β-каротину та калію мармелад на основі овочево-фруктової пасти можливо віднести до функціонального, оскільки відсоток забезпечення цих речовин на добу перевищує 10 %.

Висновки. Визначенням структурно-механічних та якісних показників обґрунтовано рецептурний склад розробленої овочево-фруктової пасти з гарбуза – 50 %, яблук – 35 % та кизилу – 15 %. Завдяки використанню короткотривалого низькотемпературного концентрування паста містить значну кількість функціональних інгредієнтів, що підтверджено вивченням її хімічного складу. Паста має динамічну в'язкість – 280 Па·с, високий вміст некрохмальних полісахаридів – 3,89±0,11 г, вітаміну С – 1,89±0,05 мг, β-каротину 21,13±0,60. Для оптимального ведення процесу концентрування (55...65 °С) встановлена ефективна в'язкість, що знаходиться в інтервалі від 5...35 Па·с.

Удосконалено спосіб виробництва мармеладу на основі пасти з гарбуза, яблук та кизилу відрізняється підвищеною якістю. Мармеладна маса за температури 80...82 °С перед драглеутворенням має на 24 % більший показник в'язкості порівняно з контролем. Розроблений мармелад має приємний рубіновий колір та затяжну консистенцію. Вміст пектинових речовин та вітаміну С збільшується майже у два рази. Новий мармелад характеризується наявністю вітамінів А, С, Е та β-каротину. Суттєво збільшується кількість макро- і мікроелементів порівняно з контрольним зразком. За вмістом пектинових речовин, вітаміну А, β-каротину та калію мармелад на основі овочево-фруктової

пасти можливо віднести до функціонального, оскільки відсоток забезпечення цих речовин на добу перевищує 10 %.

Список джерел інформації / References

1. Kasabova, K., Samokhvalova, O., Zagorulko, A., Zahorulko, A., Babaiev, S., Bereza, O., Ponomarenko, N., Tesliuk, H., Yukhno, V. (2022). Improvement of turkish delight production technology using a developed multi-component fruit and vegetable paste. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (11(120)), 51–59. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.269393>

2. Samokhvalova, O., Kasabova, K., Shmatchenko, N., Zagorulko, A., & Zahorulko, A. (2021). Improving the marmalade technology by adding a multicomponent fruit-and-berry paste. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(11(114)), 6–14. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.245986>

3. M. R. Abdrashitova A. R. Abushaeva M. K. Sadigova. Influence of structure-forming recipe ingredients on the quality of pumpkin marmalade. May 2024. *Innovations and Food Safety*. DOI: 10.31677/2311-0651-2024-43-1-29-45

4. Slashcheva Alina, Gnitsevych Victoriya, Bodnaruk Olga, Moroz V. (2022). Development of functional marmelad technology based on pumpkin mash and lightened current whey. *Обладнання та технології харчових виробництв*, 44 (1). pp. 5-13. <http://elibrary.donnuet.edu.ua/2564/>

5. Филь М.И., Михайлюк А.Я. Инновационный подход в технологии фруктового мармелада // *Научный вестник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького*. 2017. №75. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnyy-podhod-v-tehnologii-fruktovo-go-marmelada>

Fil M.I., Mikhailiuk A.Ya. Innovatsionnii podkhod v tekhnologii fruktovo-go marmelada // *Naukovii visnik Lvivskogo natsionalnogo universitetu veterinarnoi meditsini ta biotekhnologii imeni S.Z. Izhitskogo*. 2017. №75. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnyy-podhod-v-tehnologii-fruktovo-go-marmelada>

6. Elsevar Babaoglu Farzaliev, Salih Ökten, Production and characterization of fruit jam with activated pectin using wild hawthorn puree (*Crataegus monogyna* Jacq.), *Natural Product Research*, 2023, ISSN 1478-6419, <https://doi.org/10.1080/14786419.2023.2283760>.

7. Temilade Akinlolu-Ojo, Esther E. Nwanna, Adebajo A. Badejo, Physicochemical constituents and anti-oxidative properties of ripening hog plum (*Spondias Mombin*) fruits and the quality attributes of jam produced from the fruits, *Measurement: Food*, Volume 7, 2022, 100037, ISSN 2772-2759, <https://doi.org/10.1016/j.meafoo.2022.100037>.

8. С. Г. Панасюк, М.В. Мисковець. Інноваційна технологія виробництва діабетичного желеино-фруктового мармеладу. *March 2023. Товарознавчий вісник* 1(16):73-84. DOI: 10.36910/6775-2310-5283-2023-17-6

S. G. Panasyuk, M.V. Miskovets. Innovatsiina tekhnologiya virobnitstva diabetichnogo zheleino-fruktovo-go marmeladu. *March 2023. Товарознавчий вісник* 1(16):73-84. DOI: 10.36910/6775-2310-5283-2023-17-6

9. Мельник, О. Ю., & Ярмош, Т. А. (2023). Розроблення желейного мармеладу з використанням овочевої сировини. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Механізація та автоматизація виробничих процесів, 2(52), 44-49. <https://doi.org/10.32782/msnau.2023.2.7>

Melnik, O. Yu., & Yarmosh, T. A. (2023). Rozroblennya zheleynogo marmeladu z vikoristannyam ovochevoї sirovini. Visnik Sumskogo natsionalnogo agrarnogo universitetu. Seriya: Mekhanizatsiya ta avtomatizatsiya virobnychikh protsesiv, 2(52), 44-49. <https://doi.org/10.32782/msnau.2023.2.7>

10. Alekseenko, E & Chernykh, V & Bakumenko, O. (2021). Shaped jelly marmalade with cranberry concentrate. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 640. 052007. 10.1088/1755-1315/640/5/052007.

11. Agnieszka Krzyszczak-Turczyn, Marta Grochowicz, Ilona Jonik, Ilona Sadok, Removal of polyphenols from anthocyanin-rich extracts using 4-vinylpyridine crosslinked copolymers, Food Chemistry, Volume 463, Part 2, 2025, 141312, ISSN 0308-8146, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.141312>.

12. Giovanna Nascimento de Mello e Silva, Edson Silvio Batista Rodrigues, Isaac Yves Lopes de Macêdo, Henric Pietro Vicente Gil, Hericles Mesquita Campos, Paulo César Ghedini, Lidya Cardozo da Silva, Erica Aparecida Batista, Giovanna Lopes de Araújo, Boniek Gontijo Vaz, Tânia Aparecida Pinto de Castro Ferreira, Renê Oliveira do Couto, Eric de Souza Gil, Blackberry jam fruit (*Randia formosa* (Jacq.) K. Schum): An Amazon superfruit with in vitro neuroprotective properties, Food Bioscience, Volume 50, Part A, 2022, 102084, ISSN 2212-4292, <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.102084>.

13. M. Carmen Codina, Emilio J. González, Ana Molina, Manuel Carmona, M. Isabel Berruga, Bio-based films from quince by-products: A sustainable alternative for biodegradable food packaging, Food Hydrocolloids, Volume 157, 2024, 110395, <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2024.110395>.

14. Toktam Mohammadi-Moghaddam, Ali Firoozzare, Investigating the effect of sensory properties of black plum peel marmalade on consumers acceptance by Discriminant Analysis, Food Chemistry: X, Volume 11, 2021, 100126, <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2021.100126>.

15. Salvatore Velotto, Rosa Palmeri, Vincenzo Alfeo, Ignazio M. Gugino, Biagio Fallico, Giovanni Spagna, Aldo Todaro, The effect of different technologies in Pomegranate jam preparation on the phenolic compounds, vitamin C and antioxidant activity, Food Bioscience, Volume 53, 2023, 102525/<https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102525>.

16. Luna Barrera-Chamorro, África Fernandez-Prior, Fernando Rivero-Pino, Sergio Montserrat-de la Paz, A comprehensive review on the functionality and biological relevance of pectin and the use in the food industry, Carbohydrate Polymers, 2024, 122794, <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2024.122794>.

17. Самохвалова, О. В., Касабова, К. Р., & Олійник, С. Г. (2014). The influence of the enriching additives on the dough structure formation and baked muffins. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(10(67)), 32–36. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.20024>

18. Zahorulko, A., Zagorulko, A., Fedak, N., Sabadash, S., Kazakov, D., & Kolodnenko, V. (2019). Improving a vacuum-evaporator with enlarged heat exchange

surface for making fruit and vegetable semi-finished products. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6(11(102), 6–13. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.178764>

Загорулько Олексій Євгенович, канд. техн. наук, доц., кафедра обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв Державного біотехнологічного університету, panamari73@gmail.com.

Zagorulko Aleksey, PhD, Associate Professor, Department of Equipment and Engineering of Processing and Food Production, State Biotechnological University, panamari73@gmail.com.

Касабова Катерина Рубенівна, канд. техн. наук, доц., кафедра технологія хлібопродуктів і кондитерських виробів Державного біотехнологічного університету, Kasabova_kateryna@dbtu.edu.ua

Kasabova Kateryna, PhD, Associate Professor, Department of bakery and confectionery technology, State Biotechnological University, Kasabova_kateryna@dbtu.edu.ua.

Загорулько Андрій Миколайович, канд. техн. наук, доц., кафедра обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв Державного біотехнологічного університету, zagorulko.andrey.nikolaevich@gmail.com.

Zahorulko Andrii, PhD, Associate Professor, Department of Equipment and Engineering of Processing and Food Production, State Biotechnological University, zagorulko.andrey.nikolaevich@gmail.com.

Черевко Олександр Іванович, д-р техн. наук, проф., радник ректора Державного біотехнологічного університету, cherevko_O@hduht.edu.ua.

Cherevko Oleksander, Doctor of Technical Sciences, Professor Radnik of the rector of DBTU, cherevko_O@hduht.edu.ua.

Громов Олексій Євгенович, асп., кафедра обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв Державного біотехнологічного університету, Gromov_92@gmail.com.

Gromov Aleksey, PhD student in specialty 133 "Industrial engineering", Department of Equipment and Engineering of Processing and Food Production, Gromov_92@gmail.com.

DOI 10.5281/zenodo.14678245

ЗМІСТ

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

О.В. Самохвалова, К.Р. Касабова, С.О. Бабасв Дослідження впливу плодоовочевої пасти на терміни зберігання рахат-лукуму.....	6
Т.В. Гавриш, Н.О. Боровікова, К.Р. Касабова, І.М. Фоміна Інноваційні підходи до підвищення ефективності та стійкого розвитку виробництва кормів.....	18
Т.М. Головка, М.В. Жеребкін, А.О.Геліх, А.М. Філон, Ю. Пан Буряк, попередньо оброблений заморожуванням-розморожуванням, як джерело нітритів в Італійській салямі, збагаченій альтернативними білками.....	27
В.П. Ковальова, М.О. Ковальов, В.Г. Макаренко Аналіз хлібопекарської якості житнього борошна.....	43
Т.В. Черемська, М.Б. Колеснікова, С.Л. Юрченко, Д.П. Костін Технологія приготування м'ясних страв зі свинини способом «Sous Vide» та їх сенсорний аналіз.....	53
О.М. Шаніна, Т.В. Гавриш, А.Т. Джонстон Особливості класифікації зерна пшениці та система забезпечення якості борошняних продуктів у Канаді.....	66
О.М. Шаніна, Т.В. Гавриш, Н.О. Боровікова Визначення якості борошняної сировини.....	76
Т.В. Гавриш, І.М. Фоміна Інновації в зберіганні та переробці зерна на високоякісну продукцію	82
К.В. Свідло, Л.К. Карпенко, О.В. Богомолів, Л.В. Підлубна Розробка харчових композицій продукції для людей в умовах постійного стресу.....	90

ХАРЧОВІ ІНГРЕДІЄНТИ ТА ДОБАВКИ

С.Г. Олійник, Г.В. Степанькова, С.В. Недвіга, В.Р. Юдіна Вплив борошна з бульб чуфи на перебіг процесів дозрівання тіста та якість хліба пшеничного.....	100
---	-----

**ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ
ХАРЧОВОЇ ІНДУСТРІЇ**

О.В. Богомолов, В.М. Михайлов, О.О. Богомолов, В.О. Панов, І.О. Бочарніков	
Визначення раціональних параметрів сепарації насіння проса на гравітаційному ударному сепараторі.....	117
О.В. Богомолов, О.І. Завгородній, О.О. Богомолов, Є.В. Бойко, Е.М. Науменко, М.С. Шуваєв	
До питання вдосконалення компоновки схеми приводу віброфрикційного сепаратора насінневих сумішей.....	128
Г.В. Дейниченко, Д.В. Дмитревський, В.М. Червоний, Д.В. Горєлков, М.О. Василенко	
Дослідження процесу виробництва сухих пектинових концентратів.....	135
В.М. Михайлов, А.О. Шевченко, С.В. Прасол, Б.В. Михайлов, О.І. Бабанова	
Інженерні рішення в обладнанні для виробництва харчової продукції масового споживання.....	146
О.І. Завгородній, О.В. Сіняєва, А.О. Пак, М.М. Крєкот	
Аналіз результатів фізико-математичного моделювання та сепарації насінневого матеріалу соняшнику.....	155
О.Є. Загорулько, К.Р. Касабова, А.М. Загорулько, О.І. Черевко, О.Є. Громов	
Обґрунтування технології та технічних рішень для виготовлення здорових кондитерських виробів.....	164

CONTENTS

INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF FOOD PRODUCTION

O. Samokhvalova, K. Kasabova, S. Babaiev	
Study of the effect of fruit and vegetable paste on the shelf life of turkish delight.....	6
T. Havrysh, N. Borovikova, K. Kasabova, I. Fomina	
Innovative approaches to increase the efficiency and sustainable development of feed production.....	19
T. Golovko, M. Zhrebkin, A. Helikh, A. Filon, Y. Pang	
Beetroot pretreated by freeze-thaw, as a source of nitrites in italian salami enriched with alternative proteins.....	27
V. Kovalova, M. Kovalov, V. Makarenko	
Analysis of baking quality of rye flour.....	43

T. Cheremska, M. Kolesnikova, S. Yurchenko, D. Kostin Technology of cooking meat dishes from «Sous Vide» pork and their sensory analysis.....	54
O. Shanina, T. Gavrish, A. Johnston Features of the classification of wheat grain and the system topic of quality assurance of flour products in canada.....	67
O. Shanina, T. Gavrish, N. Borovikova Investigation of boroshnyan syrovini.....	76
T. Gavrish, I. Fomina Innovations in grain storage and processing for high-quality products.....	83
K. Svidlo, L. Karpenko, O. Bogomolov, L. Piddubna Development of food compositions of products for people under conditions of constant stress.....	91

FOOD INGREDIENTS AND ADDITIVES

S. Oliinyk, G. Stepankova, S. Nedviga, V. Yudina Impact of chufa flour on dough maturation processes and quality of wheat bread.....	101
--	-----

ENGINEERING AND TECHNICAL SUPPLY OF TECHNOLOGIES OF THE FOOD INDUSTRY

O. Bogomolov, V. Mykhailov, O. Bogomolov, V. Panov, I. Bocharnikov Determination of rational parameters of separation of millet seeds on a gravity impact separator.....	119
O. Bogomolov, O. Zavhorodniy, O. Bogomolov, E. Boyko, E. Naumenko, M. Shuvaev On the issue of improving the composition of the drive scheme of the vibro-friction separator of seed mixtures.....	130
G. Deinychenko, D. Dmytrevskiy, V. Chervonyi, D. Horielkov, M. Vasylenko Research of the production process of dry pectin concentrates.....	137
V. Mykhaylov, A. Shevchenko, S. Prasol, B. Mykhailov, O. Babanova Engineering solutions in equipment for the production of food products for mass consumption.....	148
O. Zavgorodniy, O. Siniaieva, A. Pak, M. Krekot Analysis of the results of physical and mathematical modeling and separation of sunflower seed material.....	158
A. Zagorulko, K. Kasabova, A. Zahorulko, A. Cherevko, A. Gromov Upgraded technology and technical solutions for the preparation of healthy confectionery virobits.....	167

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 (36)

Відповідальний за випуск: В. М. Михайлов

Тех. редактор: Л. Ю. Кротченко

Комп'ютерна верстка: С. В. Прасол

Підп. до друку 30.12.2024 р. Формат 60x84 1/16. Папір офсет.
Ум. друк. арк. 12,6. Тираж 100 прим.

Державний біотехнологічний університет
вул. Алчевських, 44, Харків, 61002.