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

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ПРОГРЕСИВНІ ТЕХНІКА ТА ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ РЕСТОРАННОГО ГОСПОДАРСТВА І ТОРГІВЛІ

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

Збірник наукових праць
Collection of research papers

Видається з 2005 року
Published since 2005

Випускається 2 рази на рік
Published 2 times a year

Випуск 1 (37)
Issue 1 (37)

Харків
ДБТУ
2025

УДК 657.1:642.5.024.3/.5:339

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

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 № 10 від 28.05.25 р.

Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. / [редкол. : В. М. Михайлов (відпов. ред.) та ін.]. – Харків : ДБТУ, 2025. – Вип. 1 (37). – 203 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

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 КВ № 25441-15381ПР.

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

Recommended for publication by the Academic Council of the State Biotechnological University, minutes of the meeting № 10 from 28.05.25

Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. / [редкол. : В. М. Михайлов (відпов. ред.) та ін.]. – Харків : ДБТУ, 2025. – Вип. 1 (37). – 203 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

Наукове видання

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

УДК 631.563.2:633.14

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА ЯРОГО ТРИТИКАЛЕ

Т.В. Гавриш, Н.О. Боровікова, А.В. Пречисла

Досліджено вплив температурних режимів зберігання (+5°С, -5°С, +25°С) на якість зерна ярого тритикале. Найбільш ефективним виявився режим +5°С, що забезпечує збереження фізичних і біохімічних властивостей зерна та контроль грибкових інфекцій. Нерегульовані умови зберігання призводять до погіршення якості зерна.

Ключові слова: *яре тритикале, зберігання зерна, температурний режим, натура зерна, маса 1000 зерен, енергія проростання, грибкові інфекції.*

IMPROVEMENT OF THE GRAIN STORAGE PROCESS FOR SPRING TRITICALE

T. Gavrish, N. Borovikova, A. Prechysla

Triticale, a hybrid of wheat (Triticum) and rye (Secale), is a promising cereal crop due to its high adaptability to adverse growing conditions, resistance to diseases, and good nutritional properties. However, ensuring the preservation of its grain quality during long-term storage remains a significant challenge. Grain storage conditions, particularly temperature, play a crucial role in maintaining the physical, biochemical, and sanitary indicators of quality. This study aims to evaluate the effect of different temperature regimes – including regulated (+5 °C and –5 °C) and unregulated (ambient room temperature, +25 °C) – on the primary quality indicators of spring triticale grain during storage over 16 months.

The experimental research was conducted using grain samples of different spring triticale varieties: Aist Kharkivskyi, Lebid, Khlibodar, Oberih, Dar Khliba, and Sontsedar. The indicators analyzed included test weight (grain bulk density), thousand-kernel weight, germination energy, and contamination by microscopic fungi, particularly Fusarium, Alternaria, and Penicillium species.

The results demonstrated that the regulated temperature regime of +5 °C provided the most favorable conditions for maintaining the quality of triticale grain. In this regime, test weight losses were minimal across most varieties, with changes not exceeding 1-2%, and thousand-kernel weight remained relatively stable. For example, in the Oberih variety, test weight decreased by only 8 g/L over 16 months, while in the Sontsedar variety, it remained almost unchanged. Similarly, germination *energy was preserved at high levels – up to 86% in the Dar Khliba variety – indicating good physiological quality and high viability for seed use.*

Storage at –5 °C demonstrated mixed results. While this low temperature significantly suppressed fungal development – particularly Fusarium spp., which showed a decrease or minimal growth during storage – it also had varied effects on physical and physiological indicators depending on the variety. In some cases, such as the Aist Kharkivskyi variety, a noticeable decrease in test weight was observed, possibly due to the structural effects of prolonged exposure to sub-zero temperatures on the grain.

Unregulated storage under ambient room temperature conditions resulted in a steady decline in all analyzed quality indicators. Test weight and thousand-kernel weight decreased significantly across all varieties. Germination energy declined by more than 20% in several samples, and fungal contamination increased substantially, reaching up to 9% Fusarium infection in Aist Kharkivskyi and 8.3% in Khlibodar. These findings confirm that unregulated conditions are unsuitable for the long-term preservation of spring triticale grain.

Microscopic fungal contamination is a major factor affecting grain quality during storage. Fusarium was the most dominant pathogenic fungus, especially under unregulated conditions. However, regulated storage at +5 °C slowed down fungal growth, and storage at –5 °C was the most effective in preventing fungal contamination altogether. The species composition of fungi shifted depending on the temperature and storage duration, with Penicillium and Alternaria being present in all regimes but showing less aggressive development at lower temperatures.

Overall, the findings of this study confirm that temperature control is a key factor in ensuring the long-term preservation of spring triticale grain. The regulated regime of +5 °C is recommended as the optimal storage condition, ensuring the stability of both physical and physiological grain quality indicators while also limiting microbial contamination. The use of –5 °C storage can be justified when fungal contamination is a major concern, though its application should be tailored to specific varieties due to possible negative effects on structural and germination properties. These results have practical implications for grain storage technologies and can help optimize post-harvest handling strategies for spring triticale in industrial and agricultural settings.

Keywords: *spring triticale, grain storage, temperature regime, grain test weight, thousand grain weight, germination energy, fungal infections.*

Постановка проблеми в загальному вигляді. Однією з ключових умов ефективного функціонування агропромислового комплексу є збереження якості зернової продукції на всіх етапах її виробництва та реалізації [1, с. 45]. У цьому контексті актуальним є питання післязбирального зберігання зерна, яке безпосередньо впливає як на економічну ефективність господарств, так і на продовольчу безпеку держави загалом. Втрати зерна, що виникають унаслідок недотримання технологічних параметрів зберігання, можуть сягати значних обсягів, зумовлюючи погіршення харчової, посівної або кормової якості продукції [2, с. 2].

Серед зернових культур, які заслуговують на особливу увагу, виділяється тритикале – штучно виведений гібрид пшениці та жита [3, с. 1576]. Ця культура поєднує високу врожайність, морозостійкість, витривалість до несприятливих ґрунтово-кліматичних умов і широкий спектр застосування – від випічки до виробництва комбікормів. Водночас, через особливості морфологічної та біохімічної будови зерна тритикале, існує низка проблем, пов'язаних із забезпеченням його якісного зберігання в умовах зерносховищ.

Особливої уваги заслуговує температурний режим зберігання зернової маси, який визначає перебіг внутрішніх біохімічних процесів у зерні та інтенсивність розвитку мікрофлори та ентомофауни [4, с. 790]. Відхилення від оптимальних температурних параметрів можуть призвести до втрати схожості, зростання вологості, активного розвитку грибкових захворювань і, як наслідок, до зниження загальної споживчої та технологічної цінності зерна. У разі використання такого зерна як насіннєвого матеріалу – це призводить до суттєвого зменшення продуктивності майбутніх посівів.

Попри наявність численних досліджень щодо умов зберігання зерна основних сільськогосподарських культур (пшениці, кукурудзи, жита), питання оптимізації температурного режиму для зберігання саме зерна тритикале, з урахуванням його специфічних властивостей, потребує подальшого вивчення [5, с. 85], що зумовлює необхідністю проведення досліджень, спрямованих на виявлення закономірностей впливу температури на зміну якісних показників зерна тритикале у процесі його зберігання, а також на обґрунтування оптимальних температурних режимів, які дозволять мінімізувати втрати та зберегти якість продукції протягом усього періоду зберігання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Упродовж останніх років у науковій літературі спостерігається зростаючий інтерес до вивчення впливу температурних параметрів на процеси зберігання зернової продукції [2, с. 1], зокрема тритикале – культури, яка поєднує високу врожайність, адаптивність до стресових умов вирощування та значний агрономічний потенціал [6, с. 60]. Наразі все більше уваги приділяється з'ясуванню біофізичних, мікробіологічних та хімічних змін, що відбуваються у зерновій масі в умовах змінного температурного впливу.

Вітчизняні дослідження акцентують увагу на впливі сумарної температури вегетаційного періоду на формування врожайності та фізико-хімічних властивостей зерна тритикале озимого [1, с. 46]. Автори зазначають, що підвищення температури призводить до збільшення показника маси 1000 зерен, однак за надмірного теплового навантаження спостерігається зниження вмісту білка, що може опосередковано впливати на подальші показники збереженості зерна.

Дослідження закордонних авторів наголошують на необхідності підтримання контрольованих температурних і вологісних режимів як основного інструменту запобігання втратам якості під час зберігання зернової маси. Доведено, що зміни температури та вологи не лише впливають на дихання зерна, але й активізують розвиток патогенної мікрофлори та накопичення токсичних метаболітів.

Авторами [3, с. 1578] продемонстровано, що зберігання зерна кукурудзи та пшениці за температури 15–25 °C сприяє розвитку мікрофлори та нагромадженню мікотоксинів, зокрема зеараленону, що є небезпечним при використанні зерна у харчових і кормових цілях [4, с. 796]. Схожі результати отримано і у дослідженні Nielsen B., в якому встановлено, що навіть за умов низькотемпературного зберігання (8 °C) зерна вівса відбувається нагромадження токсичних сполук типу Т-2 та НТ-2, що підкреслює важливість не лише підтримання температурного контролю, але й комплексного моніторингу умов зберігання [4, с. 797].

Таким чином, збереження ярого тритикале як окремий напрям наукових досліджень у науковій літературі представлено недостатньо. Основна увага дослідників зосереджена переважно на озимих формах тритикале або на інших зернових культурах – пшениці, жита тощо [7, с. 70]. Наявність обмеженої кількості досліджень, присвячених зберіганню ярого тритикале свідчить про недостатню розробленість наукових засад щодо формування адаптивних підходів до забезпечення його якісного та тривалого зберігання [8, с. 30; 9, с. 60].

Тому, виникає обґрунтована потреба в дослідженнях, спрямованих на вивчення впливу температурних режимів на збереження сортових властивостей цієї культури та визначення оптимальних умов її тривалого зберігання [10, с. 789].

Мета статті – вивчення впливу температурних режимів на якісні показники зерна ярого тритикале з метою удосконалення технологічного процесу його зберігання та мінімізації втрат споживчих властивостей.

Матеріали та методи. У дослідженні використано зразки зерна шести сортів ярого тритикале: Аіст Харківський, Оберіг, Хлібодар, Сонцедар, Лебідь і Дар Хліба. Зерно було зібране у фазі повної стиглості, очищене, відкаліброване та підготовлене до зберігання.

Зберігання зерна здійснювалося в лабораторних умовах протягом 16 місяців за трьома температурними режимами (+5°С, –5°С, +25°С).

Для оцінки змін якісних показників зерна у процесі зберігання було застосовано комплекс лабораторних методів, зокрема визначення натури зерна, маси 1000 зерен, енергії проростання та проведення фітопатологічного контролю.

Виклад основного матеріалу дослідження. Зберігання зерна є важливою складовою агропромислового виробництва, оскільки воно безпосередньо впливає на збереження якості продукції та зменшення післязбиральних втрат. Високий рівень втрат зерна може перевищувати 20%, що створює значний виклик для забезпечення глобального продовольчого попиту, що зростає. Температура і вологість під час зберігання є основними факторами, що визначають фізичні та фізіологічні властивості зерна, включаючи його натуру, масу, схильність до грибкових інфекцій і пошкоджень шкідниками.

Для дослідження було обрано шість сортів ярого тритикале: Аіст Харківський, Оберіг, Хлібодар, Сонцедар, Лебідь і Дар Хліба. Зразки зерна зберігалися при різних температурах: при кімнатній температурі (+25°С), при зниженій температурі (+5°С) і при низьких температурах (–5°С). Оцінка якості зерна включала визначення натури, маси 1000 зерен, енергії проростання а також ступеня зараження грибками після різних періодів зберігання.

На початковому етапі нашого дослідження було здійснено аналіз впливу температурного режиму на натуру зерна тритикале, що зберігалося упродовж 16 місяців. У якості контрольного зразка використовували партію зерна, що перебувала в умовах нерегульованого температурного середовища. Водночас дослідні зразки зберігалися в стабільному температурному діапазоні при +5 та –5 °С, що дозволило здійснити об’єктивну порівняльну оцінку ефективності регульованого мікроклімату.

Доведено, що при нерегульованій температурі натура зерна знижувалася протягом всього періоду зберігання. Найбільше зниження натури було відзначено у сорту Сонцедар (від 780 до 772 г/л за 16 місяців), що вказує на поступове погіршення фізичних властивостей зерна при зберіганні за кімнатної температури. Порівняно з кімнатною температурою, зберігання при температурі +5°C та –5°C дозволяло зберегти кращі показники натури зерна.

Наприклад, при зберіганні за температури +5°C у сорту *Оберіг* натура зменшується лише на 8 г/л за 16 місяців, а у сорту *Сонцедар* майже не змінюється (780 до 779 г/л). Натомість зберігання при –5°C показало різні результати в залежності від сорту: для *Аіст Харківський* натура знизилася з 750 до 736 г/л, в той час як для *Сонцедар* та *Лебідь* зниження було мінімальним. Це свідчить, що зберігання при +5°C є найбільш ефективним для збереження якості зерна, а температура –5°C може бути менш оптимальною.

Маса 1000 зерен з часом знижується при нерегульованому температурному режимі у всіх сортах. Наприклад, у сорту *Аіст Харківський* маса зменшилася з 25 г до 22,5 г за 16 місяців, а у сорту *Оберіг* з 22 г до 18,9 г., що підтверджує погіршення якості зерна, зокрема до зниження маси при зберіганні без контролю температури.

Якість зерна зумовлюється не лише його фізичними та хімічними показниками, але і біологічними властивостями, зокрема енергією проростання, яка відображає потенціал насіння до життєздатності.

Тому на наступному етапі досліджень важливим завданням стало вивчення енергії проростання зразків тритикале під впливом різних температурних умов зберігання – як регульованих, так і нерегульованих (табл. 1).

Виходячи з наведених експериментальних даних наведених у таблиці можемо бачити, що при нерегульованому температурному режимі у всіх сортах зерна спостерігається поступове зниження енергії проростання. Наприклад, у сорту *Аіст Харківський* енергія проростання знизилася з 97% до 78%, а у сорту *Оберіг* з 89% до 72% за 16 місяців. Зберігання при +5°C зберігає енергію проростання краще: у сорту *Дар Хліба* вона залишилася на рівні 86%, тоді як при контрольних умовах знизилася до 77%.

Температура –5°C показує змішані результати: у сорту *Лебідь* енергія проростання зросла з 74% до 86% після 3 місяців, а у *Оберіг* знизилася до 76% після 12 місяців. Це свідчить, що +5°C є оптимальним для збереження енергії проростання, а –5°C залежить від сорту.

Таблиця 1

Енергія проростання зерна ярого тритикале залежно від умов та тривалості зберігання, %

Варіант зберігання	Енергія проростання зерна до зберігання , %	Енергія проростання зерна до зберігання , %				
		Тривалість зберігання, міс				
		1	3	6	12	16
1	2	3	4	5	6	7
Аіст Харківський						
Нерегульований температурний режим (контроль)	97	94	94	89	82	78
Регульований температурний режим +5 ^{0}C		97	97	94	86	84
1	2	3	4	5	6	7
Регульований температурний режим –5 ^{0}C		96	96	93	89	81
Оберіг						
Нерегульований температурний режим (контроль)	89	87	87	82	73	72
Регульований температурний режим +5 ^{0}C		89	89	87	86	86
Регульований температурний режим –5 ^{0}C		83	83	82	76	82
Хлібодар						
Нерегульований температурний режим (контроль)	86	86	82	79	74	73
Регульований температурний режим +5 ^{0}C		86	86	86	86	84
Регульований температурний режим –5 ^{0}C		82	82	79	79	80

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
Сонцедар						
Нерегульований температурний режим (контроль)	86	85	84	84	81	81
Регульований температурний режим +5 ^{0}C		85	85	84	86	86
Регульований температурний режим –5 ^{0}C		85	83	83	82	82
Лебідь						
Нерегульований температурний режим (контроль)	78	78	74	82	82	78
Регульований температурний режим +5 ^{0}C		78	77	87	84	84
Регульований температурний режим –5 ^{0}C		74	86	83	83	81
Дар Хліба						
Нерегульований температурний режим (контроль)	92	92	92	86	81	77
Регульований температурний режим +5 ^{0}C		92	92	91	88	86
Регульований температурний режим –5 ^{0}C		83	87	86	86	84

Однією з причин погіршення якості зерна є наявність патогенних грибів, таких як *Alternaria*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Aspergillus* та *Rhizopus*. Серед них особливу небезпеку становить Fusarium як високопатогенний мікроорганізм, що не лише знижує схожість насіння і його енергію проростання, але і продукує мікотоксини, небезпечні для здоров’я людини та тварин. Тому наступні дослідження були спрямовані на ідентифікацію зараження зерна тритикале грибами роду Fusarium. Дані наведено на рис. 1.

Аналіз показує, що температура зберігання значно впливає на зараженість зерна тритикале грибами. При нерегульованих умовах зараженість поступово зростає у всіх сортах, зокрема у Аіст Харківський (з 6,9% до 9%) та Хлібодар (з 4% до 8,3%). В умовах регульованої температури +5°C зараженість зростає повільніше, як, наприклад, у сорту Оберіг (з 3,2% до 3,3%), або залишається стабільною. Найбільш ефективним є зберігання при –5°C, де зараженість зменшується або залишається на низькому рівні, як у сорту

Дар Хліба (з 1,4% до 1,2%) та Лебідь (з 2,7% до 2,5%). Це свідчить, що зберігання при низьких температурах стримує розвиток грибкової мікрофлори, що робить цей метод найбільш ефективним для контролю зараженості Fusarium.

Висновки. Результати дослідження показали, що регульовані температурні умови є вирішальними для збереження високої якості зерна ярого тритикале протягом тривалого періоду зберігання. Температура +5°C виявилася оптимальною для більшості сортів, забезпечуючи мінімальне зниження натури, маси 1000 зерен і підтримуючи стабільну енергію проростання. Це свідчить про ефективне збереження фізичних та біохімічних властивостей зерна, а також контроль над розвитком мікроскопічних грибів.

Зберігання при –5°C також виявилося ефективним для стримування грибкових інфекцій, хоча його ефективність варіювала в залежності від сорту, що може бути пов'язано з впливом низьких температур на структуру зерна. Натомість, нерегульовані умови зберігання при кімнатній температурі призводять до значних втрат у всіх основних показниках якості зерна, а також підвищення зараженості патогенними грибами, що робить цей метод неефективним для довготривалого зберігання.

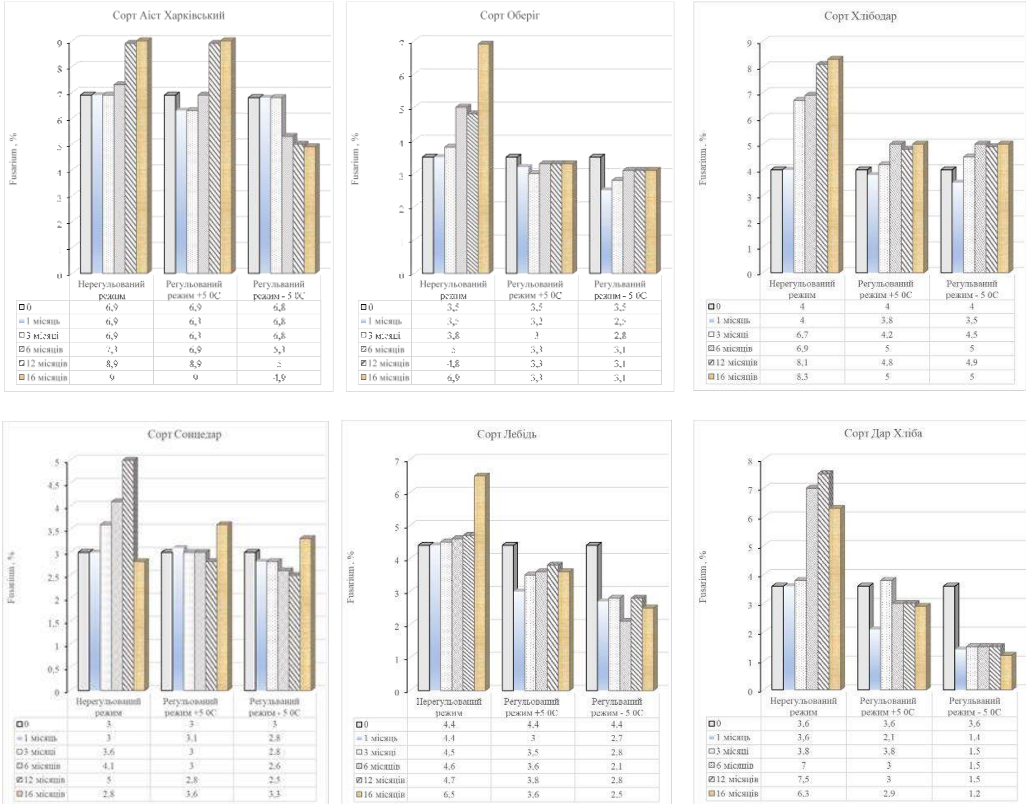


Рис. 1. Вплив температури зберігання зерна ярого тритикале на кількість мікроскопічних грибів Fusarium

Список джерел інформації / References

1. Кирильчук А. М., Сторожук В. М., Бекетова Л. С. Продуктивність і якість зерна сортів тритикале озимого за різних ґрунтово-кліматичних умов вирощування // *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Сільське господарство і біологія*. – 2023. – № 1. – С. 45-50.

Kyrylchuk, A. M., Storozhuk, V. M., & Beketova, L. S. (2023). Productivity and grain quality of winter triticale varieties under different soil and climatic conditions. *Scientific Bulletin of Uzhhorod University. Series: Agriculture and Biology*, (1), 45-50.

2. Qiu Y., Zhang Z., Li J., Wang Y. (2021). Review of grain storage: Conditions, quality changes and control strategies. *Journal of Stored Products Research*, 92, 101800. https://doi.org/10.1016/j.jspr.2021.101800

3. Wang R., Liu W., Li X., et al. (2023). A model for predicting and grading the quality of grain storage processes affected by microorganisms under different environments. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(5), 4120. https://doi.org/10.3390/ijerph20054120

4. Nielsen B., Hansen J., Thomsen M. (2022). Effect of storage conditions on the occurrence of mycotoxins and nutrient composition in maize grains. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 39(5), 789-797. https://doi.org/10.1080/19440049.2022.2034031

5. Музиченко І. І., Фурман Ю. О., Садова Т. В. Селекційна цінність нових сортів тритикале ярого // Вісн. Уман. нац. ун-ту садівництва. – 2021. – Вип. 98, ч. 1. – С. 85-90.

Muzychenko, I. I., Furman, Y. O., Sadova, T. V. (2021). Breeding value of new spring triticale varieties. Visnyk of Uman National University of Horticulture, 98(1), 85-90.

6. Чернишенко М. М., Козлов О. В. Адаптивність і стабільність нових сортів ярого тритікале // *Plant Breeding and Seed Science*. – 2022. – Т. 107. – С. 60-66.

Chernyshenko, M. M., & Kozlov, O. V. (2022). Adaptability and stability of new varieties and lines of spring triticale. *Plant Breeding and Seed Science*, 107, 60–66.

7. Товстоп'ят Л. А., Шевченко М. А. Технологічні параметри виробництва зерна тритікале ярого, вирощеного за різних умов // Вісн. Уман. нац. ун-ту садівництва. – 2023. – Вип. 1. – С. 70-75.

Tovstopiat, L. A., & Shevchenko, M. A. (2023). Technological parameters of spring triticale grain production under different conditions. *Visnyk of Uman National University of Horticulture*, (1), 70-75.

8. Бойко О. С., Сидоренко Ю. І. Характеристика сортів тритикале ярого селекції ІР імені В. Я. Юр'єва НААН України // *Plant Breeding and Seed Science*. – 2023. – Т. 108. – С. 30-35.

Boiko, O. S., & Sydorenko, Y. I. (2023). Characteristics of spring triticale varieties bred by the Yuriev Plant Production Institute of NAAS of Ukraine. *Plant Breeding and Seed Science*, 108, 30-35.

9. Міщенко С. В., Бурлака Т. Ю. Порівняльна характеристика технологічних властивостей зерна 4-видового тритікале // Вісн. Уман. нац. ун-ту садівництва. – 2021. – Вип. 2. – С. 60–65.

Mishchenko, S. V., & Burlaka, T. Y. (2021). Comparative characterization of technological properties of four-species triticale grain. *Visnyk of Uman National University of Horticulture*, (2), 60–65.

10. Zhao L., Wang Y., Zhang Z., et al. (2023). Review on the major mycotoxins in food products: Characteristics, occurrence, and detection methods. Food Control, 134, 108698. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108698

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

Gavrish Tatyana, PhD technical of Sciences, associate professor, head department of technology of bread products and confectionery products, State Biotechnological University, 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.

Пречисла Аліна Вікторівна, студентка 3-го курсу факультету переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, precislaaalina@gmail.com.

Prechysla Alina, 3rd-year student, Faculty of Processing and Food Industries, State Biotechnological University, precislaaalina@gmail.com.

УДК 664.68

ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ПЕЧИВА ЗІ ШРОТАМИ ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ

М.Ф. Кравченко, В.С. Михайлик, В.В. Італльянцев

У статті наведено технологію пісочних виробів із композицією шротів волоського горіха та кунжуту. Комплексні дослідження з використанням органолептичних, фізико-хімічних методів довели можливість і доцільність використання композиційної суміші шротів для покращення споживчих властивостей та показників якості пісочного печива. У розроблених пісочних виробах завдяки введенню шротів збільшилася кількість білків, жирів, вуглеводів, а саме клітковини, мінералів – кальцію, магнію, фосфору, заліза.

Ключові слова: *пісочне печиво, композиція шротів волоського горіха та кунжуту, харчова цінність, зберігання.*

RESEARCH THE QUALITY OF SHORTBREAD PRODUCTS WITH MEAL ADDITIVES DURING STORAGE

M. Kravchenko, V. Mihailik, V. Italliantsev

The article presents a technology for shortcrust pastry products incorporating a composition of -walnut and sesame seed meals. Comprehensive research using organoleptic, physicochemical methods have proven the possibility and feasibility of using a composition of walnut meal and sesame seeds to improve the consumer properties and safety of shortbread cookies. In the developed shortcrust pastry products, the addition of meal led to an increase in proteins, fats, carbohydrates, namely fiber and minerals such as Calcium, Magnesium, Phosphorus, Iron.

The composition of walnut meal and sesame meal was used in a ratio of 70:30, respectively. The developed mixture of meal was added to the recipe of the shortbread semi-finished product instead of flour in the amount of 20 %. The classic shortbread cookie recipe was used as the control sample. Shortbread cookies of the studied samples were baked at a temperature of 180-200°C for 10-12 min. The quality of shortbread cookies is assessed according to DSTU 3781:2014. A 5-point scale has been developedfor sensory evaluation of the quality of shortbread cookies.

The possibility and expediency of using the composition of walnut meal and sesame meal to improve the nutritional properties and safety of shortbread cookies have been' experimentally proven. After 25 days, such products retained the taste and aroma almost unchanged, due to slower oxidative processes resulting from the increased content of vitamin E. The peroxide value of the tested sample of cookies during this period was 16.6% less than the control sample, which also indicates slower oxidation of fats. Microbiological studies showed that after 25 days of storage, the total viable count (MAFAnM) in the cookies with the meal composition did not exceed established safety standards.

Keywords: *shortbread cookies, composition of walnut and sesame meal, nutritional value, storage.*

Постановка проблеми в загальному вигляді. Борошняні кондитерські вироби належать до категорії продукції, яка регулярно споживається і користується попитом, характеризуються високим вмістом вуглеводів, жирів та незбалансованим хімічним складом. Неповноцінний раціон харчування є причиною багатьох фізичних розладів, погіршення загального самопочуття населення. Також цьому сприяють багато факторів, серед яких: культура харчування, низька купівельна спроможність, необізнаність в питаннях здорового і повноцінного харчування.

Зважаючи на це, необхідні заходи, що спрямованні на захист людини від впливу харчового дефіциту, що направлені на збалансованість раціону за рахунок корегування хімічного складу. Дослідження добавок рослинного походження з антиоксидантним ефектом як сировинних інгредієнтів набуває все більшої актуальності, оскільки вони не виявляють негативного побічного впливу на організм людини та збагачують вироби біологічно активними речовинами. Тому особливе значення має розробка і впровадження у виробництво продуктів профілактичного і спеціального призначення, що містять життєво необхідні мікроелементи, які здатні компенсувати дію агресивних факторів навколишнього середовища [1, 2].

Актуальним завданням є дослідити якість борошняних кондитерських виробів при зберіганні за рахунок використання натуральної сировини, яка має високу харчову та біологічну цінність, багата на вітаміни та мікро- і макроелементи – Калій, Кальцій, Йод, Селен [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Перспективним напрямком при розробці борошняних кондитерських виробів підвищеної харчової цінності є використання борошняних композитних сумішей шротів олійних культур.

Зміна компонентів сумішей, їх різне співвідношення впливає на реологічні властивості тіста і фізико-хімічні властивості печива. Використання шротів олійних культур підвищують функціональні можливості організму та перешкоджають впливу шкідливих факторів, які чинять вплив на людину [4].

Покращення якості готової продукції і подовження термінів зберігання пісочного печива з одночасним забезпеченням високих органолептичних показників є важливим завданням для закладів ресторанного господарства [5].

Одним із джерел біологічно активних речовин є рослинні добавки. У них містяться природні комплекси макро- і мікроелементів в найбільш доступній і засвоюваній формі [6]. Однією із таких корисних добавок є шрот. Це побічний продукт переробки кунжуту, волоського горіху після одержання з них олій. Характерною особливістю такої добавки є порошкоподібна структура та підвищений вміст клітковини, білка, вітамінів групи В, мінеральних речовин та вітамінів. Серед існуючих досліджень щодо застосування шроту в якості біологічної добавки варто відмітити ряд основних робіт, які мають найбільший вплив на результати подальших досліджень.

Відомо [7] застосування порошку з листя волоського горіха в якості біологічно активної добавки. Проведено дослідження із визначення хімічного і фракційного складу такого порошку. Встановлено підвищений вміст Селену в легкозасвоюваній формі, а також доведено прояв антиканцерогенної дії. Визначено, що шрот волоського горіха порівняно з борошном пшеничним містить значну кількість клітковини, білків з покращеним амінокислотним складом. Також містить мінеральні речовини (Ферум, Калій, Марганець, Мідь, Цинк) та деякі фенольні сполуки, дубильні речовини та флавоноїди [8].

Досліджено, що шроти олійних культур володіють покращеними функціонально-технологічними властивостями, особливо вираженими сорбційними, антиоксидантними, детоксичними і комплексоутворюючими [8, 9, 10]. Це сприяє підвищенню якості готових виробів та ефективності застосування.

У роботі [11] описана технологія борошняних кондитерських виробів з використанням ядра соняшникового насіння. Визначено органолептичні характеристики та досліджено вплив на якість продукції. Встановлено позитивний ефект від застосування ядра соняшникового насіння при виготовленні борошняних кондитерських виробів. Проведені дослідження носять комплексний характер та обмежені в більшості теоретичним аспектом.

У рецептурі борошняних кондитерських виробів найбільш лабільним компонентом є жири, які піддаються окисленню, внаслідок цього нагромаджуються перекисні сполуки, альдегіди, кетони, що погіршують якість виробів [12]. На сьогодні простежується тенденція пошуку природних антиоксидантів та заміни ними синтетичних, які використовувались раніше.

Вчені провели дослідження щодо доцільності використання рослинних добавок для борошняних кондитерських виробів [12, 13]. Було доведено, що рослинні добавки у вигляді борошна (шротів) і мали антиоксидантні властивості завдяки хімічному складу і концентрації активних речовин

Для підвищення якості, консистенції і збільшення термінів зберігання використовують суміш пшеничного борошна, борошна з горіхового і кунжутного шротів і макухи розторопші [14]. Сильними природними антиокислювачами є біофлавоноїди. Досліджено антиоксидантні властивості біофлавоноїдів, які виділені з горіхових, кунжуту, сої, листя подорожника, женьшеню, з плодів ацероли, розмарину [15].

Стабілізуюча дія натуральних рослинних добавок зі шротів полягає у сповільненні окислення жирів під час зберігання [16].

Метою статті є наукове обґрунтування і розроблення технології пісочного печива зі шротами, визначення його якості і її зміни при зберіганні.

Матеріали та методи. Якість пісочного печива оцінено за органолептичними, фізико-хімічними та мікробіологічними показниками за ДСТУ 3781:2014 [17].

Вологість випечених виробів визначено методом висушування до постійної маси [17]. Перекисне число жиру визначали титрометричним методом [18], крихкість пісочного напівфабрикату визначалася за загальноприйнятою методикою.

Для дослідження змін, що відбуваються під час зберігання, зразки контрольного і досліджуваного пісочного печива зберігали впродовж 25 діб у герметичній полімерній плівці за відносної вологості повітря не більше 75 %. Під час зберігання через 5, 10, 15, 20, 25 діб визначали органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники якості продукту. Максимальний термін зберігання – 28 діб обумовлений вимогами стандарту [17].

Запропоновано композицію шротів волоського горіха (ШВГ) і кунжуту (ШК) в кількості відповідно 70%:30%. Розроблену суміш шротів додавали у рецептуру пісочного напівфабрикату у кількості 20 % замість борошна. Для дослідження використано шроти волоського горіху і кунжуту виробництва «Амріта» Україна (м. Київ, Україна). За контроль обрано класичну рецептуру № 16 печива пісочного [19].

Пісочне вироби із внесенням розрахункової кількості шротів випікали за визначеним режимом: τ – 10–12 хв, температура – 180–200°С і проводили дослідження готових виробів.

Для проведення сенсорної оцінки якості пісочного печива розроблено 5-бальну шкалу (табл. 1).

Таблиця 1

Шкала оцінювання пісочного печива зі шротом волоського горіха і кунжуту

<table>
<tr><th rowspan="2">Показник</th><th colspan="5">Рівень якості, бал</th></tr>
<tr><th>5.0</th><th>4.0</th><th>3.0</th><th>2.0</th><th>1.0</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Зовнішній вигляд</td><td colspan="2">Форма правильна, кругла, краї рівні, поверхня гладка</td><td rowspan="2">Форма правильна, кругла, краї деформовані, поверхня із тріщинами та часточками шроту волоського горіха і кунжуту</td><td colspan="2" rowspan="2">Форма неправильна, поверхня з тріщинами та часточками шроту волоського горіха</td></tr>
<tr><td>без тріщин</td><td>з незначними тріщинами</td></tr>
<tr><td>Колір</td><td colspan="2">Однорідний за всією масою, натуральний, біло-жовтий з коричневим відтінком шроту волоського горіха</td><td>Неоднорідний за всією масою, натуральний, біло-жовтий з коричневим відтінком від шроту волоського горіха</td><td>Невиражений, натуральний</td><td>Невиражений, не натуральний</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Смак</td><td colspan="2">Виражений, чистий</td><td>Виражений</td><td>Невиражений</td><td rowspan="4">Поява гіркуватого присмаку</td></tr>
<tr><td>гармонійний</td><td colspan="3">не гармонійний</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">відповідає даному виду виробів, із присмаком волоського горіха</td><td colspan="2">із присмаком шроту волоського горіха</td></tr>
<tr><td>–</td><td>і кунжуту</td></tr>
</table>

Продовження табл. 1

Запах	Виражений, приємний	Невиражений	Невиражений	Зі стороннім запахом
	Чистий	у міру стійкий		
	відповідає даному виду виробів	притаманний компонентам, що входять до його складу		
Структура	крихка, розсипчаста		Неоднорідна, тверда, щільна	Неоднорідна, щільна

Виклад основного матеріалу дослідження. Одним з важливих показників споживної цінності кондитерських виробів є їхній термін зберігання. Це суттєвий показник, який обумовлює конкурентоспроможність готової продукції. Під час розроблення нових технологій кондитерських виробів намагаються уповільнити процеси псування. Їх зміни обумовлюють погіршення органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних показників якості готового продукту.

Результати дослідження зміни органолептичних показників впродовж терміну зберігання наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Зміна органолептичних властивостей зразків пісочного печива впродовж зберігання, балів

Показник	Термін зберігання, діб									
	5		10		15		20		25	
	*К**	*КШ***	*К**	*КШ***	*К**	*КШ***	*К**	*КШ***	*К**	*КШ***
Форма	4.8	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.8	4.9	4.8	4.8
Колір	4.7	4.9	4.8	4.9	4.8	4.9	4.8	4.8	4.9	4.9
Смак та запах	4.8	4.9	4.8	4.9	4.8	4.8	4.9	4.9	4.8	4.9
Поверхня	4.7	4.9	4.7	4.9	4.9	4.9	4.7	4.8	4.8	4.9
Вигляд у розломі	4.8	4.9	4.8	4.9	4.8	4.9	4.8	4.9	4.8	4.9

* *К* – контрольний зразок.

** *КШ* – із композицією шротів.

При зберіганні до 25 діб органолептична оцінка пісочного печива з композицією шротів майже не змінюється. Пісочне печиво контрольний зразок та з композицією ШВГ та ШК після 25 діб зберігали смак і запах без змін на відміну від контрольних зразків. Збереження смакоароматичних властивостей печива з композицією ШВГ та ШК можна пояснити більш повільними окисними процесами, за рахунок наявності вітаміну Е, вміст якого у шроті волоського горіха дорівнює 8,25 мг, кунжуту – 1,5 мг. Це є антиоксидант, він обумовлює гальмування процесів накопичення продуктів окиснення жирів, що позитивно позначається на смаку і запаху печива.

Отже, додавання композиції ШВГ та ШК до складу печива позитивно впливає на збереження органолептичних показників.

Одним з найбільш ефективних способів уповільнення окисної реакції жирів є створення певних умов зберігання кондитерських виробів (температурний режим, вологість). При зберіганні печива без упаковки в умовах підвищеної вологості печиво також буде насичуватися вологою, і віддавати її при зниженій вологості. Тому для пакування і зберігання печива використовували картон з полімерною плівкою. Картонне упакування зумовлено привабливістю зовнішнього вигляду, екологічністю, надійністю, багатофункціональністю, технологічністю і виготовлено воно із натуральної сировини рослинного походження.

Вологість контрольного і дослідного зразків пісочного печива становить 5,2% і 4,8% відповідно. При зберіганні виробів протягом 25 діб вологість контрольного і дослідного зразків печива зменшилася до 4,8% і 4,5%, що є в межах норми за ДСТУ. Крихкість пісочного печива з композицією ШВГ та ШК має вищі значення порівняно з контролем, що можна пояснити наявністю більшої кількості клітковини – 165% і 160% відповідно. Крім того, на відміну від крохмалю клітковина не змінює своїх властивостей впродовж зберігання. Крім того, наявність композиції ШВГ та ШК дозволяє утворювати більш пористу структуру і обумовлює поглинання більшої кількості води.

До важливих характеристик борошняних кондитерських виробів відносять їхню мікробіологічну стійкість і безпечність. У пісочному печиві зі шротом кунжуту і горіха визначено загальний вміст мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів (МАФАнМ), наявність бактерій групи кишкової палички, патогенних мікроорганізмів, дріжджів і плісеневих грибів. Встановлено, що при зберіганні протягом 25 днів у пісочному печиві зі шротами кількість МАФАнМ не перевищує встановлених санітарними правилами норм безпечності і дорівнює $1{,}3*10^2$. У досліджуваному пісочному печиві не виявлено бактерій групи кишкової палички, патогенних мікроорганізмів, у тому числі роду *Salmonella*, а також плісеневих грибів (табл. 3).

Таблиця 3

Мікробіологічні показники якості пісочного печива зі шротами ШВГ і ШК

День дослідження	Показник					
	БГКП, КУО в 1.0; 0.1; 0.01 г	*S. aureus*, в 1.0; 0.1; 0.01 г	Патогенні м/о, зокрема сальмонели в 25 г	Дріжджі, КУО в 1 г	Плісеневі гриби, КУО в 1 г	МАФАнМ
1-й день	Не виявлено			< 5	< 5	< 5
5-й день						
10-й день						
15-й день						
20-й день						
25-й день						

Висновки. Комплексними дослідженнями із застосуванням органолептичних, фізико-хімічних методів і мікробіологічних методів доведено можливість і доцільність використання композиції шротів волоського горіха (ШВГ) і шроту кунжуту (ШК) для поліпшення харчових властивостей і збереженості пісочного печива.

Досліджено умови подовження тривалості зберігання пісочного печива з композицією шротів волоського горіха і кунжуту. Пісочне печиво з композицією ШВГ та ШК після 25 діб зберігали смак і запах без змін. Збереження смакоароматичних властивостей печива з композицією ШВГ та ШК можна пояснити більш повільними окисними процесами, за рахунок наявності вітаміну Е, який як антиоксидант, обумовлює гальмування процесів накопичення продуктів окиснення жирів. Вологість контрольного і дослідного зразків становить відповідно 5,2% і 4,8%. Перекисне число дослідного зразку печива протягом 25 днів зберігання на 16,6% менше за контрольний зразок, що вказує на повільніше окиснення жирів у досліді.

Мікробіологічні дослідження довели, що при зберіганні пісочного печива з композицією шротів протягом 25 діб кількість МАФАМ не перевищує встановлених санітарними правилами норм безпечності. У досліджуваному пісочному печиві не виявлено бактерій групи кишкової палички, патогенних мікроорганізмів, у тому числі роду *Salmonella*.

У перспективі планується продовжити дослідження при зберіганні пісочного печива з додаванням композиції шротів волоського горіха і кунжуту.

Список джерел інформації / References

1. Rossi M. Biotechnological Strategies for the Treatment of Gluten Intolerance. USA: Academic Press, 2021. P. 208.

2. Василечко В. О., Ломницька Я. Ф., Скоробогатий Я. П., Бужанська М. В. Харчова хімія: аналіз та хімічний склад харчових продуктів. Львів: Вид-во Львів. торг.-екон. ун-ту, 2020. 306 с.

Vasylechko V. O., Lomnytska Ya. F., Skorobohatyi Ya. P., Buzhanska M. V. (2020). Kharchova khimiia: analiz ta khimichnyi sklad kharchovykh produktiv. Lviv: Vyd-vo Lviv. torh.-ekon. un-tu. 306 s

3. Сімакова О. О., Никифоров Р. П. Розробка новітніх технологій виробів з борошна із заданими властивостями: монографія. Кривий Ріг: ДонНУЕТ, 2018. 146 с

Simakova O. O., Nykyforov R. P. (2018). Rozrobka novitnikh tekhnolohii vyrobiv z boroshna iz zadanymy vlastyvostiamy: monohrafiia. Kryvyi Rih: DonNUET.146 s

4. Кравченко М., Поп Т. Хімічний і фракційний склад порошку з листя волоського горіха. *Міжнар. наук.-практ. журн. «Товари і ринки».* 2014. № 2. С. 124-131.

Kravchenko M., Pop T. (2014). Khimichnyi i fraktsiinyi sklad poroshku z lystia voloskoho horikha. Mizhnar. nauk.-prakt. zhurn. «Tovary i rynky». № 2. S. 124-131.

5. Кравченко, М. Ф. Інноваційні технології харчових виробництв: монографія. За ред. д.т.н., проф. Піддубного В. А. Київ: Кондор-Видавництво. 2017. 374 с.

Kravchenko, M. F. (2017). Innovatsiini tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv: monohrafiia. Za red. d.t.n., prof. Piddubnoho V. A. Kyiv: Kondor-Vydavnytstvo. 374 s.

6. Господаренко Г. Н., Любич В. В., Полянецька І. О., Новіков В. В. Формування якості кондитерських виробів із борошна пшениць різних сортів і ліній. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2017. № 2. С. 102-110

Hospodarenko H. N., Liubych V. V., Polianetska I. O., Novikov V. V. (2017). Formuvannia yakosti kondyterskykh vyrobiv iz boroshna pshenyts riznykh sortiv i linii. Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva. № 2. S. 102-110.

7. Kravchenko M. Yaroshenko N. Study of food and energy values of new gingerbread types. EUREKA: Life Sciences. 2017. Issue 5. P. 53-60. doi: https://doi.org/10.21303/2504-5695.2017.00421.

8. Чуйко А. М. Подовження термінів зберігання пісочного печива з використанням нетрадиційних добавок [Електронний ресурс] / А. М. Чуйко, Р. Я. Томашевська, Ю. В. Соболь // Матеріали ІІІ Міжнародної наук. інтернет-конф. «Інновації та традиції в сучасній науковій думці». – Режим доступу: http://intkonf.org/k-tehn-n-chuyko-am-tomashevska-rya-sobol-yuvpodovzhennya-terminiv-zberigannya-pisochnogo-pechiva-z-vikoristannyam-netraditsiynih-dobavok. 2016 р.

Chuiko A. M. Podovzhennia terminiv zberihannia pisochnoho pechyva z vykorystanniam netradytsiinykh dobavok [Elektronnyi resurs] / A. M. Chuiko, R. Ya. Tomashevska, Yu. V. Sobol // Materialy III Mizhnarodnoi nauk. internet-konf. «Innovatsii ta tradytsii v suchasnii naukovii dumtsi». – Rezhym dostupu: http://intkonf.org/k-tehn-n-chuyko-am-tomashevska-rya-sobol-yuvpodovzhennya-terminiv-zberigannya-pisochnogo-pechiva-z-vikoristannyam-netraditsiynih-dobavok. 2016 r.

9. Ткаченко А. С. Формування споживчих властивостей печива цукрового підвищеної харчової цінності: дис. … канд. техн. наук: спец. 05.18.15 / Ткаченко Аліна Сергіївна. Львів, 2015. 344 с.

Tkachenko A. S. (2015). Formuvannia spozhyvchykh vlastyvostei pechyva tsukrovoho pidvyshchenoi kharchovoi tsinnosti: dys. … kand. tekhn. nauk: spets. 05.18.15 / Tkachenko Alina Serhiivna. Lviv. 344 s.

10. Анан'єва В. В., Кричковська Л. В., Бєлінська А. П., Петров С. О. Підвищення антиоксидантної стійкості олійної основи емульсійних продуктів харчування оздоровчого призначення. Вісник НТУ «ХПІ». 2016. № 19 (1191). С. 75-80.

Ananieva V. V., Krychkovska L. V., Bielinska A. P., Petrov S. O. (2016). Pidvyshchennia antyoksydantnoi stiikosti oliinoi osnovy emulsiinykh produktiv kharchuvannia ozdorovchoho pryznachennia. Visnyk NTU «KhPI». № 19 (1191). S. 75-80.

11. Braulio J., Soto-Cerda, Scott Duguid, Booker Helen. (2014). Association mapping of seed quality traits using the Canadian flax. Academic research paper on Biological sciences. P. 344-352.

12. Fratelli C., Muniz D. G., Santos F. G., Capriles V. D. (2018). Modelling the effects of psyllium and water in gluten-free bread: An approach to improve the bread quality and glycemic response. Journal of Functional Foods. Vol. 42. P. 339-345.

13. Кравченко М., Ткаченко Л., Михайлик В. Технологія пісочного печива зі шротами олійних культур / М.Ф. Кравченко, Л.В Ткаченко, В.С. Михайлик // Товари і ринки. 2016. № 2. С. 138–147.

Kravchenko M., Tkachenko L., Mykhailyk V. (2016). Tekhnolohiia pisochnoho pechyva zi shrotamy oliinykh kultur / M.F. Kravchenko, L.V Tkachenko, V.S. Mykhailyk // Tovary i rynky. № 2. S. 138–147.

14. Левіт І. Б., Сукманов В. О., Афенченко Д. С. Реологія харчових продуктів: підручник. Полтава: ПУЕТ, 2015. 540 с.

Levit I. B., Sukmanov V. O., Afenchenko D. S. (2015). Reolohiia kharchovykh produktiv: pidruchnyk. Poltava: PUET. 540 s.

15. Дорохович А. М., Дорохович В. В., Мазур Л. С., Писарець О. П. Комплексний індикатор якості цукру і цукрозамінників та їх використання у виробництві кондитерських виробів. Продовольчі ресурси. 2018. № 10. С. 88-100.

Dorokhovych A. M., Dorokhovych V. V., Mazur L. S., Pysarets O. P. (2018). Kompleksnyi indykator yakosti tsukru i tsukrozaminnykiv ta yikh vykorystannia u vyrobnytstvi kondyterskykh vyrobiv. Prodovolchi resursy. № 10. S. 88-100.

16. Кравченко М., Михайлик В. Якість пісочного печива при зберіганні / М.Ф. Кравченко, В.С. Михайлик // Товари і ринки. 2021. № 3. С. 120–128.

Kravchenko M., Mykhailyk V. (2021). Yakist pisochnoho pechyva pry zberihanni / M.F. Kravchenko, V.S. Mykhailyk // Tovary i rynky. № 3. S. 120–128.

17. ДСТУ 3781:2014. Печиво. Загальні технічні умови. Київ: Держспоживстандарт України, 2015. 16 с.

DSTU 3781:2014. Pechyvo. Zahalni tekhnichni umovy. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2015. 16 s.

18. Метод визначення пероксидного числа жирів та олій (ДСТУ 4570:2006)

Metod vyznachennia peroksydnoho chysla zhyriv ta olii (DSTU 4570:2006)

19. Павлов О. В. Збірник рецептур борошняних кондитерських і здобних булочних виробів: навч.-практ. посіб. Переробл. і доп. вид. Київ: ПрофКнига. 2018. 336 с

Pavlov O. V. (2018). Zbirnyk retseptur boroshnianykh kondyterskykh i zdobnykh bulochnykh vyrobiv: navch.-prakt. posib. Pererobl. i dop. vyd. Kyiv: ProfKnyha. 336 s.

Кравченко Михайло Федорович, д-р техн. наук, професор, професор кафедри ресторанних і крафтових технологій, Державний торговельно-економічний університет, +380973379745, m.f.kravchenko@gmail.com.

Kravchenko Mihailo, Doctor of Sciences, Professor, department of restaurant and craft technologies, State university of trade and economics, +380973379745, m.f.kravchenko@gmail.com.

Михайлик Віталій Сергійович, канд. техн. наук, асистент, кафедра ресторанних і крафтових технологій, Державний торговельно-економічний університет, +380683554903, v.mykhaylyk@knute.edu.ua.

Mykhaylyk Vitalii, Candidate of Technical Sciences, Assistant, Department of Restaurant and Craft Technologies, State University of Trade and Economics, +380683554903, vetalikk@bigmir.net.

Італльянцев Володимир Володимирович, аспірант кафедри ресторанних і крафтових технологій, Державний торговельно-економічний університет, +380956071732, v.italliantsev@knute.edu.ua.

Italliantsev Volodymyr, State University of Trade and Economics, Postgraduate Student, Department of Restaurant and Craft Technologies, +380956071732, v.italliantsev@knute.edu.ua.

УДК 664.5 664.664633.8

ВИКОРИСТАННЯ КЛІТКОВИНИ СОЄВОЇ ЯК ДЖЕРЕЛА ХАРЧОВИХ ВОЛОКОН У РЕЦЕПТУРНОМУ СКЛАДІ СОУСІВ ЕМУЛЬСІЙНОГО ТИПУ

С.Б. Омельченко, О.В. Котляр, Н.В. Федак,
Н.В. Чорна, П.П. Пивоваров, О.О. Лісніченко

З огляду на світові тенденції у харчуванні та зростання інтересу до здорового способу життя, збільшується потреба в продуктах зі зниженим вмістом небажаних компонентів, але з підвищеною харчовою цінністю. Загальноприйнятою є думка, що холодні соуси є висококалорійними та не надто корисними через значний вміст жирової складової. У статті висвітлено актуальність використання клітковини соєвої, джерела харчових волокон, що дозволить стабілізувати емульсію та отримати соуси з такими властивостями, які будуть зберігатися тривалий час, не спричиняючи розшарування і втрати якості. Для отримання модельної системи було використано олію кукурудзяну, що забезпечує стабільність холодних соусів, запобігаючи розшаруванню олії та води; яєчний порошок; молоко сухе знежирене; цукор білий; воду питну. Під час технологічних відпрацювань обґрунтовано раціональний вміст клітковини соєвої для одержання соусу емульсійного типу.

Ключові слова: *клітковина соєва, харчові волокна, соус емульсійного типу, емульгуюча здатність, стійкість емульсії, жироутворююча здатність.*

USE OF SOY FIBER AS A SOURCE OF DIETARY FIBER IN THE RECIPE OF EMULSION-TYPE SAUCES

S. Omelchenko, O. Kotliar, N. Fedak, N. Chorna,
P. Pyvovarov, O. Lisnichenko

With taking into acoount global nutrition trends and growing interest in healthy lifestyles, there is an increasing demand for products with reduced undesirable components but enhanced nutritional value. It is commonly believed that cold sauces are high in calories and not particularly beneficial due to their significant fat content. This research paper highlights the relevance of fiber use in developing a range of emulsion-type sauces. For the model system creation, corn oil is used in the amount of 37-39%, which provides the stability of cold sauces by preventing the separation of oil and water; egg powder 1.0-2.0%, which allows obtaining sauces with properties that preserve quality without separation for extended periods; skimmed milk powder 2.0-2.5% – for emulsion stability, texture improvement, flavor enhancement, and extending the cold sauce shelf life; white sugar 1-2% – as a flavor additive and preservative; drinking water 45-46%; and corn starch in the amount of

1-2%, which can make the sauce more stable and convenient to use while helping to stabilize the emulsion. The innovative aspect in cold sauce production technology is the use of fiber. Adding soy fiber to the recipe in the amount of 1.5-2.5% improves the sauce texture, provides homogeneity throughout its entire shelf life. This allows achieving the desired sauce consistency without use artificial stabilizers. Additionally, it is important that soy fiber contains ballast substances and residual soy protein, which are valuable from the perspective of biological benefits and healthy diet principles. The fiber, which it contains belongs to dietary fibers and can be used as an additive to enrich products with ballast substances. Protein residues, in turn, open prospects for developing various functional and technological approaches.

Keywords: *soy fiber, dietary fiber, emulsion-type sauce, emulsifying ability, emulsion stability, fat-forming ability.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Світові напрями, що пов’язані з галуззю харчування орієнтовані на розроблення харчової продукції, яка сприяє покращенню здоров'я громади та зниженню ризиків захворювань, пов'язаних саме зі споживанням їжі [1]. Ці завдання вирішуються завдяки включенню до складу харчових продуктів, тих інгредієнтів, які мають позитивний вплив на одну або кілька фізіологічних функцій організму. Основою для створення нових харчових продуктів є модифікація традиційних технологій, що дозволяє досягти вмісту корисних інгредієнтів, відповідного фізіологічним нормам споживання.

Сьогодні спостерігається зростання популярності соусів та збільшення попиту на соусну продукцію, що виготовляється як підприємствами харчової промисловості, так і закладами харчування. Однак соуси, зокрема «емульсійного» типу, є висококалорійними компонентами страв та містять штучні стабілізатори і емульгатори, що обмежує їхнє споживання [2].

Аналіз ринку та тенденцій розвитку соусного сегменту в Україні та світі свідчить, що споживачі все більше орієнтуються на здорове харчування і прагнуть вживати екологічно чисті продукти, серед яких важливу роль відіграють соуси [3]. Це призводить до активного оновлення асортименту соусної продукції. Проте традиційні соуси, такі як кетчупи, майонези та соуси-дресинги, які переважно використовуються для холодних страв, не завжди відповідають вимогам ресторанного бізнесу, оскільки часто представлені як напівфабрикати у вигляді сухих концентратів. Така продукція потребує оновлення та розширення асортименту. Окрім того, ці соуси не містять вітамінів та необхідних макро- та мікроелементів, що важливі для здоров’я людини. Їх недостатнє надходження може негативно впливати на фізичний розвиток, спричиняти захворювання та порушення обміну речовин, що в підсумку гальмує формування здорового покоління.

Для задоволення вимог споживачів та виведення нового харчового продукту на ринок пропонується розроблення рецептури соусу емульсійного типу з додаванням клітковини соєвої [4]. Включення клітковини соєвої до складу соусу обґрунтовано кількома важливими чинниками, зокрема покращенням харчових властивостей, текстури та функціональності продукту. Крім того, її використання забезпечить продукт вітамінами, макро- та мікроелементами, органічними кислотами, що необхідні для нормального функціонування організму. Клітковина соєва містить баластні речовини та залишки соєвого білка, які є цінними з погляду біологічної користі та принципів здорового харчування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У виробництві соусної продукції використовують різноманітну сировину серед якої можна виділити овочеву і фруктову сировину, бульйони, молоко, сметану, борошно, крохмаль, жирову сировину, спеції, стабілізатори, смакові і ароматичні добавки та ін. [5].

Горальчуком А.Б., Пивоваровим П.П. [6] розглянуто технологію отримання термостійких емульсійних соусів з використанням овочевої сировини. Обґрунтовано доцільність застосування пектиновмісних овочів та білковмісних молочних продуктів у рецептурах таких соусів. Виявлено ключові закономірності перетворення компонентів овочевої та молочної сировини в стан, придатний для емульгування та стабілізації, а також встановлено принципи утворення та зміцнення емульсій для забезпечення їхньої стійкості при нагріванні.

Проаналізовано технологію одержання соусів [7] шляхом поєднання дикорослих та культивованих ягід із водоростевою сировиною, що дозволить не вводити в рецептурний склад загусники та зменшить енергетичну цінність готової продукції.

Авторами [8] обґрунтовано технологію соусів, одержаних із використанням дієтичних селен-білкових добавок. Доведено позитивний вплив добавок на технологічні показники якості готової продукції.

У роботі [9] представлено дослідження впливу добавок на органолептичні властивості соусів. Результати комплексного аналізу переконливо демонструють, що використання доступної рослинної сировини як альтернативи традиційним інгредієнтам з високою харчовою цінністю здатна зменшити енергетичну цінність та збагатити асортимент функціональних соусів, що є актуальним для ресторанного бізнесу.

Отже, вивчення вимог до розробки збагачених олійно-жирових емульсійних продуктів виявляє потребу сучасного споживача в нових, інноваційних рішеннях. Розглянуті дослідження спрямовані на зниження енергетичної цінності [10], використання купажованих рослинних олій зі збалансованим складом жирних кислот [11], заміні традиційних інгредієнтів та збагачення природними біологічно активними сполуками [12, 13, 14], використання крохмалів фізичної модифікації [15]. Досліджень щодо одержання соусів емульсійних з використанням клітковини соєвої немає. Не визначено вид та вміст клітковини у складі соусів емульсійного типу. Та їх використання в рецептурному складі соусів має ряд переваг, а саме клітковина здатна утримувати вологу, а це сприятиме подовженню терміну зберігання соусу. Вона може знижувати його калорійність, оскільки заміщає частину жирів, при цьому зберігаючи насичений смак без додавання зайвих калорій. Дана добавка сприятиме підвищенню харчової та біологічної цінності, збагаченню соусу мікронутрієнтами.

Мета статті – розроблення проєкту технології холодних соусів емульсійного типу з використанням клітковини, що забезпечить підвищення харчової цінності соусів, розширення асортименту емульсійних соусів та вдосконалення якості соусної продукції функціонального призначення.

Матеріали та методи. Для досягнення поставленої мети використовувались матеріали: олія кукурудзяна, яєчний порошок, молоко сухе знежирене, цукор білий, вода питна, крохмаль кукурудзяний, гірчиця столова, оцет 9%, сіль кухонна, клітковина соєва та методи, що характеризують технологічні показники розробленої продукції.

Ступінь набрякання клітковини [16] визначали гравіметричним методом, вимірюванням маси сухої клітковини та маси набряклої клітковини після витримування у воді протягом певного часу. Ступінь набрякання розраховували як відношення збільшення маси до початкової маси сухої клітковини.

Швидкість набрякання [17] клітковини визначали вимірюванням зміни маси з часом. Зразки сухої клітковини поміщали у рідину і через певні проміжки часу виймали, видаляли надлишок рідини та зважували.

Жироутворюючу здатність [18] визначали вимірюванням кількості жиру, який здатна утримувати певна кількість досліджуваного матеріалу (клітковини) за певних умов. Цей показник відображає здатність матеріалу зв'язувати та стабілізувати жирову фазу в харчових продуктах, запобігаючи її виділенню або розшаруванню. Метод включає підготовку зразків, взаємодію з жиром, емульгування, центрифугування, зважування осаду.

Емульгуючу здатність [19] визначали вимірюванням здатності певної речовини утворювати та стабілізувати емульсію, тобто диспергувати одну рідину (олію або жир) у вигляді дрібних крапель в іншій незмішуваній рідині. Метод включає приготування розчину, додавання олії, емульгування, визначення емульгуючої здатності.

Стійкість емульсії [20] визначали здатністю емульсії зберігати свої початкові властивості (однорідність, розмір крапель диспергованої фази, відсутність розшарування) протягом певного періоду часу. Метод дозволяє прогнозувати термін зберігання емульсійних продуктів та оптимізувати їх склад і технологічні процеси для підвищення стабільності.

Виклад основного матеріалу дослідження. На основі аналітичних та експериментальних досліджень було сформовано емульсійну систему що моделює соус (рис. 1), для подальшого введення до його рецептурного складу клітковини соєвої.

З метою приготування холодного соусу емульсійного типу, насамперед визначимося з жировою основою, віддаючи перевагу рафінованим та дезодорованим оліям рослинного походження. У процесі вибору було проаналізовано декілька місцевих олій Слобожанщини, а саме: звичну соняшникову, кукурудзяну, лляну та гарбузову. Аналіз показав, що для створення холодного соусу підходить будь-яка олія з перелічених.

Однак, олія кукурудзяна має низку переваг, які роблять її найбільш оптимальним варіантом, а саме має оптимальну комбінацію жирних кислот, що дозволяє їй добре емульгувати з водними компонентами (наприклад, оцтом, лимонним соком чи водою). Це забезпечує стабільність холодних соусів, запобігаючи розшаруванню. Має м'який, нейтральний смак і не переважає в смаковому профілі соусу, що дозволяє іншим інгредієнтам (наприклад, спеціям чи приправам) бути вираженими. Олія кукурудзяна має досить довгий термін зберігання завдяки високому вмісту антиоксидантів, таких як вітамін Е.

Це робить її зручним компонентом для приготування соусів, які можна зберігати протягом тривалого часу без ризику окислення чи втрати якості. Містить вітаміни А, Е та K, які є корисними для організму людини. Використання олії кукурудзяної в соусах дозволяє збагатити страви додатковими корисними компонентами.

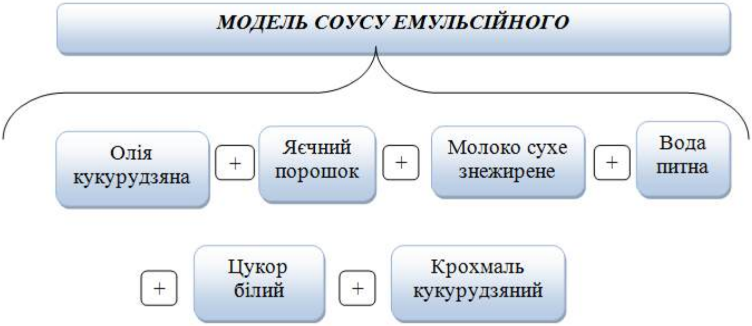


Рис. 1. Модель соусу емульсійного

Для розроблення технології соусів емульсійного типу, що можуть стати складовою здорового раціону та для забезпечення стабільності соусів, запобігання розшаруванню і підтримці однорідної консистенції протягом певного періоду зберігання до модельної системи пропонується ввести клітковину.

Застосування даної дієтичної складової у рецептурному складі емульсійних соусів є надзвичайно актуальним у сучасному харчовому виробництві та відповідає зростаючим вимогам споживачів щодо здорового харчування та функціональних продуктів. Основні елементи актуальності наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Характеристика основних елементів актуальності застосування клітковини в рецептурному складі соусів емульсійних

Найменування елементів	Характеристика
1	2
Зростаючий попит на здорові та низькокалорійні продукти	Пошук продуктів зі зниженим вмістом жирової сировини, цукру, солі та підвищеним вмістом клітковини, вітамінів та мінеральних речовин
Покращення харчової цінності	Додавання харчових волокон збагачує соуси корисними для травлення речовинами, вітамінів і мінеральних речовин – перетворює соус на функціональний продукт

Продовження табл. 1

1	2
Технологічні переваги та оптимізація рецептури	Дозволяють створювати стабільні емульсії зі зниженим вмістом жиру, запобігаючи їх розшаруванню та зберігаючи текстуру; забезпечують необхідну в'язкість та консистенцію без використання загущувачів
Розширення асортименту продукції	Розроблення інноваційних емульсійних соусів з певними властивостями та смаками; диференціювання продукції на ринку та залучення нового сегменту споживачів

Таким чином, застосування клітковини у рецептурному складі емульсійних соусів дозволить створити більш здорові, функціональні та стабільні харчові продукти з покращеними технологічними властивостями.

У якості дієтичної складової запропоновано ввести клітковину соєву. Включення клітковини соєвої до рецептурного складу соусу емульсійного сприятиме покращенню його текстури, надаючи йому густоти та стабільності, що гарантуватиме збереження однорідності протягом усього терміну придатності. Це дозволить досягти бажаної консистенції без використання штучних стабілізаторів. Крім того, клітковина соєва містить важливі для біологічної цінності та здорового харчування баластні речовини та залишки соєвого білка. Клітковина, як тип харчових волокон, може використовуватися як складова для збагачення продуктів баластними речовинами, а залишки білка відкриють перспективи для створення різноманітних функціональних і технологічних рішень.

Першим етапом дослідження було визначено ступінь та швидкість набрякання клітковини соєвої. Набрякання клітковини соєвої – це процес поглинання та утримання води волокнами сої, що приводить до збільшення їхнього об'єму. Ця властивість є однією з ключових функціональних характеристик клітковини соєвої, яка зумовлює її застосування у виробництві соусів емульсійних.

У таблиці 2 наведено дані щодо ступеню, швидкості набрякання і коефіцієнта швидкості набрякання клітковини соєвої.

Таблиця 2

Значення ступеня, швидкості та коефіцієнта набрякання клітковини соєвої

τ, с	10	20	30	40	50	60
Ступінь набрякання, $см^3/г$	1,8	3,3	4,6	5,4	5,9	6,1
Швидкість набрякання	0,148	0,110	0,094	0,076	0,062	0,053
^{k}-швидкості набрякання	0,014	0,013	0,011	0,013	0,090	0,0057

Ступінь набрякання клітковини соєвої демонструє тенденцію до зростання протягом перших 60 секунд спостереження. Найбільший приріст ступеня набрякання спостерігається у перші 10 секунд (з 0 до 1,8 $см^3/г$). З часом швидкість зростання ступеня набрякання сповільнюється. Між 50 та 60 секундами приріст є найменшим (з 5,9 до 6,1 $см^3/г$). Дані свідчать про те, що процес набрякання поступово наближається до стану насичення, коли клітковина вже не здатна поглинати значну кількість води.

Швидкість набрякання є найвищою на початку процесу (0,148 $см^3/г·с$ протягом перших 10 секунд). Це означає, що клітковина найбільш інтенсивно поглинає воду саме в цей період. Швидкість набрякання неухильно зменшується з плином часу. Це пов'язано з тим, що кількість доступних для поглинання молекул води навколо волокон клітковини зменшується, а також зростає опір вже набряклих шарів клітковини подальшому проникненню води. Найнижча швидкість набрякання зафіксована в інтервалі між 50 та 60 секундами (0,053 $см^3/г·с$), що підтверджує уповільнення процесу наближення до насичення.

Коефіцієнт швидкості набрякання зростає у проміжку між 10 та 50 секундами, а потім спостерігається різке його падіння у проміжку між 50 та 60 секундами. Це може бути пов'язано зі змінами у структурі клітковини під час набрякання або з досягненням певного ступеня гідратації.

Отже, клітковина соєва демонструє інтенсивне набрякання на початковому етапі контакту з водою, про що свідчить висока початкова швидкість та значний приріст ступеня набрякання. З часом швидкість набрякання сповільнюється, а ступінь набрякання поступово наближається до граничного значення. Коефіцієнт швидкості набрякання не є постійним, що вказує на складнішу динаміку процесу гідратації. Ці дані є важливими для розуміння поведінки клітковини соєвої у харчових системах, зокрема при розробленні рецептур соусів емульсійних, де її здатність до набрякання впливає на в'язкість, стабільність та текстуру кінцевого продукту.

Наступним етапом дослідження було визначено жироутворюючу, емульгуючу здатності та стійкість емульсії модельної системи (табл. 3).

Таблиця 3

Значення жироутворюючої, емульгуючої здатності та стійкості емульсії модельної системи

Концентрація клітковини соєвої, %	1	2	3	4	5	6	7
Жироутворююча здатність, %	4,5	5,2	5,5	5,8	6,2	6,7	7,2
Емульгуюча здатність, %	45,0	49,0	51,0	52,7	54,3	56,3	57,4
Стійкість емульсії, %	45,0	49,3	52,5	53,0	55,8	58,0	59,4

З таблиці видно, що спостерігається чітка тенденція до зростання жироутворюючої здатності зі збільшенням концентрації клітковини. Жироутворююча здатність зростає від 4,5% при найнижчій концентрації клітковини (1%) до 7,2% при найвищій концентрації (7%). Чим більша концентрація клітковини соєвої в системі, тим більшу кількість жиру вона здатна зв'язати та утримати.

Емульсійна здатність також демонструє тенденцію до зростання зі збільшенням концентрації клітковини. Клітковина соєва сприяє утворенню емульсій, і її ефективність як емульгатора зростає з підвищенням концентрації. Це пов'язано зі здатністю клітковини адсорбуватися на межі розділу фаз «жир-вода» та створювати стабілізуючий шар.

Стійкість емульсії також показує позитивну кореляцію з концентрацією клітковини. Особливо помітне зростання стійкості емульсії спостерігається при вищих концентраціях клітковини (починаючи з 4–5%). Клітковина соєва не лише сприяє утворенню емульсій, але й значно підвищує їхню стабільність протягом часу. Збільшення концентрації клітковини призводить до формування більш міцної та стійкої емульсійної системи, що запобігає розшаруванню.

Далі визначимо вміст клітковини соєвої в модельній системі соусу (табл. 4).

Таблиця 4

Значення емульгуючої здатності від концентрації клітковини соєвої в модельній системі

Концентрація клітковини соєвої, %	0	1	2	3	4	5	6	7
Емульгуюча здатність, %	75,0	76,0	77,0	78,0	79,0	80,0	81,0	83,0

Зі збільшенням частки клітковини зростає її здатність до емульгування. Однак, щоб уникнути надмірної густоти соусної основи, оптимальна кількість клітковини соєвої становитиме 1,5…2,5%.

Завдяки своїм абсорбуючим властивостям, клітковина соєва допомагає запобігти розшаруванню емульсії. Її здатність зв'язувати жир прямо пропорційна довжині волокна і може сягати співвідношення 1:6.

На відміну від багатьох інших набухаючих та вологоутримуючих інгредієнтів, клітковина не розчиняється ні у водній, ні в жировій фазі, що дозволяє їй ефективно зв'язувати воду та покращувати консистенцію продукту. Хоча клітковина соєва сама по собі не є емульгатором, дослідження показують, що вона здатна підсилювати дію інших емульгаторів.

У таблиці 5 наведемо рецептурний склад соусу емульсійного з використанням клітковини соєвої.

Таблиця 5

Рецептурний склад соусу емульсійного з використанням клітковини соєвої

Найменування сировини	Витрати сировини, г	
	Брутто	Нетто
Олія кукурудзяна	380,0	376,5
Яєчний порошок	16,0	15,0
Молоко сухе знежирене	23,0	22,0
Вода питна	465,0	460,0
Цукор білий	13,0	12,5
Гірчиця столова	8,0	7,5
Оцет 9%	51,0	50,0
Сіль кухонна	8,5	8,0
Крохмаль кукурудзяний	17,0	16,0
Клітковина соєва	22,0	20,0
Вихід	–	1000,0

Технологічним процесом виготовлення холодних соусів передбачається низка операцій, наведених на рис. 2.

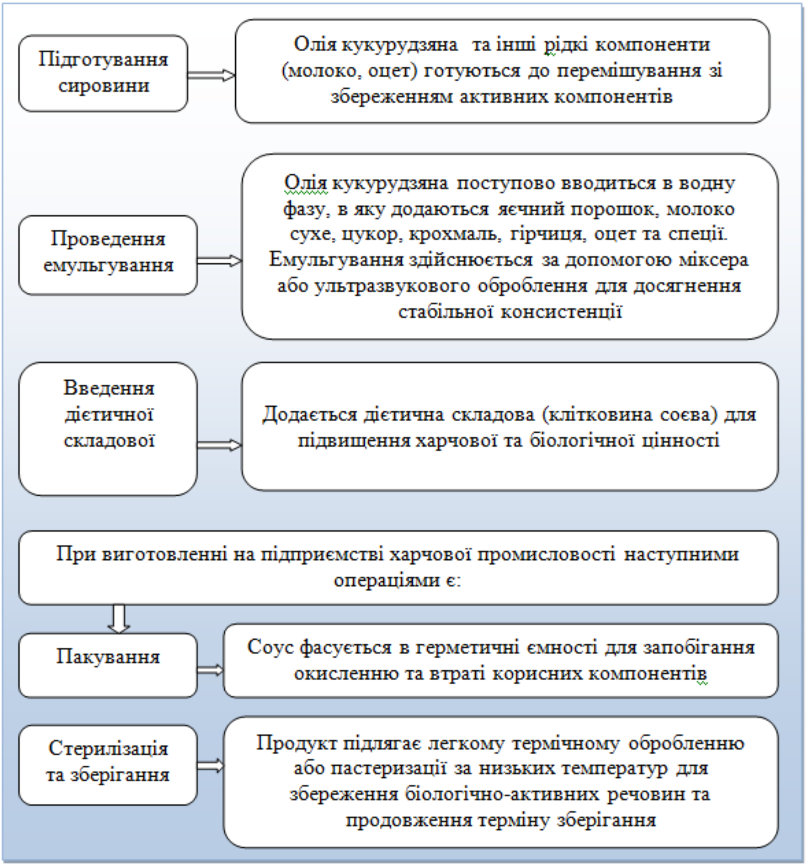


Рис. 2. Технологічний процес виготовлення соусу емульсійного

Технологічну схему виробництва соусу емульсійного наведено на рис. 3.

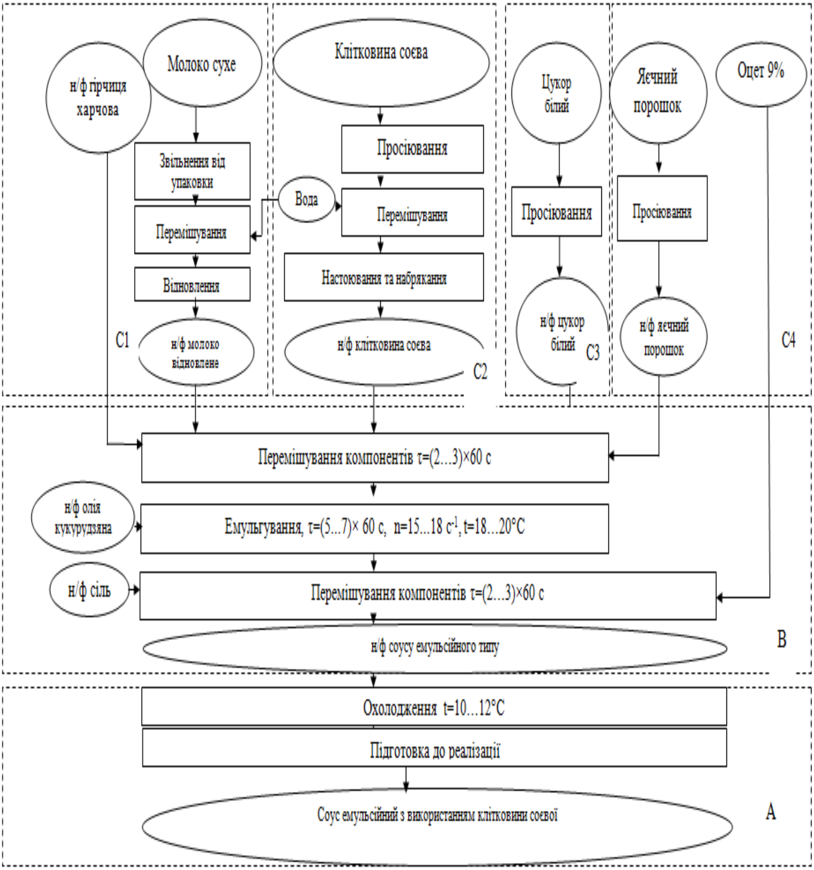


Рис. 3. Технологічна схема виробництва соусу емульсійного

У ході експериментальних досліджень здійснено органолептичну оцінку соусів емульсійних із використанням клітковини соєвої. Встановлено, що соуси являють собою однорідну систему; колір, смак та запах визначається додатковими інгредієнтами, що можуть входити до рецептурного складу (овочева сировина, молочна сировина та ін.), консистенція однорідна, еластична, середньої густоти.

У табл. 6 наведено функціонально-технологічні властивості клітковини соєвої в соусах емульсійних.

Таблиця 6

Функціонально-технологічні властивості клітковини соєвої в соусах емульсійних

Найменування властивості	Характеристика
Стабілізація емульсій	Клітковина соєва має здатність зв'язувати як воду, так і жир, що сприяє утворенню більш стабільних емульсій і запобігає їх розшаруванню. Вона діє як емульгатор та стабілізатор одночасно
Збільшення в'язкості	Додавання клітковини соєвої збільшує в'язкість соусу, надаючи йому більш густої консистенції
Покращення текстури	Клітковина соєва покращує загальну текстуру соусу, роблячи його більш однорідним та запобігає утворенню грудочок
Збільшення вологоутримуючої здатності	Клітковина допомагає утримувати вологу в соусі, що запобігає його висиханню під час зберігання
Збагачення харчовими волокнами	Клітковина соєва – джерело харчових волокон, що підвищує харчову цінність соусу емульсійного
Зв'язування жиру	Клітковина здатна зв'язувати жири, що є корисним при розробленні низькожирних соусів емульсійного типу

Висновки. Вміст клітковини соєвої в рецептурному складі соусу емульсійного є важливим чинником, що впливає на його функціональні властивості. Зі збільшенням концентрації спостерігається покращення як жироутворюючої, так і емульсійної здатності, а також значне підвищення стійкості емульсій. Клітковина соєва є ефективним функціональним інгредієнтом для покращення текстури, стабільності та здатності зв'язувати жир в емульсійних системах.

При розробленні рецептури соусу емульсійного враховано оптимальну концентрацію клітковини для досягнення бажаних технологічних властивостей кінцевого продукту, адже, занадто низька концентрація може не забезпечити достатнього рівня функціональності, тоді як надмірно висока концентрація може впливати на інші характеристики продукту, а саме в'язкість, органолептичні властивості.

Список джерел інформації / References

1. Пашнюк Л. В. Харчова промисловість України: стан, тенденції та перспективи розвитку // Економічний часопис XXI, 2012. №9(10) . С.60–63.

Pashnyuk L. V. Kharchova promyslovistʹ Ukrayiny: stan, tendentsiyi ta perspektyvy rozvytku // Ekonomichnyy chasopys XXI, 2012. №9(10) . S.60–63

2. Лявинець Г.М., Гавриш А.В., Нєміріч О.В., Арсеньєва Л.Ю. Технологія соусів емульсійного типу підвищеної харчової цінності // Наука та інновації. 2013. Т. 9, № 6. С. 15–19.

Lyavynetsʹ H.M., Havrysh A.V., Nyemirich O.V., Arsenʹyeva L.YU. Tekhnolohiya sousiv emulʹsiynoho typu pidvyshchenoyi kharchovoyi tsinnosti // Nauka ta innovatsiyi. 2013. T. 9, № 6. S. 15–19.

3. Антоненко А.В. Технологія соусів з дієтичними добавками функціонального призначення: автореф. дис. на здобуття наукового ступеня канд. техн. наук: спец. 05.18.16 «Технологія продуктів харчування». Київ, 2011. 23 с.

Antonenko A.V. Tekhnolohiya sousiv z diyetychnymy dobavkamy funktsionalʹnoho pryznachennya: avtoref. dys. na zdobuttya naukovoho stupenya kand. tekhn. nauk: spets. 05.18.16 «Tekhnolohiya produktiv kharchuvannya». Kyyiv, 2011. 23 s.

4. Никитюк Д. С., Омельченко С. Б. Використання дієтичних добавок у рецептурному складі соусів холодних. Інноваційні технології розвитку харчових виробництв та ресторанної індустрії: наукові пошуки молоді : ІІ Міжнародна науково-практична конференція здобувачів вищої освіти і молодих вчених, 07 листопада 2024 р. Харків : ДБТУ, 2024. С. 67.

Nykytyuk D. S., Omelʹchenko S. B. Vykorystannya diyetychnykh dobavok u retsepturnomu skladi sousiv kholodnykh. Innovatsiyni tekhnolohiyi rozvytku kharchovykh vyrobnytstv ta restorannoyi industriyi: naukovi poshuky molodi : II Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiya zdobuvachiv vyshchoyi osvity i molodykh vchenykh, 07 lystopada 2024 r. Kharkiv : DBTU, 2024. S. 67.

5. Бахмач В. О. Удосконалення технології виробництва майонезів на основі комплексного стабілізатора: автореф. дис. на здобуття наук ступеня канд. техн. наук:спец. 05.18.06 / В. О. Бахмач. Х., 2014. 25 с.

Bakhmach V. O. Udoskonalennya tekhnolohiyi vyrobnytstva mayoneziv na osnovi kompleksnoho stabilizatora: avtoref. dys. na zdobuttya nauk stupenya kand. tekhn. nauk:spets. 05.18.06 / V. O. Bakhmach. KH., 2014. 25 s.

6. Горальчук А. Б. Технологія термостабільних емульсійних соусів на основі овочевої сировини: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.16 – технологія продуктів харчування; наук. кер. П. П. Пивоваров. Харківський держ. ун-т харч. та торгівлі. Харків, 2008. 22 с.

Horalʹchuk A. B. Tekhnolohiya termostabilʹnykh emulʹsiynykh sousiv na osnovi ovochevoyi syrovyny: avtoref. dys. ... kand. tekhn. nauk: 05.18.16 – tekhnolohiya produktiv kharchuvannya; nauk. ker. P. P. Pyvovarov. Kharkivsʹkyy derzh. un-t kharch. ta torhivli. Kharkiv, 2008. 22 s.

7. Листопад Т. С. Розробка технології соусів з дикорослих та культивованих ягід з йодвміщуючими добавками: дис. … д-ра філософії: 181 - Харчові технології; наук. кер. Г. В. Дейниченко. Харків: ДБТУ, 2021. 310 с.

Lystopad T. S. Rozrobka tekhnolohiyi sousiv z dykoroslykh ta kulʹtyvovanykh yahid z yodvmishchuyuchymy dobavkamy: dys. … d-ra filosofiyi: 181 - Kharchovi tekhnolohiyi; nauk. ker. H. V. Deynychenko. Kharkiv: DBTU, 2021. 310 s.

8. Применко В. Г. Технології добавок дієтичних селен-білкових та соусів з їх використанням: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.16 – технологія харчової продукції; наук. кер. Т. М. Головко; Харківський держ. ун-т харч. та торгівлі. Харків, 2019. 22 с.

Prymenko V. H. Tekhnolohiyi dobavok diyetychnykh selen-bilkovykh ta sousiv z yikh vykorystannyam: avtoref. dys. ... kand. tekhn. nauk: 05.18.16 – tekhnolohiya kharchovoyi produktsiyi; nauk. ker. T. M. Holovko; Kharkivsʹkyy derzh. un-t kharch. ta torhivli. Kharkiv, 2019. 22 s.

9. Антоненко А., Баль-Прилипко Л. Вплив дієтичних добавок на технологію соусів. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences, 347(1), 2025. 588-594 с.

Antonenko A., Balʹ-Prylypko L. Vplyv diyetychnykh dobavok na tekhnolohiyu sousiv. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences, 347(1), 2025. 588-594 s.

10. Пат. 31699 UA, МПК A23L1/24 Спосіб отримання соусів емульсійного типу / Пивоваров Павло Петрович, Гринченко Ольга Олексіївна, Большакова Вікторія Анатоліївна, Ванецян Карен Робертович, Мостова Людмила Миколаївна, заявник Пивоваров Павло Петрович, Гринченко Ольга Олексіївна, Большакова Вікторія Анатоліївна, Ванецян Карен Робертович, Мостова Людмила Миколаївна. – № 98105571; заявл. 23.10.1998; опубл. 15.12.2000, Бюл. № 7, 2000 р.

Pat. 31699 UA, MPK A23L1/24 Sposib otrymannya sousiv emulʹsiynoho typu / Pyvovarov Pavlo Petrovych, Hrynchenko Olʹha Oleksiyivna, Bolʹshakova Viktoriya Anatoliyivna, Vanetsyan Karen Robertovych, Mostova Lyudmyla Mykolayivna, zayavnyk Pyvovarov Pavlo Petrovych, Hrynchenko Olʹha Oleksiyivna, Bolʹshakova Viktoriya Anatoliyivna, Vanetsyan Karen Robertovych, Mostova Lyudmyla Mykolayivna. – № 98105571; zayavl. 23.10.1998; opubl. 15.12.2000, Byul. № 7, 2000 r.

11. Кравченко М. Ф., Антоненко А. В., Михайлик В. С. Технологія соусів емульсійного типу на основі нових видів олій. Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. 2012. Вип. 42(2). С. 150–152. 217.

Kravchenko M. F., Antonenko A. V., Mykhaylyk V. S. Tekhnolohiya sousiv emulʹsiynoho typu na osnovi novykh vydiv oliy. Naukovi pratsi Odesʹkoyi natsionalʹnoyi akademiyi kharchovykh tekhnolohiy. 2012. Vyp. 42(2). S. 150–152. 217.

12. Левченко Ю.В. Спеціальність 05.18.16 – технологія продуктів харчування. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Розробка технології солодких соусів з використанням хеномелесу. ПУЕТ. Полтава. 2017. 248с.

Levchenko YU.V. UDK 641.887:634.14. Spetsialʹnistʹ 05.18.16 – tekhnolohiya produktiv kharchuvannya. Dysertatsiya na zdobuttya naukovoho stupenya kandydata tekhnichnykh nauk. Rozrobka tekhnolohiyi solodkykh sousiv z vykorystannyam khenomelesu. PUET. Poltava. 2017. 248s.

13. Чоні І. В., Суткович Т. Ю. Використання природних стабілізаторів у технології емульсійної продукції. Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. 2015. № 1 (73). С. 54–59.

Choni I. V., Sutkovych T. YU. Vykorystannya pryrodnykh stabilizatoriv u tekhnolohiyi emulʹsiynoyi produktsiyi. Naukovyy visnyk Poltavsʹkoho universytetu ekonomiky i torhivli. 2015. № 1 (73). S. 54–59.

14. Lystopad T., Deinychenko G., Pasichnyi V., Shevchenko A., Zhukov Y. Rheological studies of berry sauces with iodine-containing additives. Ukrainian Food Journal. 2020. Vol. 9, Issue 3. P. 651–663. Web of Science collection. (http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/33675)

15. Андрєєва С.С. УДК 641.85 Спеціальність 05.18.16 – технологія харчової продукції. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Технологія соусів солодких з використанням крохмалів фізичної модифікації. ХДУХТ. Харків. 2016. 191с.

Andryeyeva S.S. UDK 641.85 Spetsialʹnistʹ 05.18.16 – tekhnolohiya kharchovoyi produktsiyi. Dysertatsiya na zdobuttya naukovoho stupenya kandydata tekhnichnykh nauk. Tekhnolohiya sousiv solodkykh z vykorystannyam krokhmaliv fizychnoyi modyfikatsiyi. KHDUKHT. Kharkiv. 2016. 191s.

16. Щербак, К. О., Кармазов, О. І., & Желєва, Т. С. (2024). Характеристика харчових волокон та вивчення їх поведінки у водних розчинах. Прогресивні технології харчових виробництв ресторанного і готельного господарства і торгівлі, (1(37)), 107-117.

Shcherbak, K. O., Karmazov, O. I., & Zhelyeva, T. S. (2024). Kharakterystyka kharchovykh volokon ta vyvchennya yikh povedinky u vodnykh rozchynakh. Prohresyvni tekhnolohiyi kharchovykh vyrobnytstv restorannoho i hotelʹnoho hospodarstva i torhivli, (1(37)), 107-117.

17. Dhital, R., Bhandari, B. R., & Gidley, M. J. (2016). Particle size and shape effects on starch swelling and enzyme digestibility. Food Hydrocolloids, 58, 227-235.

18. Гаврилюк, В. Г., & Козаченко, О. П. (2013). Дослідження впливу емульгаторів на структурно-механічні властивості та жироутворювальну здатність емульсійних м’ясних фаршів. Наукові праці Національного університету харчових технологій, (49), 150-155.

Havrylyuk, V. H., & Kozachenko, O. P. (2013). Doslidzhennya vplyvu emulʹhatoriv na strukturno-mekhanichni vlastyvosti ta zhyroutvoryuvalʹnu zdatnistʹ emulʹsiynykh m″yasnykh farshiv. Naukovi pratsi Natsionalʹnoho universytetu kharchovykh tekhnolohiy, (49), 150-155.

19. Swift, C. E., Lockett, C., & Fryar, A. J. (1983). A technique for measuring emulsifying capacity of meat proteins. Journal of Food Science, 48(6), 1707-1710.

20. Sahlabadi, M., Cullen, P. J., & Stokes, J. R. (2014). Influence of particle size distribution on the stability of oil-in-water emulsions. Journal of Colloid and Interface Science, 417, 289-296.

Омельченко Світлана Борисівна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри харчових технологій в ресторанній індустрії, Державний біотехнологічний університет, omelchenko.s.b@gmail.com.

Omelchenko Svitlana, PhD, Senior Lecturer, Senior Lecturer, Department of food technology in the restaurant industry, State Biotechnological University, omelchenko.s.b@gmail.com.

Котляр Олег Володимирович, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри харчових технологій в ресторанній індустрії, Державний біотехнологічний університет, ov.kot1988@gmail.com.

Kotliar Oleh, PhD, Senior Lecturer, Senior Lecturer, Department of food technology in the restaurant industry, State Biotechnological University, ov.kot1988@gmail.com.

Федак Наталя Василівна, канд. техн. наук, професор, професор кафедри харчових технологій в ресторанній індустрії, Державний біотехнологічний університет, fedaknv@ukr.net.

Fedak Natalia, PhD, Professor, Professor, Department of food technology in the restaurant industry, State Biotechnological University, fedaknv@ukr.net.

Чорна Ніна Вікторівна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри харчових технологій в ресторанній індустрії, Державний біотехнологічний університет, ninelleblack@ukr.net.

Chorna Nina, PhD, Senior Lecturer, Senior Lecturer, Department of food technology in the restaurant industry, State Biotechnological University, ninelleblack@ukr.net.

Пивоваров Павло Петрович, д-р техн. наук, професор, професор кафедри харчових технологій в ресторанній індустрії, Державний біотехнологічний університет, pcub@ukr.net.

Pyvovarov Pavlo, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor, Department of food technology in the restaurant industry, State Biotechnological University, pcub@ukr.net.

Лісніченко Олена Олександрівна, канд. екон. наук, доцент, доцент кафедри харчових технологій в ресторанній індустрії, Державний біотехнологічний університет, kdket_hduht@ukr.net.

Lisnichenko Olena, PhD, Senior Lecturer, Senior Lecturer, Department of food technology in the restaurant industry, State Biotechnological University, kdket_hduht@ukr.net.

УДК 637.356:637.146:613.292

ІННОВАЦІЙНІ ВИДИ КИСЛОМОЛОЧНОГО СИРУ ТА СИРКОВИХ ВИРОБІВ ДЛЯ ОЗДОРОВЧОГО ХАРЧУВАННЯ

В.В. Погарська, О.О. Юр'єва, О.С. Погарський, Г.А. Селютіна, С.М. Лосєва

Розроблено інноваційні види кисломолочного сиру та сиркових виробів для оздоровчого харчування з використанням рослинних сумішей, виготовлених на основі плодоовочевих добавок із традиційних видів рослинної сировини у формі дрібнодисперсних порошків та паст, що відрізняються високим вмістом оздоровчих рослинних фітокомпонентів за рахунок використання розроблених на базі наукової школи кафедри методів глибокої переробки.

Ключові слова: *інноваційні продукти, оздоровче харчування, плодоовочеві добавки, фітокомпоненти, методи глибокої переробки*

INNOVATIVE TYPES OF FERMENTED MILK CHEESE AND CHEESE PRODUCTS FOR HEALTHY NUTRITION

V. Pogarskaya, O. Yurieva, A. Pogarskiy, H. Selutina, S. Loseva

Recieps of innovative types of fermented milk cheese and cottage cheese products for healthy food have been proposed, scientifically substantiated and developed. Herbal mixtures were used as an innovation in their production. The recipes of herbal mixtures consist of fruit and vegetable additives obtained by deep processing methods from traditional types of vegetable raw materials (pumpkin, carrot, sweet pepper, garlic, parsley root, celery root) in the form of cryopastes, as well as fruit and vegetable additives from other types of traditional raw materials (black currant, beet, apples, lemons) in the form of finely dispersed powders. Fruit and vegetable additives are distinguished by a high content of biologically active phytocomponents with health-promoting effects (natural coloring agents, aromatic substances, dietary fiber, etc.). The presence of these substances in the product eliminates the need to use traditional food additives (coloring, flavoring and structuring agents), which can negatively affect human health. It is shown that fruit and vegetable additives obtained by deep processing methods from traditional types of raw materials in the form of cryopastes and finely dispersed powders are sources of natural biologically active phytocomponents that contribute to strengthening the body's defenses. Recieps of frozen and powdered vegetable mixtures have been developed, which differ in the types and ratio of cryo- and powdered fruit and vegetable additives, respectively. The resulting mixtures are characterized by a high content of biologically active phytocomponents and do not contain synthetic food additives. The resulting mixtures are used in the development of innovative types of fermented milk cheese and cottage cheese products for healthy nutrition.

Keywords: *innovative products, healthy food, fruit and vegetable additives, phytocomponents, deep processing methods.*

Постановка проблеми в загальному вигляді. Популярність кисломолочних продуктів у провідних країнах світу зростає з кожним роком. Це пов’язано зі збільшенням кількості людей, які слідкують за своїм здоров’ям, правильно харчуються, віддають перевагу в раціонах харчуванням продуктам, що містять в своєму складі фізіологічно функціональні інгредієнти, які сприяють покращенню здоров’я та працездатності [1, с. 1–2]. До числа таких продуктів відносяться комбіновані молочно-рослинні продукти, що поєднують в своєму складі цілющі властивості молочної та плодоовочевої сировини. Кисломолочні продукти є джерелом корисної мікрофлори, від складу та наявності якої в раціонах харчування залежить підтримка в здоровому стані ШКТ людини, що сприяє підвищенню імунітету до дії негативних факторів зовнішнього та внутрішнього середовища. Окрім корисної мікрофлори, кисломолочні продукти легко засвоюються, мають високу харчову та біологічну цінність, є багатим джерелом білків, жирів, вуглеводів, кальцію і фосфору в оптимальному співвідношенні. Плодоовочева сировина – свіжі плоди, ягоди, овочі є джерелом натуральних біологічно активних фітокомпонентів (аскорбінової кислоти, каротиноїдів, хлорофілів, фенольних сполук, дубильних, ароматичних, барвних речовин), а також баластних речовин (пектинових, клітковини), корисні імуномодулюючі, антиоксидантні, детоксикуючі та протипухлинні властивості яких також відомі. Поєднання корисних властивостей молочної та плодоовочевої сировини для отримання продуктів оздоровчого харчування є актуальним напрямком розширення асортименту кисломолочних продуктів [2, с. 13–14].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проведений аналіз даних літератури показав, що традиційними продуктами, які можуть поєднувати в своєму складі корисні властивості молочної та плодоовочевої сировини є кисломолочні продукти з натуральними начинками та наповнювачами [3, с. 127].

Протягом останніх двадцяти років в Україні почали розвиватись спеціалізовані підприємства харчової індустрії, діяльність яких спрямована на виробництво різних видів натуральних начинок та наповнювачів для кондитерської, хлібопекарської галузей, молочної промисловості, закладів ресторанного господарства, а також застосування в індивідуальному харчуванні [4, с. 21].

Асортимент начинок та наповнювачів для виробництва продуктів молочної галузі (густих і питних йогуртів, сиркових десертів, глазурованих сирків, кисломолочного сиру, сироваткових напоїв тощо) залежно від виду молочної продукції представлений: гомогенними фруктовими наповнювачами [5, с. 221], гетерогенними наповнювачами зі шматочками фруктів і ягід, зі злаками та травами, на жировій основі з широкою смаковою лінійкою (зі смаком ванілі, карамелі, шоколаду, кави, горіхів, пікантні, гастрономічні тощо), з натуральними або синтетичними ароматизаторами, барвниками, вітамінами [6, с. 66], мінералами, харчовими волокнами [7, с. 100] тощо.

Як сировину для виробництва наповнювачів використовують переважно свіжі фрукти і ягоди, починаючи з традиційних (абрикос, полуниці, яблук, сливи, вишні, чорної смородини), цитрусових (апельсинів, лимонів, мандаринів) та дикорослих культивованих ягід (журавлини, чорниці, ожини, морошки) до екзотичних (папаї, маракуї) [8, с. 83]. Їх виготовляють на основі одного виду сировини, а також купажовані, що складаються із суміші пюре та кусочків різних фруктів та ягід. Крім свіжих фруктів і ягід як сировину використовують заморожені, консервовані плоди та ягоди, а також традиційні джеми, варення, інші види концентрованих фруктових продуктів. З кожним роком відбувається розширення асортименту начинок та наповнювачів за рахунок впровадження інноваційних розробок, покращення їх смаку та якості за рахунок збільшення в рецептурному складі натуральних інгредієнтів [9, с. 93]. Більшість наповнювачів виготовляють без використання шкідливих для здоров’я консервантів за рахунок застосування асептичної упаковки – спеціальних контейнерів різної місткості.

Найбільш відомими торгівельними марками, під якими виробляються фруктові начинки в Україні, є ТМ «АГРАНА Фрут Україна» (м. Вінниця), ТМ «Delicia» (ПП «Галафрут», Рівненська обл.), ТМ «Август» (м. Харків), ТМ «Ласунка» (м. Дніпро), «Щедрик» (м. Рівне), ТМ «Filler» («Східні ласощі», м. Кропивницький), ТОВ ТМ «Золота Миля» (Balex Company, м. Харків) та ін.

Незважаючи на високий вміст у свіжій плодоовочевій сировині – основі для виробництва наповнювачів – біологічно активних фітокомпонентів, контроль їх вмісту протягом технологічного процесу виробництва та вмісту в готовому продукті не проводиться. Головною вимогою до якості сучасних плодоовочевих наповнювачів є їх безпечність відповідно вимогам ДСТУ ISO 22000:2019 «Системи управління безпечністю харчових продуктів». Відомо, що традиційні технології виробництва начинок та наповнювачів включають жорсткі режими технологічної обробки, застосування яких призводить до значних, біля 80%, втрат корисних біологічно активних фітокомпонентів свіжої сировини [2, с. 13–14]. У зв'язку з цим актуальною є розробка та впровадження технологій нових видів начинок та наповнювачів, що дозволяють зберегти біологічний потенціал свіжої сировини за вмістом корисних біологічно активних фітокомпонентів. Розробкою таких технологій вже понад 20 років займаються автори в межах наукової школи кафедри харчових технологій продуктів з плодів, овочів і молока та інновацій в оздоровчому харчуванні ім. Р.Ю. Павлюк Державного біотехнологічного університету.

У межах наукової школи кафедри розроблено технології добавок із різних видів плодоовочевої, нетрадиційної лікарської та пряно – ароматичної рослинної сировини, грибів, продуктів бджільництва в формі порошків, паст, концентратів, екстрактів, які дозволяють не тільки зберегти, а також додатково використати закладений природою (прихований) біологічний потенціал свіжої сировини, що досягається використанням методів глибокої переробки (кріогенного «шокового» заморожування, низькотемпературного подрібнення, паротермічної обробки, гомогенізації, сублімаційного сушіння, дрібнодисперсного подрібнення). Розроблені технології дають можливість отримати добавки, якість яких (в перерахунку на 100 г сухих речовин) за вмістом біологічно активних фітокомпонентів перевищує якість свіжої сировини в 1,5…5 раз залежно від виду сировини та виду фітокомпоненту [10, с. 3–12].

Мета статті – розробка інноваційних видів кисломолочного сиру та сиркових виробів для оздоровчого харчування з використанням як інновації рослинних сумішей виготовлених на основі плодоовочевих добавок із традиційних видів сировини отриманих з використанням розроблених на базі наукової школи кафедри методів глибокої переробки.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні завдання:

– визначити якість отриманих методами глибокої переробки плодоовочевих добавок із традиційних видів сировини за вмістом біологічно активних фітокомпонентів (L-аскорбінової кислоти, β-каротину, ароматичних, барвних речовин, низькомолекулярних фенольних сполук, дубильних речовин), обґрунтувати доцільність їх використання як рецептурних компонентів під час розробки рослинних сумішей – збагачувачів для інноваційних видів кисломолочного сиру та сиркових виробів;

– на основі отриманих методами глибокої переробки плодоовочевих добавок розробити рецептури, визначити якість нових видів рослинних сумішей за вмістом біологічно активних фітокомпонентів, обґрунтувати доцільність їх застосування як збагачувачів під час отримання інноваційних видів кисломолочного сиру та сиркових виробів;

– із застосуванням нових видів рослинних сумішей виготовлених на основі плодоовочевих добавок із традиційних видів сировини розробити рецептури інноваційних видів кисломолочного сиру та сиркових виробів для оздоровчого харчування.

Матеріали та методи. Дослідження проведено в Державному біотехнологічному університеті на базі навчально-наукового центру «Інноваційних кріо- та нанотехнологій рослинних добавок та оздоровчих продуктів» кафедри харчових технологій продуктів з плодів, овочів і молока та інновацій в оздоровчому харчуванні ім. Р.Ю. Павлюк.

Як збагачуючі компоненти під час розробки рецептур рослинних сумішей для інноваційних видів кисломолочного сиру та сиркових виробів було використано плодоовочеві добавки із традиційних видів сировини (гарбуза, моркви, перцю солодкого, часнику, кореню петрушки, кореню селери) в формі дрібнодисперсних кріодобавок, а також плодоовочеві добавки з інших видів традиційної сировини (чорної смородини, буряка, яблук, лимонів) у формі дрібнодисперсних порошків. Плодоовочеві добавки одержано із використанням розроблених на базі наукової школи кафедри методів глибокої переробки, що включають комплексне застосування кріогенного «шокового» заморожування та низькотемпературного дрібнодисперсного подрібнення при отриманні кріодобавок, а також сублімаційного сушіння та дрібнодисперсного подрібнення під час отримання порошкоподібних добавок.

Модельні експерименти при отриманні заморожених кріодобавок проводили із застосуванням сучасного стендового обладнання: кріогенного програмного заморожувача з програмним забезпеченням (НАУ «ХАІ»), морозильної камери (NORD), кріогенного кульового атрітору (ФТІНТ НАНУ), низькотемпературного подрібнювача-активатора (Франція). При отриманні порошкоподібних плодоовочевих добавок використовували сублімаційне сушіння та дрібнодисперсне подрібнення із застосуванням «Robot Coupe» (Франція).

При виконанні роботи використовувались загальноприйняті та спеціальні фізико-хімічні, хімічні методи досліджень, а також методи математичної обробки експериментальних даних із застосуванням комп’ютерних технологій. Якість плодоовочевих добавок, якість отриманих із них рослинних сумішей, а також виготовлених з їх використанням інноваційних видів кисломолочного сиру та сиркових виробів визначали за стандартними органолептичними, фізико-хімічними показниками (вмістом сухих речовин, цукру, жиру тощо), а також за вмістом біологічно активних рослинних фітокомпонентів (L-аскорбінової кислоти, β-каротину, ароматичних, антоціанових барвних речовин, низькомолекулярних фенольних сполук (за хлорогеновою кислотою), дубильних речовин).

Виклад основного матеріалу дослідження. Вперше запропоновано, науково обґрунтовано та розроблено рецептури інноваційних видів кисломолочного сиру та сиркових виробів для оздоровчого харчування з використанням як інновації рослинних сумішей, рецептури яких складаються з отриманих методами глибокої переробки плодоовочевих добавок із традиційних видів рослинної сировини в формі дрібнодисперсних порошків та кріопаст, що відрізняються високим вмістом біологічно активних фітокомпонентів оздоровчої дії, включаючи натуральні барвні, ароматичні речовини, баластні вуглеводи, наявність яких дозволяє виключити необхідність застосування у складі отриманих продуктів традиційні харчові добавки – барвники, ароматизатори, структуроутворювачі, які можуть негативно впливати на стан здоров’я людей.

У завдання роботи входило визначення якості плодоовочевих добавок за вмістом біологічно активних фітокомпонентів (ароматичних речовин, β-каротину, L-аскорбінової кислоти, антоціанових барвних речовин, низькомолекулярних фенольних сполук, дубильних речовин) з метою обґрунтування доцільності їх використання як рецептурних компонентів під час розробки рослинних сумішей – збагачувачів для інноваційних видів кисломолочного сиру та сиркових виробів.

Показано, що дослідні зразки плодоовочевих добавок із традиційних видів сировини в формі кріопаст та дрібнодисперсних порошків є джерелом натуральних біологічно активних фітокомпонентів, які сприяють зміцненню захисних сил організму.

Серед дослідних зразків кріодобавок найбільшою масовою часткою ароматичних речовин відрізнялись добавки із перцю солодкого та часнику, масова частка яких в 100 г добавок відповідно становила 205,7 та 187,8 мл тіосульфату Na. Найбільшим вмістом дубильних речовин та фенольних сполук (за хлорогеновою кислотою) відрізнялись добавки з часнику та кореню селери, масова частка яких в 100 г добавок відповідно становила 310,2 та 358,7 мг (в добавці з часнику) та 285,3 і 315,6 мг (в добавці з кореню селери). Рекордну кількість L-аскорбінової кислоти містила добавка з перцю солодкого, β-каротину – добавки з моркви та гарбуза. Встановлено, що 100 г кріодобавок з гарбуза та моркви здатні задовольнити 2,5…6,2 добових потреб в β-каротині, а 100 г добавки з перцю солодкого – біля 10 добових потреб в L-аскорбіновій кислоті (табл. 1).

Таблиця 1

Вміст біологічно активних фітокомпонентів в отриманих методами глибокої переробки кріодобавках із плодоовочевої сировини

Найменування дрібнодис-персної плодоовочевої кріодобавки	Масова частка, мг в 100 г				Масова частка ароматичних речовин, мл тіосільфату Na
	L-аскорбінової	β-каротину	фенольних сполук (за хлорогеновою кислотою)	дубильних речовин (за таніном)	
Кріодобавка з гарбуза	14,0	18,7	105,3	36,3	–
Кріодобавка з моркви	18,9	20,1	96,4	45,2	–
Кріодобавка з перцю солодкого	687,3	10,3	202,8	48,9	205,7
Кріодобавка з часнику	16,0	–	358,7	310,2	187,8
Кріодобавка з кореню петрушки	38,6	–	298,7	230,6	180,3
Кріодобавка з кореню селери	14,9	–	315,6	285,3	120,4

Проведений аналіз показав, що серед дослідних зразків дрібнодисперсних порошкоподібних добавок найбільшою масовою часткою антоціанових барвних речовин відрізнялись добавки з чорної смородини та буряка, масова частка яких в 100 г добавок відповідно становила 3,6% та 3,2%. Вказані види добавок відрізнялись також найбільшим вмістом дубильних речовин та фенольних сполук (за хлорогеновою кислотою), масова частка яких в 100 г добавок відповідно становила 2,8% та 4,2% (в добавці з чорної смородини) та 3,2% і 1,9% (в добавці з буряка). Максимальну кількість L-аскорбінової кислоти містила добавка з чорної смородини (1,1%), значним, але в 5,1…6,0 раз меншим вмістом аскорбінової кислоти відрізнялись добавки з лимону та яблук, масова частка якої в 100 г добавок відповідно становила 207,6 мг та 178,3 мг. Серед дослідних зразків найбільшим вмістом пектинових речовин відрізнялась добавка з буряка (9,1%), в два рази меншим вмістом – добавки з лимону (4,7%) та яблук (4,6%) (табл. 2).

Установлено, що в 100 г порошкоподібних добавок з чорної смородини міститься 15 добових норм L-аскорбінової кислоти, а в 100 г добавок з лимону та яблук – відповідно 2,9 та 2,6 добових норм.

Виходячи з вмісту біологічно активних фітокомпонентів у дослідних зразках кріо- та порошкоподібних добавок був зроблений висновок про доцільність їх використання як рецептурних компонентів під час отримання рослинних сумішей – збагачувачів для інноваційних видів кисломолочного сиру та сиркових виробів.

Таблиця 2

Вміст біологічно активних фітокомпонентів в отриманих методами глибокої переробки порошкоподібних плодоовочевих добавках

Найменування плодоовочевої порошкоподібної дрібнодисперсної добавки	Масова частка, мг в 100 г				Вміст пектинових речовин, %
	антоціанових барвних речовин	L-аскорбінової кислоти	фенольних сполук (за хлорогеновою кислотою)	дубильних речовин (за таніном)	
Добавка з чорної смородини	3623,5	1064,1	4285,4	2776,3	3,3
Добавка з буряка	3215,8	75,3	1852,8	3200,1	9,1
Добавка з яблук	–	178,8	2527,0	1901,7	4,6
Добавка з лимону	–	207,6	3258,1	4015,0	4,7

Наступним завданням роботи була розробка рецептури та визначення якості рослинних сумішей на основі отриманих методами глибокої переробки плодоовочевих добавок із традиційних видів сировини за вмістом біологічно активних фітокомпонентів з метою обґрунтування доцільності їх застосування як збагачувачів під час отримання інноваційних видів кисломолочного сиру та сиркових виробів для оздоровчого харчування, які відрізняються від традиційних видів сиру наявністю в складі натуральних рослинних фітокомпонентів, що мають оздоровчі властивості, а також відсутністю синтетичних харчових добавок (ароматизаторів, барвників, стабілізаторів, збагачувачів вітамінами).

З урахуванням особливостей компонентного складу залученої сировини та в результаті проведення ряду експериментальних досліджень в лабораторних та виробничих умовах розроблено рецептури заморожених та порошкоподібних рослинних сумішей, які відрізняються між собою видами та співвідношенням відповідно кріо- та порошкоподібних добавок із плодоовочевої сировини.

Основу рецептур заморожених рослинних сумішей (40…60%) складають кріодобавки з моркви та гарбуза, що є джерелами β-каротину. Як джерела L-аскорбінової кислоти рецептури містять кріодобавки з перцю солодкого (5…10%), а також з коренів петрушки (10…15%). Як джерела ароматичних речовин, фенольних сполук та дубильних речовин в рецептурах сумішей використані кріодобавки з часнику (10…15%) та кореню петрушки (15…25%). Вивчено якість отриманих заморожених сумішей за органолептичними, фізико-хімічними показниками та вмістом біологічно активних рослинних фітокомпонентів оздоровчої дії. Показано, що 100 г нових видів рослинних сумішей містять 68,3…93,6 мг L-аскорбінової кислоти, 13,6…15,2 мг β-каротину, 253,1…287,3 мг низькомолекулярних фенольних сполук, 238,4…247,3 мг дубильних речовин, а також 72,5…77,2 мл $Na_2S_2O_3$ натуральних ароматичних речовин (табл. 3).

Таблиця 3

Вміст біологічно активних фітокомпонентів оздоровчої дії в заморожених рослинних сумішах на основі плодоовочевих добавок

Найменування показника	Заморожена рослинна суміш	
	Рецептура А	Рецептура Б
Ароматичні речовини, мл $Na_2S_2O_3$	72,5±0,1	77,2±0,1
L-аскорбінова кислота, мг в 100 г	68,3±1,0	93,6±1,5
β-каротин, мг в 100 г	13,6±0,1	15,2±0,1
Фенольні сполуки (за хлороген. к-тою), мг в 100 г	253,1±3,5	287,3±3,5
Дубильні речовини (за таніном), мг в 100 г	238,4±2,5	247,3±2,5

Показано, що отримані заморожені рослинні суміші є джерелом ароматичних речовин, фенольних сполук, дубильних речовин, а за вмістом β-каротину та L-аскорбінової кислоти 100 г суміші містять відповідно 1,7…4,5 та 1,0…1,3 добової потреби в цих речовинах.

Розроблено рецептури та досліджено якість (табл. 4) нових видів порошкоподібних рослинних сумішей на основі плодоовочевих добавок у формі порошків, які на 33,0…53% складаються з порошку з чорної смородини, 27,0…33,0% – з порошку з лимонів, 13,0…14,0% – порошку з яблук та на 7,0…20,0% – порошку з буряка.

Таблиця 4

Вміст біологічно активних фітокомпонентів оздоровчої дії в порошкоподібних рослинних сумішах на основі плодоовочевих добавок

Найменування показника	Порошкоподібна	
	Рецептура В	Рецептура Г
Антоціанові барвні речовини, мг в 100 г	2132,6±0,5	1828,1±0,5
L-аскорбінова кислота, мг в 100 г	640,3±1,0	454,1±1,5
Фенольні сполуки (за хлороген. к-тою), мг в 100 г	3598,6±3,5	3207,8±3,5
Дубильні речовини (за таніном), мг в 100 г	3021,9±2,5	3151,3±2,5
Пектин розчинний, %	7,8±0,1	7,7±0,1
Сухі речовини, %	95,0±2,0	95,0±2,0

Показано, що в 100 г сумішей вміст антоціанових барвних речовин становить 1,8…2,1 %, L-аскорбінової кислоти – 454,1…640,3 мг, фенольних сполук – 3,2…3,6%, дубильних речовин – 3,0…3,2 %, пектину – 7,7…7,8 %. Встановлено, що в 100 г нових видів рослинних сумішей міститься 4,5…6,5 добових потреб в L-аскорбіновій кислоті та значна кількість фенольних сполук.

Отримані на основі плодоовочевих добавок заморожені та порошкоподібні рослинні суміші відрізняються високим вмістом біологічно активних фітокомпонентів, що мають антиоксидантні, імуномодулюючі, оздоровчі властивості, не містять в своєму складі синтетичних харчових домішок, були використані під час розробки інноваційних видів кисломолочного сиру та сиркових виробів для оздоровчого харчування.

Розроблено рецептури сиркових виробів: солоних 9% жирністю із застосуванням як рецептурного компоненту заморожених рослинних сумішей в кількості 10%; солодких знежирених із застосуванням як рецептурного компоненту порошкоподібних рослинних сумішей в кількості 1,5%. Як основу використано кисломолочний знежирений сир, для регулювання жирності – масло вершкове 72,5%, для регулювання вмісту сухих речовин – сироватка суха 96%. Технологія інноваційних видів сиркових виробів з використанням заморожених та порошкоподібних рослинних сумішей на основі плодоовочевих добавок в формі кріопюре та порошків передбачає класичний набір процесів, зокрема: підготовку і приймання сировини, підготовку замісу згідно рецептури (в тому числі, внесення розроблених збагачуючих добавок), перемішування, обробку суміші (з можливістю термізації), фасування, маркування, доохолодження, зберігання.

Розроблено також рецептури інноваційних видів кисломолочного сиру. За основу було взято рецептури і технологію кисломолочного сиру 8% з джемом полуниці та вишні. Вказані види кисломолочного сиру мають форму розфасованого в туби подвійного циліндру, зовнішній шар якого складається з кисломолочного сиру 8%, а внутрішній заповнений джемом полуниці або вишні. Для надання продуктам оздоровчого спрямування під час підготовки джему до внесення в готовий сформований циліндр була введена додаткова операція змішування джему з порошкоподібними рослинними сумішами у співвідношенні 10 : 1 (для джему з полуниці) та 20 : 1 (для джему з вишні). Перед операцією змішування порошкоподібні рослинні суміші пастеризували гарячою парою з метою попередження мікробіологічного псування продукту.

Досліджено якість інноваційних видів кисломолочного сиру та сиркових виробів отриманих із застосуванням нових видів заморожених та порошкоподібних рослинних сумішей на основі плодоовочевих добавок із традиційних видів сировини. Встановлено, що отримані інноваційні види кисломолочного сиру та сиркових виробів відрізняються від традиційних наявністю в їх складі натуральних біологічно активних фітокомпонентів оздоровчої дії. Так, 100 г нових видів сиркових виробів з використанням заморожених рослинних сумішей здатні задовольнити біля 1/3 добової потреби дорослої людини в β-каротині, а виробів з використанням порошкоподібних рослинних сумішей – 1/10 добової потреби в L-аскорбіновій кислоті. Крім того, інноваційні види кисломолочних продуктів містять в своєму складі цілющі натуральні біологічно активні фітокомпоненти оздоровчої дії: низькомолекулярні фенольні сполуки, дубильні речовини, ароматичні речовини.

Отримані комбіновані молочно – рослинні продукти – інноваційні види сиркових виробів за вмістом рослинних фітокомпонентів, згідно з рекомендаціями ФАО/ВООЗ та Міністерства охорони здоров’я України, можна віднести до продуктів оздоровчого харчування. Нові продукти не мають аналогів та призначені для підвищення імунітету населення. Проведено апробацію нових продуктів в виробничих умовах ТОВ «Богодухівський молзавод» з метою подальшого впровадження в серійне виробництво.

Висновки. Показано, що отримані методами глибокої переробки плодоовочеві добавки із традиційних видів сировини (гарбуза, моркви, перцю солодкого, часнику, кореню петрушки, кореню селери) в формі кріопаст, а також плодоовочеві добавки із інших видів традиційної сировини (чорної смородини, буряка, яблук, лимонів) в формі дрібнодисперсних порошків є джерелом натуральних біологічно активних фітокомпонентів, які сприяють зміцненню захисних сил організму. Встановлено, що 100 г кріодобавок з гарбуза та моркви здатні задовольнити 2,5…6,2 добових потреб в β-каротині, а 100 г добавки з перцю солодкого – біля 10 добових потреб в L-аскорбіновій кислоті. Показано, що в 100 г порошкоподібних добавок з чорної смородини міститься 15 добових норм L-аскорбінової кислоти, а в 100 г добавок з лимону та яблук – відповідно 2,9 та 2,6 добових норм. Нові види плодоовочевих кріо- та порошкоподібних добавок були використані як рецептурні компоненти під час отримання заморожених та порошкоподібних рослинних сумішей – збагачувачів для інноваційних видів кисломолочного сиру та сиркових виробів.

За результатами проведених експериментальних досліджень в лабораторних та виробничих умовах розроблено рецептури заморожених та порошкоподібних рослинних сумішей, які відрізняються між собою видами та співвідношенням відповідно кріо- та порошкоподібних добавок із плодоовочевої сировини. Отримані рослинні суміші відрізняються високим вмістом біологічно активних фітокомпонентів, що мають антиоксидантні, імуномодулюючі, оздоровчі властивості, не містять в своєму складі синтетичних харчових домішок. Отримані суміші були використані під час розробки інноваційних видів кисломолочного сиру та сиркових виробів для оздоровчого харчування.

Запропоновано, науково обґрунтовано та розроблено рецептури інноваційних видів кисломолочного сиру та сиркових виробів для оздоровчого харчування з використанням як інновації рослинних сумішей, рецептури яких складаються з отриманих методами глибокої переробки плодоовочевих добавок із традиційних видів рослинної сировини в формі дрібнодисперсних порошків та кріопаст, що відрізняються високим вмістом біологічно активних фітокомпонентів оздоровчої дії, включаючи натуральні барвні, ароматичні речовини, баластні вуглеводи, наявність яких дозволить виключити необхідність застосування у складі отриманих продуктів традиційні харчові добавки

– барвники, ароматизатори, структуроутворювачі, які можуть негативно впливати на стан здоров’я людей.

Перспективами подальших досліджень в даному напрямку є пошук технологічних прийомів збереження біологічного потенціалу свіжої плодоовочевої сировини та розширення асортименту натуральних начинок та наповнювачів з високим вмістом біологічно активних фітокомпонентів для отримання кисломолочного сиру та сиркових виробів для оздоровчого харчування.

Список джерел інформації / References

1. Dietary protein quality evalution in human nutrition. Report of an FAO Expert Consultation // Food and agriculture organization of the united nations Rome, 2013. http://www.fao.org/ag/humannutrition/35978-02317b979a686a57aa4593304ffc17f06.pdf

2. Pavlyuk R., Pogarskaya V., Balabai K., Pogarskyi A., Stukonozhenko T. Development of nanotechnologies of curd desserts, fruit and vegetable additives for their preparation as brewing agents, structures and colorants // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2019. Vol. 3/11 (99). P. 13-22. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.169646

3. Pavlyuk R., Pogarskaya V., Balabai K., Kravchuk T., Pogarskiy A. Development of sour-milk healthy beverages with the use of natural herbal nanoadditives // Food Science and Technology. 2019. Vol. 13, Issue 4. P. 127-137. https://doi.org/10.15673/fst.v13i4.1566

4. Собін О.В., Корецька І. Л. Начинки. Технологічні вимоги та особливості використання // Хлібний та кондитерський бізнес. 2017. № 2. С. 21-23.

Sobin O.V., Koretska I. L. Nachynky. Tekhnolohichni vymohy ta osoblyvosti vykorystannia // Khlibnyi ta kondyterskyi biznes. 2017. № 2. S. 21-23.

5. Polovyk V., Koretska I., Kuzmin O., Zinchenko T. Modeling of innovative technology of fruit and berry desserts // Ресторанний і готельний консалтинг. Інновації. 2020. Т. 3. № 2. С. 221–236 https://doi.org/10.31866/2616-7468.3.2.2020.219706.

Polovyk V., Koretska I., Kuzmin O., Zinchenko T. Modeling of innovative technology of fruit and berry desserts // Restorannyi i hotelnyi konsaltynh. Innovatsii. 2020. T. 3. № 2. S. 221–236 https://doi.org/10.31866/2616-7468.3.2.2020.219706.

6. Назаренко Ю.В., Пуригін І.О., Болгова Н.В., Синенко Т.П. Розробка рецептурних композицій сирних паст з підвищеною біологічною цінністю // Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки. 2023. №1, С. 65-74. https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2023.1.7.

Nazarenko Yu.V., Puryhin I.O., Bolhova N.V., Synenko T.P. Rozrobka retsepturnykh kompozytsii syrnykh past z pidvyshchenoiu biolohichnoiu tsinnistiu // Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriia: Tekhnichni nauky. 2023. №1, S. 65-74. https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2023.1.7.

7. Новгородська Н., Берник І. (2022). Розробка технології сиркових паст з харчовими волокнами // Продовольчі ресурси 2022. № 10(18). С. 100–108. https://doi.org/10.31073/foodresources2022-18-10.

Novhorodska N., Bernyk I. (2022). Rozrobka tekhnolohii syrkovykh past z kharchovymy voloknamy // Prodovolchi resursy 2022. № 10(18). S. 100–108. https://doi.org/10.31073/foodresources2022-18-10.

8. Куракін О., Бишовець Л. Використання сублімованих порошків дикорослих ягід у технології крему сирного // Інновації та технології в сфері послуг і харчування. 2020. № 1. С. 82-89. https://doi.org/10.24025/2708-4949.1.2020.204221

Kurakin O., Byshovets L. Vykorystannia sublimovanykh poroshkiv dykoroslykh yahid u tekhnolohii kremu syrnoho // Innovatsii ta tekhnolohii v sferi posluh i kharchuvannia. 2020. № 1. S. 82-89. https://doi.org/10.24025/2708-4949.1.2020.204221.

9. Петришин Н., Бліщ Р. Удосконалення технології десертних страв з використанням яблучного порошку // Вісник ЛТЕУ. Технічні науки. 2018. № 21. С. 92–95. https://doi.org/10.36477/2522-1221-2018-21-14.

Petryshyn N., Blishch R. Udoskonalennia tekhnolohii desertnykh strav z vykorystanniam yabluchnoho poroshku // Visnyk LTEU. Tekhnichni nauky. 2018. № 21. S. 92–95. https://doi.org/10.36477/2522-1221-2018-21-14.

10. Павлюк Р.Ю., Погарська В.В., Павлюк В.А., Радченко Л.О. Новий напрямок глибокої переробки харчової сировини: монографія. Харків, 2017. 380 с.

Pavliuk R.Iu., Poharska V.V., Pavliuk V.A., Radchenko L.O. Novyi napriamok hlybokoi pererobky kharchovoi syrovyny: monohrafiia. Kharkiv, 2017. 380 s.

Погарська Вікторія Вадимівна, д-р техн. наук., проф., зав. кафедри харчових технологій продуктів з плодів, овочів і молока та інновацій в оздоровчому харчуванні ім. Р.Ю. Павлюк, Державний біотехнологічний університет, viktoria.pogarskaya@ukr.net.

Pogarskaya Viktoriya, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head Department of Food Technologies of Products from Fruits, Vegetables and Milk and Innovations in Health Nutrition Named after R.Yu. Pavlyuk, State Biotechnological University, viktoria.pogarskaya@ukr.net.

Юр'єва Ольга Олексіївна, канд. техн. наук, доц., кафедра харчових технологій продуктів з плодів, овочів і молока та інновацій в оздоровчому харчуванні ім. Р.Ю. Павлюк, Державний біотехнологічний університет, olyaureva@ukr.net.

Yurieva Olga, PhD, Associate Professor, Department of Food Technologies of Products from Fruits, Vegetables and Milk and Innovations in Health Nutrition Named after R.Yu. Pavlyuk, State Biotechnological University, olyaureva@ukr.net.

Погарський Олексій Сергійович, канд. техн. наук, доц., кафедра харчових технологій продуктів з плодів, овочів і молока та інновацій в оздоровчому харчуванні ім. Р.Ю. Павлюк, Державний біотехнологічний університет, valve310@gmail.com.

Pogarskiy Aleksey, PhD, Associate Professor, Department of Food Technologies of Products from Fruits, Vegetables and Milk and Innovations in Health Nutrition Named after R.Yu. Pavlyuk, State Biotechnological University, valve310@gmail.com.

Селютіна Галина Анатоліївна, канд. техн. наук, доц., кафедра харчових технологій продуктів з плодів, овочів і молока та інновацій в оздоровчому харчуванні ім. Р.Ю. Павлюк, Державний біотехнологічний університет, vmseliutin@gmail.com.

Seliutina Halyna, PhD, Associate Professor, Department of Food Technologies of Products from Fruits, Vegetables and Milk and Innovations in Health Nutrition Named after R.Yu. Pavlyuk, State Biotechnological University, vmseliutin@gmail.com.

Лосєва Світлана Михайлівна, зав. лаб., кафедра харчових технологій продуктів з плодів, овочів і молока та інновацій в оздоровчому харчуванні ім. Р.Ю. Павлюк, Державний біотехнологічний університет, sveta33loseva@gmail.com.

Loseva Svitlana, Head of laboratory, Department of Food Technologies of Products from Fruits, Vegetables and Milk and Innovations in Health Nutrition Named after R.Yu. Pavlyuk, State Biotechnological University, sveta33loseva@gmail.com.

УДК 637.518

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ, ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ АНАЛОГІВ М’ЯСНИХ ПРОДУКТІВ

В.А. Стасенко, Н.Г. Гринченко, М.О. Янчева, В.О. Крилов

У статі надано результати аналітичних досліджень щодо сучасного стану та особливостей технологій виробництва аналогів м’ясопродуктів. Визначено, що рослинне та культивоване м’ясо мають потенціал, але й певні недоліки та перспективи для розвитку технологій. Визначено проблемні елементи для подальших досліджень.

Ключові слова: *аналог, м’ясопродукти, технології, рослинні білки.*

MODERN TECHNOLOGIES, CHALLENGES AND PROSPECTS FOR CREATING ANALOGUES OF MEAT PRODUCTS

V. Stasenko, N. Grynchenko, M. Yancheva, V. Krylov

The article presents the results of analytical research on the current state and features of technologies for the production of meat analogs.

The relevance and advantages of such products, including environmental sustainability, ethics, potential safety, variability of ingredients and flavor profiles, are noted. It is determined that vegetable and cultured meat have potential, but also certain disadvantages and prospects for technology development.

The key ingredients of meat product analogs and their functions in the technological system are characterized. It is determined that the key technological challenges in the production of meat analogues are the reproduction of the structure of native meat, its color, taste, aroma, and nutritional properties.

The problematic elements for further research are identified, in particular, the existing gap between analogs and real meat in terms of texture, color, taste, aroma, and nutritional properties. It is noted that mixing and blending of various plant materials to obtain functional properties is currently an actual practice. In this case, the emphasis should be on functionality for use in meat analogs, rather than on classical functionality such as purity and solubility. Another direction is to explore new protein sources and structuring technologies. Studying the interaction of components is also crucial for the development of meat analog technologies.

In terms of texture, an important area of research is the transformation of plant globular proteins into fibrillar structures, the use of dietary carbohydrates to increase the viscosity and pseudoplasticity of meat analogues, and the use of a fatty component of plant origin (solid, liquid oils or their blends) to form the structure.

It is also important to take into account the amino acid profiles of different protein sources and incorporate a variety of protein sources, implement appropriate approaches to increase the nutritional value of meat analogues and reduce losses during production, take into account the problem of imitating meat flavor and aroma, which is to reproduce the complex flavor profile of meat, and achieve the appropriate meat color.

Keywords*: analog, meat products, technology, vegetable proteins*.

Постановка проблеми у загальному вигляді. В умовах сучасних змін, що охоплюють глобальні продовольчі виклики, зростання населення, кліматичні загрози та зростання вимог до екологічної відповідальності харчових виробництв, особливої актуальності набуває необхідність пошуку та впровадження нових джерел білка. Одним із перспективних напрямів у цьому контексті є створення харчових продуктів, здатних функціонально й сенсорно заміщувати традиційні м’ясні вироби.

Зростання чисельності населення, зміни клімату та етичні питання, пов'язані з тваринництвом, стимулюють інтерес до альтернатив м'ясу. Згідно з прогнозами, глобальний попит на м'ясо до 2050 року зросте на понад 70% [1–4]. Індустріальне тваринництво супроводжується високими викидами парникових газів, значним використанням води та кормів, що створює загрозу для довкілля [5]. Тому розробка альтернативних джерел білка є критично важливою.

Рослинні та культивовані (*in vitro*) м'ясні аналоги розглядаються як потенційно стійкі рішення цієї проблеми. На цьому підґрунті розвиваються два основні напрями: рослинне «м'ясо» (plant-based meat) і культивоване м'ясо (cultured meat), кожне з яких має свої технологічні й соціальні особливості. Альтернативи м'ясу пропонують нову модель: виробляти білкові продукти не через тварину, а через біохімічне та фізико-хімічне моделювання м'ясної структури. Перевагами такого рішення є екологічна сталість, етичність, потенційна безпечність (менше патогенів, антибіотиків), варіативність інгредієнтів і смакових профілів.

У контексті стрімкого розвитку біотехнологій, зокрема у сфері ферментативного формування текстур, трансформації білкових компонентів та застосування гідроколоїдних структуроутворювачів, виникає об'єктивна потреба у комплексному переосмисленні сучасних досягнень і наявних обмежень, що супроводжують створення альтернатив традиційним м'ясним продуктам. Однією з ключових перешкод для подальшого поступу цієї галузі є відсутність уніфікованої класифікації продуктів даного типу, фрагментарність нормативно-правового регулювання в різних країнах, а також нестабільність органолептичних характеристик при переході до промислового виробництва. У зв'язку з цим важливим завданням сучасної наукової спільноти є систематизація наявних технологічних підходів, ідентифікація ключових бар'єрів, що стримують розвиток індустрії альтернативного білка, і формування бачення перспектив розробки високоякісних м'ясних аналогів, які можуть бути інтегровані в глобальні продовольчі ланцюги без втрати сенсорної та харчової цінності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Упродовж останніх десяти років спостерігається помітне зростання інтересу наукової спільноти до тематики альтернатив м'ясним продуктам, зокрема на основі рослинної та біотехнологічної сировини. Провідні публікації у фахових виданнях засвідчують посилення дослідницького фокусу не лише на харчовій і функціональній цінності таких продуктів, а й на специфіці споживчого сприйняття, моделюванні смакових властивостей, текстури та відповідності структурним параметрам традиційного м’яса.

Розробка багатих на білок рослинних продуктів, які можуть замінити м’ясо в харчовому сенсі, вже традиційно досліджується у виробництві тофу, темпе, сейтану тощо. Останні дослідження та розробки аналогів м'яса зосереджені на виробництві екологічно чистих продуктів, які відтворюють традиційне м'ясо не лише з точки зору поживних властивостей, але й за всіма фізичними відчуттями, включаючи текстуру, зовнішній вигляд, запах та смак [6–9].

Рослинне м’ясо набуло популярності завдяки компаніям Beyond Meat [10] і Impossible Foods [11], які використовують технології текстурування білка через екструзію, використання гем-протеїнів з дріжджів для імітації крові (Impossible Foods), зв’язування структури завдяки метилцелюлозі або глютену.

Новітні підходи включають пошук та використання нових білкових джерел [12–15]: гриби (Quorn – *Fusarium venenatum*), водорості, мікроводорості (спіруліна, хлорела), бактерії та ферментативні білки (precision fermentation).

Розширюються методи текстурування (екструзія, shear cell, біодрук) та функціоналізації інгредієнтів (емульгування, зв’язування води, гелеутворення). Дослідження також фокусуються на споживчих перевагах: гнучкі м’ясоїди («флекситаріанці») є основною цільовою аудиторією для рослинних бургерів і ковбасок [6].

Технологія культивованого м’яса є більш складною та створюється шляхом вирощування м’язових клітин (міобластів) у лабораторних умовах на спеціальних матрицях або в біореакторах із використанням клітинних ліній з м’язових стовбурових клітин [16, 17]. Компанії на кшталт Mosa Meat [18] та Eat Just [19] вже представили готові зразки продуктів, але виробництво залишається дорогим і не масштабованим.

Обидва підходи – рослинне м’ясо та культивоване – мають потенціал для зниження викидів парникових газів, зменшення використання земельних і водних ресурсів та етичні переваги. Проте рослинне м’ясо вже присутнє на ринку та, маючи широку підтримку споживачів, потребує поліпшення смакових характеристик, функціональності інгредієнтів, має обмеження в смаку та текстурі, високу ступінь обробки, нестачу харчових компонентів, які притаманні традиційному м’ясу. Водночас культивоване м’ясо має високий потенціал, імітує м’ясо практично на 100%, але перебуває на етапі технологічного прориву та потребує значних інвестицій, технологічної оптимізації, вирішення нормативних та етичних питань [20].

На сьогоднішній день основними категоріями м'ясних аналогів є:

а) продукти емульсійного типу (Emulsion-type продукти), як-то рослинні сосиски та ковбаси, імітують структуру класичних м'ясних емульсій (Mortadella, Frankfurter тощо) [21]. Типовими інгредієнтами в них є соєвий білок, пшеничний глютен, крохмалі, метилцелюлоза, соняшникова та кокосова олія. Для утримання жиру використовують білки з високою емульсійною здатністю або олеосоми [22];

б) фаршеві продукти (бургери, котлети тощо), основу для яких складає TVP (Textured Vegetable Protein), що виробляється методом екструзії за низької вологості [23, 24] та надає продукту м'ясоподібну текстуру та утримує соковитість [25];

в) м'язоподібні вироби – найскладніша категорія – вимагає створення волокнистої структури за допомогою екструзії за високої вологості або технології shear-cell [26, 27]. Досягнення структури справжнього м'яса вимагає суворого контролю водоутримуючих і гелеутворюючих властивостей білків [28].

Ці дослідження заклали підґрунтя для подальшого наукового аналізу сучасних викликів і пошуку технологічних рішень, що дозволять удосконалити розробку аналогів м'ясної продукції з урахуванням сенсорних, функціональних і нормативних параметрів.

Мета статті. Мета дослідження полягає у всебічному аналізі сучасного стану розвитку технологій виробництва рослинних та альтернативних аналогів м'ясних продуктів, з акцентом на виявлення ключових технологічних особливостей, проблемних елементів та складнощів реалізації інноваційних підходів, а також систематизацію існуючих наукових і практичних рішень щодо вдосконалення рецептурного складу, структуроутворення, органолептичних параметрів та поживної цінності.

Відповідно до мети дослідження сформульовано наступні завдання:

– проаналізувати наукові джерела та публікації щодо сучасних тенденцій у виробництві рослинних та біотехнологічних аналогів м'ясних продуктів;

– охарактеризувати різновиди аналогів м'яса, їх функціональну, поживну та органолептичну цінність з урахуванням типів білкової сировини (соєва, горохова, пшенична, мікробна тощо);

– дослідити технологічні процеси, що використовуються у виробництві аналогів м'ясопродуктів, зокрема: екструзію, ферментацію, структуроутворення за допомогою гідроколоїдів, використання дріжджових екстрактів, ферментів та ароматичних компонентів;

– визначити технологічні та рецептурні проблеми, що виникають при масштабуванні виробництва аналогів м'яса, включаючи труднощі в імітації текстури, кольору, смаку, збереженні стабільності під час термообробки;

– оцінити потенціал інноваційних підходів (3D-друк, клітинне м'ясо, білки з комах або водоростей) у подальшому розвитку сегменту альтернативних м'ясопродуктів;

– визначити перспективи розвитку технологій та формулювати рекомендації щодо покращення якості, безпечності та органолептичних властивостей м'ясних аналогів з урахуванням споживчих очікувань і запитів ринку.

Матеріали та методи. Матеріали, використані у цьому дослідженні, охоплюють широкий спектр джерел як теоретичного, так і прикладного характеру. Основу аналітичної бази становили рецензовані наукові статті з вітчизняних та міжнародних фахових видань, у яких розглядаються питання розробки, структурно-функціонального проєктування та органолептичної оцінки альтернативних м'ясних продуктів рослинного походження. Додатково було залучено матеріали монографічного характеру, тези наукових конференцій, методичні публікації, а також оглядові звіти провідних інституцій, що спеціалізуються на дослідженнях у сфері харчових технологій та нутриціології.

Особливу увагу приділено вивченню нормативно-правової документації, яка регулює вимоги до складу, безпечності, маркування та класифікації білковмісних продуктів відповідно до міжнародних та національних стандартів (зокрема Codex Alimentarius, ISO 23662:2021, Регламент ЄС № 1169/2011, а також чинне українське законодавство у сфері харчової безпеки).

Також було опрацьовано галузеву аналітику, що надається профільними дослідницькими агентствами (такими як Mintel, Innova Market Insights, GFI, FRI), з метою аналізу динаміки ринку, трендів споживання та інновацій у продуктовому портфелі провідних виробників. Зібрано й проаналізовано зразки рецептур, що застосовуються у виробництві рослинних м'ясних аналогів (у тому числі брендів Beyond Meat, Impossible Foods, Garden Gourmet, Eat Me At, Green Go), з акцентом на використанні білкових ізолятів, текстуратів, ароматизаторів природного походження та гідроколоїдів.

Окрему групу джерел становили внутрішньогалузеві технічні матеріали, а також патентна документація, доступна через бази WIPO, Espacenet і Google Patents, що дала змогу простежити еволюцію технологічних рішень у сфері білкового текстурування, та формування ароматичнх профілів.

Під час виконання дослідження було використано сукупність загальнонаукових і спеціалізованих методологічних підходів, які забезпечили глибоке вивчення поточного стану, напрямів еволюції та потенціалу розвитку технологій зі створення альтернатив м'ясним продуктам.

Ключовим аналітичним інструментом виступив метод системного опрацювання літературних джерел, що дозволив узагальнити напрацювання науковців, проаналізувати відмінності між існуючими технологічними концепціями та критично осмислити основні напрями моделювання текстури, складу та органолептичних характеристик альтернативних м'ясних продуктів.

У межах пошукового аналізу було зібрано й опрацьовано актуальні джерела наукового, нормативного та аналітичного характеру – зокрема, сучасні публікації у фахових виданнях, регламентуючі документи міжнародного рівня, маркетингові звіти та приклади індустріальних практик.

Застосування логіко-теоретичного підходу дало змогу структурувати понятійний апарат, класифікувати типові підходи до рецептурного та функціонального проєктування продуктів, а також проаналізувати кореляції між технологічними параметрами, використаними білковими матрицями та очікуваними органолептичними результатами.

Обрана методологічна база дозволила сформувати міждисциплінарне бачення проблематики, узагальнити наявні наукові доробки та виявити основні вектори, які потребують подальших досліджень і практичної апробації.

Виклад основного матеріалу дослідження. Як правило, в аналогах м'ясопродуктів окрім рослинних білків, як основної сировини, використовують вода, жир, полісахариди, ароматизатори, барвники тощо (табл. 1).

Таблиця 1

Ключові інгредієнти та їх функціональність

Категорія	Приклади	Функції
Білкові речовини	Соя, горох, пшениця, нут тощо	Структура, емульгування, гелеутворення, забезпечення в'язкість

Категорія	Приклади	Функції
Жирові компоненти	тверді (кокосова, пальмова олія) рідкі (соняшникова, ріпакова) імітація тваринного жиру (емульговані структури та олеосоми)	Забезпечення соковитості
Загущувачі, модифікатори текстури	Метилцелюлоза, карагінан, модифіковані крохмалі, глютен	Досягнення структурної стабільності, еластичності, забезпечення вологоутримання
Ароматизатори, смакові модифікатори	Дріжджові екстракти, димові екстракти, нуклеотиди, технологічні ароматизатори	Формування смаку умамі, кокумі, м'ясного аромату
Барвники	Екстракти буряку, паприки, ферментовані барвники	Формування відповідного кольору

Хоча вибір рослинних білкових інгредієнтів є відправною точкою для розробки аналогів, фактичний вибір часто продиктований доступністю білка, врожайністю культур і потенціалом вилучення білка.

Соя, горох, пшениця, глютен – поки що основні інгредієнти, які зустрічаються в комерційних м'ясних аналогах. Ці інгредієнти об'єднує те, що вони широко доступні є побічними продуктами вже налагоджених ліній з виробництва продуктів харчування/інгредієнтів, що супроводжується. Нові культури можуть бути використані для розробки процесів фракціонування, спрямованих на виробництво м'ясних аналогів, для яких включення небілкових компонентів може бути прийнятним, що призведе до скорочення потоку побічних продуктів. Це означає, що з'являється більше можливостей для покращення функціональності та використання ресурсів. Крім того, спостерігається також тенденція до іншого використання класичних джерел білка – менше уваги приділяється чистоті, а більше – функціональності.

Ключовими технологічними викликами в технологіях виробництва аналогів м'ясопродуктів є відтворення структури нативного м'яса, його кольору, смаку, аромату, поживних властивостей.

З точки зору текстури, важливим напрямком досліджень є трансформація рослинних глобулярних білків у фібрилярні структури. Для цього можливе використання комбінації рослинних білків разом з жирами, нерозчинними волокнами та іншими інгредієнтами.

Важливим процесом для перетворення рослинних білків у волокнисті структури для подальшої переробки в альтернативні м'ясні продукти є технологія екструзії. Існують наступні технологій структурування білків:

– екструзія за низької вологості (Low-moisture extrusion): створює TVP (textured vegetable protein), що імітує фарш;

– екструзія за високої вологості (High-moisture extrusion): дає волокнисту структуру, наближену до філе;

– Shear-cell технологія: шарування білків для створення «м’язових» волокон.

У процесах високовологісної екструзії альтернативної білкової сировини перспективним напрямом є використання ферментативного зшивання білків, зокрема за допомогою трансглутамінази, яка каталізує утворення ковалентних зв’язків між білковими молекулами. Цей підхід дозволяє покращити структурно-механічні характеристики екструдованих систем, сприяючи формуванню більш щільної, еластичної та волокнистої текстури, що наближає органолептичні властивості рослинних продуктів до характеристик традиційного м’яса. Результати попередніх досліджень [29] свідчать про позитивний вплив додавання трансглутамінази до рецептурного складу на стабільність та однорідність структури екструдату, а також на його текстурну щільність і жувальні властивості, що має суттєве значення для підвищення споживчої привабливості м’ясних аналогів.

Одним із інноваційних напрямів у створенні альтернатив м’ясної продукції є застосування технології тривимірного (3D) друку, яка дозволяє відтворювати морфологічну структуру м’язової тканини шляхом контрольованого пошарового формування волокон із білковмісної пастоподібної маси. Такий підхід забезпечує високий рівень варіативності текстурних параметрів та дає змогу моделювати як фізичну форму, так і структурну ієрархію продукту. При цьому 3D-друк дозволяє точно дозувати компоненти, створювати зональну диференціацію щільності або кольору матеріалу, імітуючи, наприклад, м’ясні та жирові фракції у готовому виробі [30].

Використання цієї технології має значний потенціал для розширення асортименту персоналізованих харчових продуктів, оскільки дозволяє враховувати як технологічні, так і нутриціологічні аспекти, включаючи вміст білка, жиру, мікроелементів і функціональних добавок. Зважаючи на високий ступінь контролю над архітектонікою структури, технологія 3D-друку поступово інтегрується у галузі альтернативних білків як платформа для біоінженерного формування м’ясоподібних виробів нового покоління [31, 32].

Для підвищення в'язкості та псевдопластичності аналогів м’яса використовуються харчові вуглеводи. Додавання метилцелюлози, волокон з цитрусових сприяє утворенню однорідного гелю та зв'язувати воду під час приготування, що призводить до покращення текстурного сприйняття.

Одним з напрямів формування структури м’ясних аналогів є використання жирової складової рослинного походження. Для цього перспективним є використання структурованих емульсій, олеогелів, що призводить до зміни показників твердості та модифікації притаманних рослинній рідкій олії ароматів.

У процесі розробки рецептур альтернативної м’ясної продукції особливу увагу слід приділяти балансуванню амінокислотного складу, що є ключовим фактором нутриціологічної повноцінності кінцевого продукту. Оскільки окремі джерела рослинного білка – зокрема бобові чи злакові культури – мають обмежувальні амінокислоти (наприклад, дефіцит лізину в пшениці або метіоніну в сої), доцільним є поєднання різних типів білкової сировини з комплементарним амінокислотним профілем. Такий підхід дозволяє досягти оптимального співвідношення незамінних амінокислот, необхідних для задоволення фізіологічних потреб організму людини відповідно до рекомендацій FAO/WHO.

Наприклад, комбінація соєвого білка з пшеничним забезпечує взаємне доповнення амінокислотного складу, що покращує загальний індекс біологічної цінності. Урахування цих аспектів на етапі рецептурного проєктування дозволяє створювати альтернативи м’ясним продуктам, які не лише відтворюють текстурні та сенсорні характеристики тваринного м’яса, а й є повноцінними джерелами білка для різних груп споживачів, зокрема для веганів, вегетаріанців, спортсменів та людей з підвищеними харчовими потребами [33, 34].

Враховуючи поживні відмінності між рослинним і тваринним білком, необхідно впроваджувати відповідні підходи для підвищення поживної цінності аналогів м'яса та зменшення втрат під час виробництва [35–37], а саме:

– підвищення вмісту вітамінів та мінералів для оптимізації інгредієнтів та підвищення поживної цінності;

– збільшення швидкості відновлення поживних сполук у процесі переробки (використання фільтрації або центрифугування);

– збереження поживних властивостей (наприклад, за рахунок використання обробки під високим тиском, нагрівання в мікрохвильовій печі);

– інгібування або зменшення антипоживних факторів, які можна вирішити шляхом замочування, варіння або ферментації.

Важливо враховувати, що перетравлюваність дещо нижча у рослинних білків, проте ферментація та термічна обробка покращують ці властивості.

Важливою є проблема імітації м'ясного смаку та аромату, яка полягає у відтворенні складного смакового профілю м'яса, який включає реакцію Майяра, наявність певних амінокислот і жирів. Виробники аналогів м'ясопродуктів використовують сполуки умамі (глутамат, інозинат і гуанілат), можуть використовуватися деякі попередники смаку, такі як редукуючі цукри, амінокислоти, ароматичні нуклеотиди, дріжджовий екстракт тощо [38].

Слід враховувати, що білкові матеріали на рослинній основі (зокрема, бобові) мають небажані присмаки, такі як бобовий, гіркий, трав'янистий, що важко сприймається споживачами. Існує два основних методи видалення або зменшення небажаного смаку: використанні модифікації білка контрольованою ферментацією або технологія маскування запаху – додавання приправ та натуральних спецій.

Щоб досягти відповідного м'ясного кольору виробники досліджують методи відтворення та імітації міоглобіну та гемоглобіну [39]. Це може бути складним завданням, оскільки рослинні інгредієнти в природі не містять цих сполук, а знайти відповідні замінники складно.

Виробники та науковці намагаються відтворити цей ефект, моделюючи структурно-функціональні аналоги гему або використовуючи альтернативні підходи до створення візуально подібного ефекту. Одним із найпоширеніших рішень є застосування харчових барвників як природного, так і синтетичного походження, зокрема екстрактів буряка, граната, аннато, карамелізованих цукрів, каротиноїдів, антоціанів та залізовмісних комплексів. Ці барвники можуть вводитися на різних етапах виробництва для регулювання забарвлення як зовнішньої поверхні продукту, так і внутрішньої частини після термічної обробки.

Проте відтворення кольору не є лише візуальним завданням – воно тісно пов'язане зі споживчим сприйняттям автентичності, свіжості та якості продукту, а також із стабільністю кольору під час зберігання. У зв'язку з цим актуальними залишаються дослідження щодо розробки стабільних, термостійких і безпечних барвників, які б максимально наближалися до дії натурального міоглобіну, а також щодо інженерії білків, зокрема створення гемових структур з використанням дріжджів (як у випадку з легоглобіном компанії Impossible Foods).

Вода в м’ясних аналогах виконує кілька функцій. Вона діє як гідратаційне середовище для різних сухих інгредієнтів, а також як пластифікатор і реакційний агент під час переробки. Під час екструзійної обробки вода визначає в'язкість розплаву, бере участь у хімічних реакціях (починаючи з індукції конформаційних змін у білку), впливає на тертя і діє як середовище для передачі енергії (теплової та механічної).

У результаті проведеного аналізу можна стверджувати, що технології створення рослинних та інших альтернатив м’ясній продукції демонструють стрімкий розвиток і мають значний потенціал для подальшого впровадження у глобальні продовольчі системи. Комплексність поставленого завдання – від відтворення текстурно-структурних параметрів до забезпечення нутриціологічної цінності й сенсорної автентичності – потребує системного міждисциплінарного підходу та активної співпраці науки, промисловості й регуляторних органів.

У подальших дослідженнях доцільним є акцентувати увагу на формуванні збалансованих білкових матриць з оптимальним амінокислотним профілем, підвищенні біодоступності поживних речовин, а також на розробці стабільних кольорових і смакових рішень, що максимально наближатимуть альтернативи до характеристик традиційного м’яса. Важливим напрямом залишається і створення єдиної термінологічної та класифікаційної системи для регулювання та позиціонування цих продуктів на ринку.

Висновки. Найближче десятиліття стане вирішальним для масштабування інновацій та формування нового підходу до харчування у глобальному масштабі. На сьогоднішній день все ще існує великий розрив між аналогами та справжнім м'ясом з точки зору текстури, кольору, смаку, аромату та поживних властивостей.

Проблеми у процесах структурування оптимізуються на основі інгредієнтів, які спочатку не були розроблені для застосування в аналогах м'яса. Тому змішування та купажування різних рослинних матеріалів для отримання функціональних властивостей наразі є актуальною практикою. У цьому випадку акцент треба робити на функціональності для використання в м'ясних аналогах, а не на класичній функціональності, такій як чистота і розчинність. Іншим напрямом є дослідження нових джерел білка та технологій структурування. Вивчення взаємодії компонентів також має вирішальне значення для розвитку технологій аналогів м’ясопродуктів.

Список джерел інформації / References

1. Specht L. Meat by the Molecule: Making Meat with Plants and Cells. The Good Food Institute, 2018.

2. Szejda K., Urbanovich T., Wilks M. Accelerating Consumer Adoption of Plant-Based Meat: An Evidence-Based Guide for Effective Practice. – February 2020. – URL: https://www.gfi.org/images/uploads/2020/02/NO-HYPERLINKEDREFERENCES-FINAL-COMBINED-accelerating-consumer-adoption-of-plant-based-meat.pdf

3. Kyriakopoulou K., Keppler J.K., van der Goot A.J., Boom R.M. Alternatives to Meat and Dairy // Annual Review of Food Science and Technology. 2021. Vol. 12.

4. Niva M., Vainio A., Jallinoja P. Barriers to Increasing Plant Protein Consumption in Western Populations // In: Vegetarian and Plant-Based Diets in Health and Disease Prevention. Amsterdam: Elsevier, 2017. P. 157–171.

5. Day L. Proteins from land plants – Potential resources for human nutrition and food security // Trends in Food Science & Technology. 2013. Vol. 32. P. 25–42. DOI: 10.1016/j.tifs.2013.05.005

6. Kyriakopoulou K., Keppler J.K., van der Goot A.J. Functionality of Ingredients and Additives in Plant-Based Meat Analogues // Foods. 2021. Vol. 10, No. 3. P. 600. DOI: 10.3390/foods10030600

7. Kyriakopoulou K., Dekkers B., van der Goot A.J. Plant-Based Meat Analogues // In: Sustainable Meat Production and Processing. – Amsterdam: Elsevier, 2019. P. 103–126.

8. Corrin T., Papadopoulos A. Understanding the attitudes and perceptions of vegetarian and plant-based diets to shape future health promotion programs // Appetite. 2017. Vol. 109. P. 40–47.

9. Hoek A.C., Luning P.A., Weijzen P., Engels W., Kok F.J., De Graaf C. Replacement of meat by meat substitutes: A survey on person- and product-related factors in consumer acceptance // Appetite. 2011. Vol. 56. – P. 662–673.

10. Beyond Meat. – URL: https://www.beyondmeat.com/en-GB/

11. Impossible Foods. – URL: https://impossiblefoods.com/

12. Liu X. et al. Challenges, process technologies, and potential synthetic biology opportunities for plant-based meat production // LWT - Food Science and Technology. 2023. Vol. 184. Article No. 115109. DOI: 10.1016/j.lwt.2023.115109

13. Kamani M.H., Meera M.S., Bhaskar N., Modi V.K. Partial and total replacement of meat by plant-based proteins in chicken sausage: Evaluation of mechanical, physico-chemical and sensory characteristics // Journal of Food Science and Technology. 2019. Vol. 56. P. 2660–2669.

14. Stanojevic S.P., Barać M.B., Pešić M.B., Vucelic-Radovic B.V. Protein composition and textural properties of inulin-enriched tofu produced by hydrothermal process // LWT. 2020. Vol. 126. Article. No. 109309.

15. Day L. Wheat gluten: Production, properties and application // In: Handbook of Food Proteins. Amsterdam: Elsevier, 2011. P. 267–288.

16. Mateti T. et al. Artificial Meat Industry: Production Methodology, Challenges, and Future // JOM. 2022. Vol. 74, No. 9. P. 3428–3434. DOI: 10.1007/s11837-022-05316-x

17. Specht L., Welch D. R., Rees Clayton E. Cultivated meat for a growing population: overview and potential // Current Developments in Nutrition. 2021. Vol. 5, Suppl. 2. P. 1404–1411.

18. Mosa Meat. – URL: https://mosameat.com/

19. Eat Just, Inc. – URL: https://www.ju.st/

20. Lee S.Y. et al. Current technologies, regulation, and future perspective of animal product analogs // Animal Bioscience. 2023. Vol. 36, No. 10. P. 1465–1487. DOI: 10.5713/ab.23.0029

21. Weiss J., Gibis M., Schuh V., Salminen H. Microstructure and texture of emulsified meat products // Meat Science. 2010. Vol. 86, No. 1. P. 50–59.

22. Nikiforidis C.V., Matsakidou A., Kiosseoglou V. Oleosome-based structures in plant foods // Food Chemistry. 2013. Vol. 141, No. 3. P. 2330–2336.

23. Palanisamy M., Töpfl S., Aganovic K., Grauwet T., Van Loey A., Hendrickx M. Low moisture extrusion cooking of meat analogues // Journal of Food Engineering. 2018. Vol. 239. P. 1–10.

24. Osen R., Toelstede S., Wild F., Eisner P., Schweiggert-Weisz U. High-moisture extrusion: Meat analogues // Journal of Food Engineering. 2014. Vol. 128. P. 488–496.

25. Nikiforidis C.V., Scholten E. Emulsion gels for meat analogues // Food Hydrocolloids. 2014. Vol. 40. P. 70–79.

26. Dekkers B.L., Boom R.M., van der Goot A.J. Structuring processes for meat analogues // Trends in Food Science & Technology. 2018. Vol. 81. P. 25–36.

27. Grabowska K.J., Tekidou S., Boom R.M., van der Goot A.J. Shear cell technology for producing meat analogues // Journal of Food Engineering. 2016. Vol. 169. P. 1–10.

28. Dekkers B.L., Nikiforidis C.V., Goot A.J. van der. Fiber formation and cross-linking mechanisms in meat analogue structuring // Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2021. Vol. 67. Article No. 102550.

29. Zhang J., Chen Q., Liu L., Zhang Y., He N., Wang Q. High-moisture extrusion process of transglutaminase-modified peanut protein: Effect of transglutaminase on the mechanics of the process forming a fibrous structure // Food Hydrocolloids. 2021. Vol. 112. Article No. 106346. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2020.106346

30. Dong H., Wang P., Yang Z., Xu X. 3D printing based on meat materials: Challenges and opportunities // Current Research in Food Science. 2023. Vol. 6. – Article No. 100423. – DOI: 10.1016/j.crfs.2023.100423

31. Bae H., Lee W., Cho Y., Choi Y. 3D-printed steak brings lab-grown meat closer to the dinner table // Advanced Science News. 2022. URL: https://www.advancedsciencenews.com/3d-printed-steak-brings-lab-grown-meat-closer-to-the-dinner-table

32. Gemede H. F., Ratta N. Antinutritional Factors in Plant Foods: Potential Health Benefits and Adverse Effects // International Journal of Nutrition and Food Sciences. 2014. Vol. 3, No. 4. P. 284–289. DOI: 10.11648/j.ijnfs.20140304.18

33. Herreman L., Nommensen P., Pennings B., Laus M. Plant-Based Proteins: Sources, Processing, and Functionality // Current Developments in Nutrition. 2020. Vol. 4, No. 10. P. 1–10. DOI: 10.1093/cdn/nzaa078

34. Boye J., Wijesinha-Bettoni R., Burlingame B. Protein Quality Evaluation Twenty Years after the Introduction of the Protein Digestibility Corrected Amino

Acid Score (PDCAAS) // British Journal of Nutrition. 2012. Vol. 108, Suppl. 2. P. S183–S211. DOI: 10.1017/S0007114512002305

35. Kumar V., Sinha A. K., Makkar H. P. S., Becker K. Plant food anti-nutritional factors and their reduction strategies // Food Production, Processing and Nutrition. 2020. Vol. 2. Article No. 6. DOI: 10.1186/s43014-020-0006-5

36. Tachie C., Nwachukwu I. D., Aryee A. N. A. Trends and innovations in the formulation of plant-based foods // Food Production, Processing and Nutrition. 2023. Vol. 5. Article No. 16. DOI: 10.1186/s43014-023-00129-0

37. Prasad R., et al. Plant food anti-nutritional factors and their reduction strategies // Food Production, Processing and Nutrition. 2020. Vol. 2. Article No. 20. DOI: 10.1186/s43014-020-0020-5.

38. Li X., Li J. The Flavor of Plant-Based Meat Analogues // Cereal Foods World. 2020. Vol. 65, No. 4. P. 40–45. DOI: 10.1094/CFW-65-4-0040

39. Devaere J., De Winne A., Dewulf L., Fraeye I., Šoljić I., Lauwers E., de Jong A., Sanctorum H. Improving the Aromatic Profile of Plant-Based Meat Alternatives: Effect of Myoglobin Addition on Volatiles // Foods. 2022. Vol. 11, No. 13. Article No. 1985. DOI: 10.3390/foods11131985

Стасенко Владислав Андрійович, здобувач PhD кафедри технології м’яса Державного біотехнологічного університету, stas.vladlenko@gmail.com.

Stasenko Vladyslav, PhD candidate, Department of Meat Technology, State Biotechnological University, stas.vladlenko@gmail.com.

Гринченко Наталя Геннадіївна, д-р техн. наук, професор, професор кафедри технології м’яса Державного біотехнологічного університету, tatagrin1201@gmail.com.

Hrynchenko Natalia., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Meat Technology, State Biotechnological University, tatagrin1201@gmail.com.

Янчева Марина Олександрівна, д-р техн. наук, професор, професор кафедри технології м’яса Державного біотехнологічного університету, ya.marina11@gmail.com.

Yancheva Maryna, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Meat Technology, State Biotechnological University, ya.marina11@gmail.com.

Крилов Владислав Олександрович, магістр зі спеціальності «Харчові технології» (ОПП «Технології харчових продуктів тваринного походження») Державного біотехнологічного університету, vianastasia23@gmail.com.

Krylov Vladislav, Master in Food Technology (Specialized Program «Technology of Food Products of Animal Origin»), State Biotechnological University, vianastasia23@gmail.com.

УДК 664.68

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ БАТОНЧИКІВ НА ОСНОВІ ДІЄТИЧНОЇ ЗАЛІЗОВМІСНОЇ ДОБАВКИ

І.В. Цихановська, В.В. Євлаш, Т.А. Лазарєва, А.А. Гладкоскок

Висвітлено актуальність використання дієтичної залізовмісної добавки тваринного походження для розроблення енергетичних батончиків з антианемічними властивостями. Досліджено вплив добавки на фізико-хімічні, сенсорні та мікробіологічні характеристики батончиків. Установлено оптимальний вміст добавки (3%), що сприяє підвищенню харчової цінності, покращенню текстури та стабільності продукту під час зберігання. Отримані дані підтверджують доцільність використання розроблених батончиків для профілактики залізодефіцитної анемії.

Ключові слова: *енергетичні батончики, антианемічні властивості, дієтична добавка, фізико-хімічні характеристики, сенсорний аналіз, мікробіологічні показники.*

STUDY OF QUALITY INDICATORS OF ENERGY BARS BASED ON DIETARY IRON SUPPLEMENT

I. Tsykhanovska, V. Evlash, T. Lazarieva, A. Gladkoskok

The article highlights the relevance of using a dietary iron-containing supplement based on heme iron for the development of energy bars with anti-anemic properties. The objective, object, and subject of the study are defined. The results of research on the physicochemical and functional-technological properties of raw materials used for the production of energy bars with anti-anemic properties are presented.

Rational concentrations of formulation components have been established, and a production technology for energy bars based on a dietary iron-containing supplement has been developed. The chemical composition of the developed energy bars was investigated. The obtained results indicate that the developed energy bars surpass control samples in the content of most nutrients. In particular, the iron content increases by 1.27–1.29 times, other micro- and macroelements by 1.52±0.75%, vitamins by 1.36±0.41%, proteins by 1.16–1.18 times, and ash content, indicating a balanced nutrient composition of the final product.

Microbiological studies confirm that the experimental samples comply with regulatory standards during 75 days of storage. It has been proven that the optimal content of the dietary iron-containing supplement at a level of 3.0% of the formulation mixture ensures high nutritional value, stability of physicochemical properties, and compliance with sanitary and microbiological standards. The addition of 3.0% of the iron-containing supplement reduces the risk of microbial contamination due to its antibacterial properties.

Keywords: *energy bars, anti-anaemic properties, dietary supplement, physicochemical characteristics, sensory analysis, microbiological parameters.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Сучасний ринок харчової продукції демонструє зростаючий попит на натуральні, безпечні та функціональні продукти, здатні забезпечити організм енергією, поживними й біологічно активними речовинами. Споживачі все частіше надають перевагу продуктам із натуральними інгредієнтами, уникаючи штучних консервантів, барвників та добавок.

Енергетичні батончики є популярними багатокомпонентними харчовими продуктами завдяки їх зручності, високій енергетичній цінності. Вони задовольняють потреби сучасного споживача, особливо в умовах активного способу життя та популярності тренду на здорове харчування. Водночас аналіз наукових джерел свідчить, що процес створення енергетичних батончиків із антианемічними властивостями та дослідження їхніх показників якості є недостатньо вивченими та розробленими.

Анемія, як одне з найпоширеніших захворювань, викликане дефіцитом заліза, потребує розроблення продуктів, які б ефективно задовольняли потребу організму в цьому важливому мікроелементі. Використання дієтичних добавок на основі гемового заліза в рецептурах енергетичних батончиків є перспективним напрямом. Такі продукти можуть не лише підвищувати загальний рівень здоров’я, але й бути важливим елементом профілактики дефіциту заліза.

Враховуючи це, дослідження показників якості енергетичних батончиків антианемічного спрямування є актуальним. Розробка та вдосконалення технологій їх виробництва повинні враховувати сучасні вимоги до функціональності, харчової безпеки та відповідати очікуванням споживачів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Головним трендом у сучасному харчовому виробництві є створення якісної, безпечної та натуральної продукції підвищеної біологічної цінності. Харчові вироби повинні забезпечувати організм необхідною енергією, поживними речовинами та біологічно активними компонентами, зокрема повноцінними білками, есенціальними аміно- та жирними кислотами, вітамінами і мінералами [1]. Особливу популярність серед таких продуктів отримали енергетичні батончики, які демонструють корисний вплив на здоров’я людини завдяки відсутності пестицидів і залишків добрив, часто присутніх у традиційних харчових продуктах [2].

За даними досліджень [3], енергетичні батончики є багатокомпонентними харчовими системами з високою енергетичною, біологічною та харчовою цінністю. Їхня популярність обумовлена компактністю, зручністю споживання та збалансованим складом нутрієнтів

[3]. Вони поділяються на різні типи залежно від складу: вуглеводневі, білкові, зернові, фруктові та шоколадні. Основні функціональні компоненти, такі як вуглеводи, білки, есенціальні жирні кислоти та вітаміни, виконують важливу роль у підтримці роботи м'язів, мозку, серцево-судинної системи та забезпечують антиоксидантний захист [4].

Окремий напрям досліджень присвячено збагаченню батончиків функціональними інгредієнтами. Так, у роботах [5–7] розглянуто використання соєвих продуктів, борошна з бананової шкірки, клітковини з фруктів, бобових і концентратів рибного білка. Ці інгредієнти підвищують харчову цінність, функціональні властивості та біологічну активність готових виробів. Склад енергетичних батончиків також збагачується біоактивними сполуками, натуральними барвниками та поліпшувачами смаку [8].

Особливу увагу приділено розробкам, спрямованим на боротьбу з дефіцитом заліза в організмі [9, 10]. Проведені дослідження показали, що збагачення продуктів залізовмісними добавками є ефективним у контексті підвищення мікроелементного статусу населення, особливо в умовах пандемії COVID-19 та війни. Дієтична залізовмісна добавка на основі гемового заліза забезпечує організм людини залізом у легкозасвоюваній формі, що сприяє покращенню функціональних і технологічних властивостей харчових виробів [11, 12].

Аналіз технологій енергетичних батончиків з антианемічними властивостями показав, що інформація про застосування дієтичної залізовмісної добавки тваринного походження для їх виробництва є обмеженою та несистематизованою.

Таким чином, розроблення науково обґрунтованої технології та дослідження показників якості енергетичних батончиків із антианемічними властивостями на основі дієтичної залізовмісної добавки тваринного походження є актуальними.

Мета статті – дослідження показників якості енергетичних батончиків із антианемічними властивостями, що містять дієтичну залізовмісну добавку на основі гемового заліза. Для досягнення поставленої мети було сформульовано наступні завдання:

– вивчити основні фізико-хімічні показники якості сировини, що використані для виробництва енергетичних батончиків з антианемічними властивостями;

– дослідити вплив дієтичної залізовмісної добавки на основі гемового заліза на технологічні аспекти виробництва енергетичних батончиків з антианемічними властивостями;

– встановити вплив дієтичної залізовмісної добавки на основі гемового заліза на основні показники якості енергетичних батончиків.

Матеріали та методи. У процесі виготовлення енергетичних батончиків як основні інгредієнти були використані: мигдаль солодкий (13,4–13,6%), вівсяні пластівці (26,0–28,0%), насіння білого льону (3,4–3,8%), насіння соняшника (3,4–3,8%), насіння чіа (3,4–3,8%), мед натуральний (13,5–15,5%), горіхова паста (9,2–11,2%), родзинки сушені (9,2–11,2%), вишні сушені (9,2–11,2%) та журавлина сушена (9,2–11,2%).

Дієтичну добавку заліза включали до складу суміші без зміни кількісного співвідношення інших компонентів. Її вміст становив 1,0% і 3,0% від загальної маси сировини, тобто відповідно 5,5 г та 16,5 г на 550,0 г суміші, що дорівнює 5,5 мг і 16,5 мг гемового заліза.

Інгредієнти були обрані завдяки своїм поживним властивостям та здатності забезпечувати організм важливими біологічно активними речовинами, такими як омега-3 жирні кислоти, антиоксиданти, вітаміни та мінерали.

Сенсорний аналіз дослідних зразків енергетичних батончиків проводили відповідно методиці, наведеної в [3, 4]. Дегустаційна комісія зі 15 досвідчених дегустаторів, що мали досвід сенсорного аналізу різних харчових продуктів понад 2 років, на основі гедонічної шкали визначала такі показники: колір: 3 – max бал, коєфіцієнт вагомості – 0,3; запах: 1 – max бал, коєфіцієнт вагомості – 0,1; смак 1 – max бал, коєфіцієнт вагомості – 0,1; поверхня 1 – max бал, коєфіцієнт вагомості – 0,1; текстура 1 – max бал, коєфіцієнт вагомості – 0,1; консистенція 3 – max бал, коєфіцієнт вагомості – 0,3. Загальний бал – 10, коєфіцієнт вагомості – 1,0, при цьому: 9,5–10,0 – відмінно; 9,4–9,0 – дуже добре; 8,5–8,9 – добре; 8,0–8,4 – задовільно; менше 8,4 – незадовільно. Розмір зразків був 3–4 г для кожного дослідного батончика. Перед кожним наступним тестуванням пропонувалася питна вода для полоскання рота.

Вміст вологи визначали гравіметричним методом; активність води вимірювали на Aqualab 4TE; колір визначали на колориметрі CR-600d D65; текстуру оцінювали на аналізаторі текстури TA.HDplusC Texture Analyser; масову частку жиру – на твердорідинному екстракторі SOXTHERM SOX414a; жирнокислотний склад – методом газової хроматографії – мас-спектрометрії (GC-MS); амінокислотний склад – методом рідинної хроматографії (Dionex ICS-3000); масову частку білка – з використанням системи кількісної ідентифікації N2/білка DKL8; масову частку клітковини – на установці FIBRETHERM FT12; органічні кислоти – на рідинному хроматографі системи ВЕРХ (LC-20AD); вітаміни – на рідинному хроматографі Agilent 1100; мінерали – на мас-спектрометрі Agilent 7500 S.

Для проведення мікробіологічних досліджень використовували такі поживні середовища: поживний агар – для загального підрахунку кількості мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів (КМАФАМ); картопляно-декстрозний агар – для дріжджів і плісняви; агар Salmonella-Shigella – для виявлення *Salmonella spp.*; агар Ендо — для виявлення *Escherichia coli*; середовище Кесслера – для виявлення колі-титру.

Мікробіологічні дослідження проводили відповідно до загальноприйнятих методів контролю безпеки харчових продуктів [15–17].

Статистичний аналіз. Статистичну обробку результатів досліджень проводили за допомогою програм Statistica 6.0, Microsoft Excel 2007 та Mathcad. Результати подані як середнє значення ± стандартне відхилення для трьох вимірювань.

Виклад основного матеріалу дослідження. Проаналізовано нутрієнтний склад сировини, що входить до рецептури багатокомпонентних енергетичних батончиків із антианемічною дією, а також досліджено готовий продукт. Вивчено вплив дієтичної залізовмісної добавки на харчову та біологічну цінність виробу. Оцінено органолептичні властивості, фізико-хімічні характеристики, структурно-механічні параметри та мікробіологічну безпеку готових батончиків.

Особливу увагу приділено додаванню дієтичної залізовмісної добавки (ДЗД), яка виготовляється з харчової крові тваринного походження і є носієм гемового заліза в легкозасвоюваній відновленій формі (Fe^{2+}) (ТУ У 10.8-2257917723-001:2014). Ця добавка має низку корисних властивостей: вона містить 75 г білка, 25 г вуглеводів, 6 г жирів, а також важливі вітаміни (A, E, C, B1, B2, B3, B6, B9, B12) та мінерали (Ca, K, Na, P, Mg, Fe, Cu, Se, Zn, Mn, I). Оскільки дієтична залізовмісна добавка є високодисперсним порошком без запаху, її використання в рецептурі енергетичних батончиків дозволяє забезпечити організм гемовим залізом у відновленій формі, що є важливим для попередження та лікування залізодефіцитних станів.

Досліджувалися зразки, в яких дієтична залізовмісна добавка додавалася до рецептурної суміші у кількості 1,0% і 3,0%, що відповідно становить 5,5 г та 16,5 г на 550 г готового продукту або 5,5 мг та 16,5 мг гемового заліза. Оскільки дієтична залізовмісна добавка здатна змінювати колір продукту, її вміст понад 3,0% може погіршити зовнішній вигляд кінцевого продукту та додати йому неприємний присмак. Тому, зразки із вмістом дієтичної залізовмісної добавки більше 3% у дослідженнях не розглядалися.

Експериментальні зразки енергетичних батончиків виготовляли відповідно до рецептур, наведених в табл. 1.

Таблиця 1

Рецептури експериментальних зразків енергетичних батончиків

Найменування сировини	Маса нетто, г		
	Контроль – без добавки	Зразок 1 – з 1,0% ДЗД	Зразок 2 – з 3,0% ДЗД
Насіння мигдалю	74,25±0,55	74,25±0,55	74,25±0,55
Вівсяні пластівці	148,50±5,50	148,50±5,50	148,50±5,50
Насіння білого льону	19,80±1,10	19,80±1,10	19,80±1,10
Насіння соняшника	19,80±1,10	19,80±1,10	19,80±1,10
Насіння чіа	19,80±1,10	19,80±1,10	19,80±1,10
Мед натуральний	79,75±5,50	79,75±5,50	79,75±5,50
Горіхова паста	56,10±5,50	56,10±5,50	56,10±5,50
Родзинки сушені	56,10±5,50	56,10±5,50	56,10±5,50
Вишні сушені	56,10±5,50	56,10±5,50	56,10±5,50
Журавлина сушена	56,10±5,50	56,10±5,50	56,10±5,50
Дієтична залізовмісна добавка, (ГМ=1:1)	–	5,50±0,02	16,50±0,02
Вихід готового продукту	586,30 ±36,30	591,80±36,32	602,80±36,32

Технологічний процес виробництва енергетичних батончиків з антианемічними властивостями на основі дієтичної залізовмісної добавки складається з таких підсистем (рис. 1): А – «Утворення енергетичних батончиків на основі дієтичної залізовмісної добавки»; В1 – «Утворення напівфабрикату «Напівфабрикат фруктово-насіннєва суміш»; В2 – «Утворення напівфабрикату «Напівфабрикат медово-горіхова суміш»; В3 – «Утворення напівфабрикату «Напівфабрикат дієтична залізовмісна добавка гідратована».

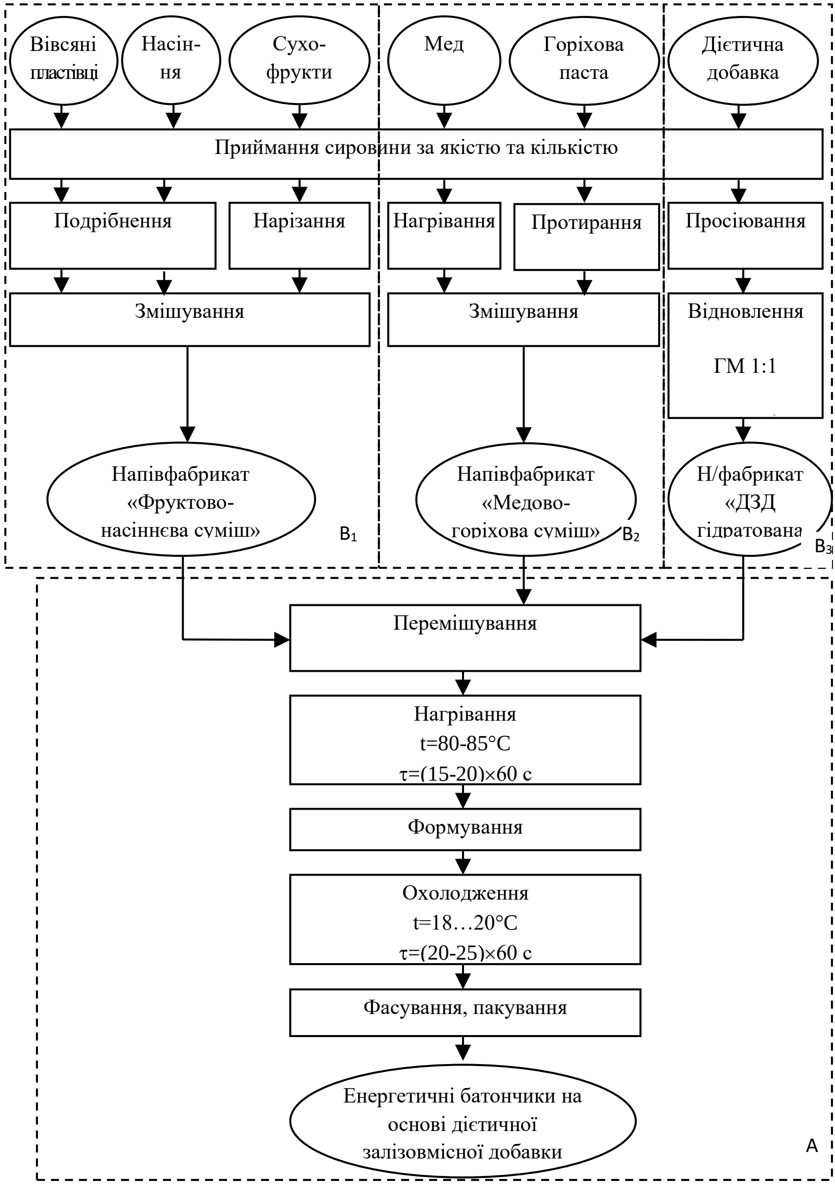


Рис. 1. Принципова схема виробництва енергетичних батончиків на основі дієтичної залізовмісної добавки

Згідно з рис. 1 вівсяні пластівці подрібнюють; насіння мигдалю, білого льону, соняшника та чіа перебирають, очищають від механічних домішок, подрібнюють; сухофрукти (родзинки, вишню, журавлину) миють, висушують й нарізають дрібними шматочками; мед нагрівають до температури t=45-50°C та змішують із горіховою пастою; дієтичну залізовмісну добавку (ДЗД) просіюють, змішують з водою ГМ=1:1 та витримують для набрякання при температурі t=15–18°C впродовж τ=(35–40)×60 с; з'єднують підготовлені компоненти та ретельно перемішують протягом τ=(5–10)×60 с; суміш нагрівають до температури t=80-85°C, протягом τ=(15–20)×60 с; формують батончики шляхом виливання маси у форму, охолоджують та витримують для загусання при температурі t=18…20°C впродовж τ=(20–25)×60 с [12].

Розроблені енергетичні батончики на основі дієтичної залізовмісної добавки є нетрадиційними новими продуктами. Тому досліджували їх харчову та біологічну цінність, проводили сенсорний аналіз та встановлювали органолептичні й функціонально-технологічні властивості.

Результати сенсорного аналізу дослідних зразків представлено у таблиці 2.

Таблиця 2

Сенсорний аналіз дослідних зразків енергетичних батончиків

Найменування показників	Характеристика		
	Контроль	Зразок 1 – з 1,0% ДЗД	Зразок 2 – з 3,0% ДЗД
1	2	3	4
Структура	Дрібно-кристалічна рівномірна маса, із ледь відчутними дрібними твердими часточками компонентів	Дрібнокри-сталічна, з рівномірним розподілом компонентів по всій масі	Дрібно-кристалічна, з рівномірним розподілом компонентів по всій масі
Консистенція	Напівтверда, але не щільна, із незначною тягучістю	Напівтверда, із рівномірною щільністю	Напівтверда, із рівномірною щільністю

Продовження табл. 2

1	2	3	4
Смак	Приємний, із вираженим присмаком сухофруктів	Приємний, із вираженим присмаком сухофруктів	Приємний, із вираженим присмаком сухофруктів
Запах	Приємний, із вираженим ароматом сухофруктів	Приємний, із вираженим ароматом сухофруктів	Приємний, із вираженим ароматом сухофруктів
Колір	Коричневий, однорідний у масі	Коричневий, однорідний у масі	Коричневий, однорідний у масі
Поверхня	Нелипка, однорідна маса з дрібними, одиничними тріщинами	Нелипка, однорідна маса без тріщин	Нелипка, однорідна маса без тріщин

Дані, представлені в табл. 2, свідчать, що додавання 1,0% та 3,0% дієтичної залізовмісної добавки (ДЗД) до рецептурної суміші енергетичних батончиків позитивно впливає на їх сенсорні характеристики. Поверхня, смак, запах і колір залишаються наближеними до контрольного зразка, тоді як структура, поверхня та консистенція продукту покращуються порівняно з контролем.

Зважаючи на те, що введення 3,0% ДЗД (16,5 мг гемового заліза на 550,0 г продукту) практично задовольняє добову потребу організму в залізі (середньодобова потреба становить 15–17 мг заліза), найбільш доцільними є батончики з додаванням 3,0% ДЗД до маси рецептурної суміші.

Результати дослідження хімічного складу розроблених енергетичних батончиків на основі дієтичної залізовмісні добавки порівняно з контрольним представлено у таблиці 3.

Застосування 3,0% ДЗД сприяє покращенню білково-вуглеводного та мінерально-вітамінного складу енергетичних батончиків порівняно з контрольним зразком.

Так, у зразку 2 (з 3,0% ДЗД) вміст води зменшився (8,43±0,04 г/100 г) порівняно з контролем (9,56±0,08 г/100 г), що може свідчити про більш високий рівень сухих речовин в ньому. Вміст білків у зразку 2 вищий (11,28±0,31 г/100 г) за рахунок використання дієтичної залізовмісної добавки тваринного походження.

Це свідчить про покращення білкової складової в енергетичних батончиках порівняно з контролем (9,61±0,28 г/100 г). Також спостерігається збільшення вмісту цукрів у зразку 2 (70,62±1,07 г/100 г), порівняно з контролем (68,22±1,06 г/100 г). Вміст жирів, клітковини та органічних кислот у зразку 2 майже не змінився у порівнянні з контролем, що свідчить про стабільність цих компонентів. У цьому зразку вміст золи вищий (2,96±0,06 г/100 г), що свідчити про більшу мінералізацію в порівнянні з контролем (2,14±0,05 г/100 г). Ці зміни зумовлені багатим хімічним складом дієтичної залізовмісної добавки [11–13].

Таблиця 3

Аналіз хімічного складу зразків енергетичних батончиків, α≤0,05

Нутрієнти	Дослідні зразки енергетичних батончиків	
	Контроль	Зразок 2 – з 3,0% ДЗД
Вода	9,56±0,08	8,43±0,04
Білки	9,61±0,28	11,28±0,31
Жири	8,30±0,24	8,58±0,24
Цукри	68,22±1,06	70,62±1,07
Клітковина	3,97±0,09	3,97±0,09
Органічні кислоти	0,42±0,01	0,46±0,01
Зола	2,14±0,05	2,96±0,06
Енергетична цінність, ккал/100 г	401,90±0,01	420,70±0,01
Мінеральні речовини, мг/100 г сухої речовини		
Na	55,04±1,68	56,26±1,71
K	465,0±13,0	468,0±13,0
Ca	86,12±2,18	87,65±2,16
Mg	99,14±2,34	101,34±2,42
P	191,08±3,73	191,66±3,74
I	0,009±0,0	0,012±0,0
Fe	59,08±1,69	75,78±1,89
Водо- та жиророзчинні вітаміни, мг/100 г сухої речовини		
A	2,92±0,06	2,96±0,07
E	1,51±0,04	1,54±0,04
C	0,82±0,02	0,85±0,02
B_1	0,41±0,01	0,44±0,01
B_2	0,31±0,01	0,33±0,01
B_3 (PP)	0,62±0,01	0,65±0,02
B_6	1,60±0,04	1,64±0,04
B_9	0,52±0,01	0,54±0,01
B_{12}	0,82±0,02	0,85±0,02

Таким чином, експериментальний зразок 2, що містить 3,0% ДЗД, має вищі значення білків, цукрів, золи, заліза та йоду порівняно з контролем, що може вказувати на підвищену харчову цінність, зокрема щодо мінералів та вітамінів. Однак, зразок 2 також має вищий вміст води, що може впливати на консистенцію та термін зберігання продукту.

Отримані результати хімічного складу експериментальних зразків енергетичних батончиків підтверджують можливість їх застосування при анемії у лікувально-профілактичному харчуванні.

Досліджено фізико-хімічні характеристики зразків енергетичних батончиків. Результати, наведені у таблиці 4, демонструють, що додавання до рецептури енергетичних батончиків 1,0% і 3,0% дієтичної залізовмісної добавки коричневого кольору порівняно з контрольним зразком призводить до зменшення показника освітлення (L*) у 1,11 і 1,28 рази відповідно. Водночас спостерігається суттєве зростання ступеня почервоніння (показник a*) – у 6,78 та 8,56 рази, а також ступеня жовтизни (показник b*) – у 2,14 та 3,16 рази відповідно.

Таблиця 4

Фізико-хімічні показники зразків енергетичних батончиків, $\alpha \leq 0{,}05$

Найменування показників	Характеристики		
	Контроль	Зразок 1 – з 1,0% ДЗД	Зразок 2 – з 3,0% ДЗД
L*	74,93±0,82	67,55±0,51	58,46±0,42
a*	0,68±0,02	4,61±0,12	5,82±0,14
b*	17,58±0,12	37,68±0,21	55,52±0,36
ΔE	0,00	23,45±0,51	29,82±0,57
M, %	9,56±0,04	8,39±0,03	8,43±0,03
a_w	0,476±0,002	0,416±0,001	0,419±0,001

Зміни кольору зразків можна пояснити високим вмістом гемоглобіну й міоглобіну (червоного кольору) та білірубіну (жовтого пігменту) у дієтичній залізовмісній добавці (ДЗД), яка виготовляється з продуктів харчової крові [3, 11 - 13]. Значення «кольорової різниці» (ΔE) у зразках з ДЗД перевищувало 7,0, що свідчить про помітну для людського ока зміну кольору. Найбільш виражені зміни спостерігалися у зразку з додаванням 3,0% ДЗД.

Дослідження показало, що введення 1,0% і 3,0% ДЗД знижує вологовміст (M%) приблизно у 1,13 рази порівняно з контрольним зразком, що пов'язано з гідратаційними властивостями білково-вуглеводного комплексу високодисперсного порошку ДЗД. Це також вплинуло на активність води (a_w), яка в дослідних зразках була нижчою в 1,14 рази. Подібні результати щодо зменшення М% і a_w у кондитерських виробах із додаванням високодисперсних харчових добавок відзначали інші дослідники [3, 14].

Зменшення вмісту й активності води призводить до змін у текстурі продукту: вироби стають твердішими та більш хрусткими, що покращує їхні споживчі властивості. Враховуючи вплив ДЗД на властивості енергетичних батончиків, оптимальною масовою часткою добавки є 3,0% від загальної маси рецептурної суміші. Цей рівень ДЗД не спричиняє небажаних змін у текстурі готового продукту (табл. 5).

Дані таблиці 5 свідчать про зміни текстурних характеристик енергетичних батончиків залежно від вмісту дієтичної залізовмісної добавки (ДЗД). Показники були проаналізовані при рівні значущості $\alpha \leq 0,05$.Введення до рецептури дієтичної залізовмісної добавки (ДЗД) у концентраціях 1,0% та 3,0% позитивно впливає на текстурні характеристики енергетичних батончиків. Спостерігається підвищення твердості, когезійності, розжовуваності та пружності, що покращує органолептичні властивості продукту. Зменшення еластичності може бути компенсоване завдяки підвищенню пружності.

Таблиця 5

Аналіз профілю текстури зразків енергетичних батончиків, $\alpha \leq 0,05$

Найменування показників	Характеристики		
	Контроль	Зразок 1 – з 1,0% ДЗД	Зразок 2 – з 3,0% ДЗД
Твердість, г	792,3±2,1	836,5±2,2	843,8±2,2
Адгезивність, г/с	-86,42±0,33	-88,03±0,33	-88,81±0,33
Когезійність, г	0,242±0,001	0,249±0,001	0,255±0,001
Еластичність, г	0,482±0,012	0,473±0,012	0,462±0,012
Розжовування, %	74,26±1,13	76,12±1,13	76,88±1,13
Пружність, г	0,052±0,001	0,060±0,001	0,064±0,001

Враховуючи результати досліджень, можна стверджувати, що найбільш раціональним у складі енергетичних батончиків є використання 3,0% ДЗД, оскільки цей рівень забезпечує оптимальні споживчі властивості, зберігаючи гармонійний профіль текстури готового продукту.

Результати дослідження мікробіологічних показників дослідних зразків енергетичних батончиків на основі дієтичної залізовмісної добавки відразу після виготовлення та після зберігання протягом регламентованого терміну зберігання (75 діб при відносній вологості повітря φ=(75±2)%) представлено у таблиці 6.

Таблиця 6

Аналіз мікробіологічних показників зразків батончиків, α≤0,05

Найменування показника	Норматив*	Дослідні зразки енергетичних батончиків	
		Контроль	Зразок 2 – з 3,0% ДЗД
КМАФАнМ, КУО/г, відразу / через 75 діб	не більше $1{,}0\times10^3$	не виявлено / $2{,}0\times10^2$	не виявлено / $1{,}0\times10^2$
Дріжджі, КУО/г, відразу / через 75 діб	не більше 50	не виявлено / 6,0	не виявлено / 4,0
БГКП (коліформи), відразу / через 75 діб	не доз. в 0,1 г	не виявлено	не виявлено
Патогенні м/о, у тому чис-лі бактерії роду Salmonella, відразу / через 75 діб	не доз. в 25,0 г	не виявлено	не виявлено
Плісняві гриби КУО/г, відразу / через 75 діб	не більше 50	не виявлено / 6,0	не виявлено / 3,0

* Норми встановлені ISO 16140:2016 «Microbiology of the food chain» та European Food Safety Authority, 2021.

Мікробіологічні показники контрольного зразка та зразка 2 з додаванням 3,0% ДЗД відповідають встановленим нормативам. Додавання ДЗД сприяє зменшенню рівня мікробіологічного забруднення (дріжджі, плісняві гриби, КМАФАнМ) у порівнянні з контрольним зразком після 75 діб зберігання. Це свідчить про можливу антимікробну дію добавки, яка забезпечує покращення мікробіологічної стабільності продукту.

Таким чином, використання 3,0% ДЗД є доцільним для забезпечення безпеки та стабільності енергетичних батончиків під час зберігання.

Висновки. Отримані результати досліджень дозволяють стверджувати, що додавання 1,0–3,0% дієтичної залізовмісної добавки позитивно впливає на харчову та біологічну цінність енергетичних батончиків антианемічного спрямування. Зокрема, збільшується вміст заліза (у 1,27–1,29 раза), інших мікро- та макроелементів (на 1,52±0,75%), вітамінів (на 1,36±0,41%), білків (у 1,16–1,18 раза), а також золи, що свідчить про збалансований нутрієнтний склад готового продукту.

Сенсорні показники, включаючи структуру, консистенцію та колір, демонструють покращення. Загальний бал за органолептичними характеристиками зріс на 7%. Зокрема, відзначено насиченість кольору за рахунок залізовмісних компонентів.

Виявлено зниження вологовмісту (в 1,12–1,14 раза) та активності води (в 1,13–1,15 раза), що сприяє поліпшенню текстури. Зміни кольору показують підвищення рівня червоного (a*) та жовтого (b*) відтінків за рахунок пігментів заліза, що особливо виражено у зразках з 3,0% добавки.

Додавання 1,0% і 3,0% добавки покращує текстурні властивості, зокрема твердість (на 5,6% і 6,0%), адгезивність (на 1,86% і 2,76%), когезійність (на 2,89% і 3,71%), та розжовуваність (на 1,76% і 2,62%). Це досягається завдяки взаємодії між білками, вуглеводами та ліпідами.

Мікробіологічні дослідження підтверджують, що всі зразки відповідають нормативам протягом 75 діб зберігання. Додавання 3,0% залізовмісної добавки знижує ризик мікробного забруднення завдяки її антибактеріальним властивостям.

Встановлено оптимальний вміст дієтичної залізовмісної добавки на рівні 3,0% від маси рецептурної суміші, що забезпечує високу харчову цінність, стабільність фізико-хімічних властивостей та відповідність санітарно-мікробіологічним стандартам.

Таким чином, розроблені енергетичні батончики на основі дієтичної залізовмісної добавки є перспективним продуктом для дієтичного харчування з підвищеним вмістом заліза, що може використовуватися для профілактики анемії.

Список джерел інформації / References

1. Тарасюк, Г. М., & Чагайда, А. О. (2024). Перспективи вдосконалення рецептурного складу снек-батончиків на основі аналізу поведінки споживачів послуг індустрії гостинності. *Економіка, управління та адміністрування,* (3(109), 37–47. https://doi.org/10.26642/ema-2024-3(109)-37-47

Tarasiuk H.M., Chahaida A.O. (2019), Perspektyvy vprovadzhennia tekhnolohii enerhetychnykh batonchykiv u zakladakh hotelno-restorannoho hospodarstva, Ekonomika, upravlinnia ta administruvannia, 3(89), str.57-65, https://doi.org/10.26642/ema-2019-3(89)-57-65

2. Iuliano L., Gonzalez G., Casas N., Moncayo D., & Cote S. (2019), Development of an organic quinoa bar with amaranth and chia, Food Science and Technology (Campinas), 39(suppl 1), pp. 218-224. http://dx.doi.org/ 10.1590/fst.25517.

Iuliano L., Gonzalez G., Casas N., Moncayo D., & Cote S. (2019), Development of an organic quinoa bar with amaranth and chia, Food Science and Technology (Campinas), 39(suppl 1), pp. 218-224. http://dx.doi.org/ 10.1590/fst.25517.

3. Fanari F., Comaposada J., Boukid F., Climent E., Claret Coma A., Guerrero L., Castellari M. (2023), Enhancing energy bars with microalgae: A study

on nutritional, physicochemical and sensory properties, Journal of Functional Foods, 109, pp.105768-105781, https://doi.org/10.1016/j.jff.2023. 105768.

Fanari F., Comaposada J., Boukid F., Climent E., Claret Coma A., Guerrero L., Castellari M. (2023), Enhancing energy bars with microalgae: A study on nutritional, physicochemical and sensory properties, Journal of Functional Foods, 109, pp.105768-105781, https://doi.org/10.1016/j.jff.2023. 105768.

4. Jabeen S., Huma N., Sameen A., Zia M.A. (2020), Formulation and characterization of protein-energy bars prepared by using dates, apricots, cheese and whey protein isolate, Food Science and Technology (Campinas), 41(1), pp. 1-11, https://doi.org/10.1590/fst.12220.

Jabeen S., Huma N., Sameen A., Zia M.A. (2020), Formulation and characterization of protein-energy bars prepared by using dates, apricots, cheese and whey protein isolate, Food Science and Technology (Campinas), 41(1), pp. 1-11, https://doi.org/10.1590/fst.12220.

5. Aramouni F. M., & Abu-Ghoush M. H. (2011), Physicochemical and sensory characteristics of no-bake wheat-soy snack bars. Journal of the Science of Food and Agriculture, 91(1), pp.44-52, http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.4134

Aramouni F. M., & Abu-Ghoush M. H. (2011), Physicochemical and sensory characteristics of no-bake wheat-soy snack bars. Journal of the Science of Food and Agriculture, 91(1), pp.44-52, http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.4134

6. Lobato L. P., Iakmiu Camargo Pereira A. E., Lazaretti M. M., Barbosa D. S., Carreira C. M., Mandarino J. M. G., & Grossmann M. V. E. (2012), Snack bars with high soy protein and isoflavone content for use in diets to control dyslipidaemia. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 63(1), pp. 49-58 (2012), http://dx.doi.org/10.3109/09637486.2011.596148

Lobato L. P., Iakmiu Camargo Pereira A. E., Lazaretti M. M., Barbosa D. S., Carreira C. M., Mandarino J. M. G., & Grossmann M. V. E. (2012), Snack bars with high soy protein and isoflavone content for use in diets to control dyslipidaemia. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 63(1), pp. 49-58 (2012), http://dx.doi.org/10.3109/09637486.2011.596148

7. Carvalho V. S., & Conti-Silva, A. C. (2018), Cereal bars produced with banana peel flour: Evaluation of acceptability and sensory profile. Journal of the Science of Food and Agriculture, 98(1), pp.134-139, http://dx.doi.org/10.1002 /jsfa.8447

Carvalho V. S., & Conti-Silva, A. C. (2018), Cereal bars produced with banana peel flour: Evaluation of acceptability and sensory profile. Journal of the Science of Food and Agriculture, 98(1), pp.134-139, http://dx.doi.org/10.1002 /jsfa.8447

8. Munir M., Ahad A., Gull A., Qayyum A., Siddique N. R., Mumtaz A., Naeem S., Ali B., Nadeem M., & Qureshi T. M. (2019), Addition of Spinach Enhanced the Nutritional Profile of Apricot Based Snack Bars, Pakistan Journal of Agricultural Research, 32(3), pp. 490-499, http://dx.doi.org/10.17582/journal. pjar/2019/32.3.490.497.

Munir M., Ahad A., Gull A., Qayyum A., Siddique N. R., Mumtaz A., Naeem S., Ali B., Nadeem M., & Qureshi T. M. (2019), Addition of Spinach Enhanced the Nutritional Profile of Apricot Based Snack Bars, Pakistan Journal of Agricultural

Research, 32(3), pp. 490-499, http://dx.doi.org/10.17582/journal.pjar/2019/32.3.490.497.

9. Jarzębski M., Wieruszewski M., Kościński M., Rogoziński T., Kobus-Cisowska J., Szablewski T., Perła-Kaján J., Waszkowiak K., Jakubowicz J. (2023), Heme iron as potential iron fortifier for food application – characterization by material techniques, Reviews on Advanced Materials Science, 62, pp. 20230128–20230142, https://doi.org/10.1515/rams-2023-0128

Jarzębski M., Wieruszewski M., Kościński M., Rogoziński T., Kobus-Cisowska J., Szablewski T., Perła-Kaján J., Waszkowiak K., Jakubowicz J. (2023), Heme iron as potential iron fortifier for food application – characterization by material techniques, Reviews on Advanced Materials Science, 62, pp. 20230128–20230142, https://doi.org/10.1515/rams-2023-0128

10. Yilin Xing Y., Gao S., Zhang X., Zang J. (2022), Dietary Heme-Containing Proteins: Structures, Applications, and Challenges, Foods 11(22), pp. 3594–3614, https://doi.org/10.3390/foods11223594.

Yilin Xing Y., Gao S., Zhang X., Zang J. (2022), Dietary Heme-Containing Proteins: Structures, Applications, and Challenges, Foods 11(22), pp. 3594–3614, https://doi.org/10.3390/foods11223594.

11. Євлаш В. В. Наукові аспекти формування якості дієтичних добавок, що містять гемове залізо, та кондитерських виробів із їх використанням [Електронний ресурс] : монографія / В.В. Євлаш, В. О. Акмен. – Електрон. дані. – Х. : ХДУХТ, 2015.

Yevlash V.V., Akmen V.O. (2015), Naukovi aspekty formuvannia yakosti diietychnykh dobavok, shcho mistiat hemove zalizo, ta kondyterskykh vyrobiv iz yikh vykorystanniam, [Elektronnyi resurs]: monohrafiia, KhDUKhT, Kharkiv.

12. Tsykhanovska I.a, Yevlash V., Tovma L., Adamczyk G., Alexandrov A., Lazarieva T., Blahyi O. (2023), Chapter 5. Flour from Sunflower Seed Kernels in the Production of Flour Confectionery. O. Stabnikova, O. Shevchenko, V. Stabnikov, O. Paredes-López (edit.), Book: Bioconversion of Wastes to Value-added Products, Springer, pp. 127–166, https://doi.org/10.1201/9781003329671

Tsykhanovska I.a, Yevlash V., Tovma L., Adamczyk G., Alexandrov A., Lazarieva T., Blahyi O. (2023), Chapter 5. Flour from Sunflower Seed Kernels in the Production of Flour Confectionery. O. Stabnikova, O. Shevchenko, V. Stabnikov, O. Paredes-López (edit.), Book: Bioconversion of Wastes to Value-added Products, Springer, pp. 127–166, https://doi.org/10.1201/9781003329671

13. Tovma L., Morozov I., Yevlash V., Shtrygol’ S. (2019), Substantiation of ingredient composition and development of technology of special consumption product bars «Vitabar», Pratsi Tavriiskoho derzhavnoho ahrotekhnolohichnoho universytetu, 19(3), pp. 212–232, https://doi.org/10.31388/2078-0877-19-3-212-232

Tovma L., Morozov I., Yevlash V., Shtrygol’ S. (2019), Substantiation of ingredient composition and development of technology of special consumption product bars «Vitabar», Pratsi Tavriiskoho derzhavnoho ahrotekhnolohichnoho universytetu, 19(3), pp. 212–232, https://doi.org/10.31388/2078-0877-19-3-212-232

14. Batista A. P., Niccolai A., Bursic I., Sousa I., Raymundo A., Rodolfi L., Tredici M. R. (2019), Microalgae as functional ingredients in savory food products:

Application to wheat crackers. Foods, 8(12), pp. 611–628, https://doi.org/10.3390/foods8120611.

Batista A. P., Niccolai A., Bursic I., Sousa I., Raymundo A., Rodolfi L., Tredici M. R. (2019), Microalgae as functional ingredients in savory food products: Application to wheat crackers. Foods, 8(12), pp. 611–628.

15. Erkmen O. (2022), Microbiological analysis of foods and food processing environments, Academic Press, USA, https://doi.org/10.1016/C2021-0-01219-0.

Erkmen O. (2022), Microbiological analysis of foods and food processing environments, Academic Press, USA, https://doi.org/10.1016/C2021-0-01219-0.

16. Hasell S.K., Salter M.A. (2003), Review of the microbiological standards for foods, Food Control, 14(6), pp. 391–398, https://doi.org/10.1016/S0956-7135(03)00039-2

Hasell S.K., Salter M.A. (2003), Review of the microbiological standards for foods, Food Control, 14(6), pp. 391–398, https://doi.org/10.1016/S0956-7135(03)00039-2

17. Olunlade B.A., Adeola A.A., Anuoluwapo A.O. (2013), Microbial profile of maize-pigeon pea biscuit in storage, Fountain Journal of Natural and Applied Sciences, 2(2), pp. 01–09, https://doi.org/10.53704/fujnas.v2i2.25

Olunlade B.A., Adeola A.A., Anuoluwapo A.O. (2013), Microbial profile of maize-pigeon pea biscuit in storage, Fountain Journal of Natural and Applied Sciences, 2(2), pp. 01–09, https://doi.org/10.53704/fujnas.v2i2.25

Цихановська Ірина Василівна, д-р техн. наук, професор, професор кафедри харчових технологій, легкої промисловості і дизайну Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна навчально-наукового інституту «Українська інженерно-педагогічна академія», cikhanovskaja@gmail.com.

Tsykhanovska Iryna, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor, Department of Food Technology, Light Industry and Design «Ukrainian Engineering-Pedagogics Academy», cikhanovskaja@gmail.com.

Євлаш Вікторія Владленівна, д-р техн. наук, професор, професор кафедри хімії, біохімії, мікробіології та гігієни харчування, Державний біотехнологічний університет, evlashvv@gmail.com.

Yevlash Victoria, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor, Deparment of Chemistry, Biochemistry, Microbiology and Hygiene of Nutrition State Biotechnology University, evlashvv@gmail.com.

Лазарєва Тетяна Анатоліївна, д-р пед. наук, професор, професор кафедри харчових технологій, легкої промисловості і дизайну Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна навчально-наукового інституту «Українська інженерно-педагогічна академія», Lazareva_T.A@ukr.net.

Lazareva Tatyana, Doctor of pedagogical Sciences, Professor, Professor, Department of Food Technology, Light Industry and Design «Ukrainian Engineering-Pedagogics Academy», Lazareva_T.A@ukr.net.

Гладкоскок Анастасія Андріївна, здобувач вищої освіти (магістр) кафедри харчових технологій, легкої промисловості і дизайну Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна навчально-наукового інституту «Українська інженерно-педагогічна академія», Lazareva_T.A@ukr.net.

Gladkoskok Anastasia, higher education student (master's degree) of the Department of Food Technologies, Light Industry and Design, V.N. Karazin Kharkiv National University, Educational and Scientific Institute "Ukrainian Engineering and Pedagogical Academy", Lazareva_T.A@ukr.net.

УДК 664.761

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ КОМПЛЕКСНИХ БОРОШНЯНИХ СУМІШЕЙ

М.Ф. Кравченко, О.Л. Романовська

У статті досліджено силу борошна за реологічними (структурно-механічними) властивостями комплексних борошняних сумішей, виготовлених із пшеничного борошна вищого сорту, борошна з пророщеного зерна пшениці та порошку керобу в різних співвідношеннях. Визначено рекомендовані технологічні напрями використання борошняних сумішей відповідно до їх рецептурного складу та технологічних властивостей.

Ключові слова: *клейковина, еластичність, водопоглинальна здатність, реологія, борошно з пророщеного зерна пшениці, борошняні суміші, порошок керобу, харчові волокна, борошно пшеничне, розрідження.*

TECHNOLOGICAL FEATURES OF COMPLEX FLOUR MIXTURES

M. Kravchenko, O. Romanovska

This study investigates the technological properties of composite flour mixtures containing premium wheat flour, sprouted wheat grain flour, and carob powder in various ratios. The research focuses on analyzing the impact of these formulations on the rheological behavior of dough, including elasticity, dough development time, and degree of softening, in order to determine their suitability for different bakery and functional food applications.

The experimental data revealed that increasing the proportion of sprouted wheat flour and carob powder significantly affects the physical characteristics of the dough. At lower substitution levels (80:10:10 and 70:15:15), the flour mixtures maintain acceptable dough development time (5.4–5.2 minutes) and sufficient elasticity, allowing their application in traditional baked goods such as bread, buns, puff pastry, and enriched cookies. As the proportion of functional components increases (60:20:20 and above), the dough becomes more fluid and less stable, *making it unsuitable for products requiring a strong gluten structure. However, these mixtures are well-suited for the development of health-oriented and gluten-reduced products, including soft cookies, vegan brownies, fitness snacks, dry mixes, and children's dietary products.*

Based on the results, the study provides practical recommendations for using specific flour mixture compositions in accordance with their technological behavior. The 80:10:10 and 70:15:15 formulations are optimal for conventional bakery products, while higher ratios of 60:20:20 and beyond are more appropriate for dry mixes, no-rise baked goods, and functional snack applications.

This research highlights the potential of alternative plant-based ingredients to diversify and improve the nutritional profile of flour products, aligning with modern trends in health-conscious, vegan, and functional food production.

Keywords: *gluten, elasticity, water absorption capacity, rheology, flour from sprouted wheat grains, flour mixtures, powder of carob, dietary fibers, wheat flour, liquefaction.*

Постановка проблеми в загальному вигляді. Борошно, отримане з різних видів зернових культур широко використовується у харчовій промисловості та виконує функцію основної сировини при виготовленні хлібобулочних та борошняних кондитерських виробів (БКВ). Його харчова цінність варіюється залежно від сировинного походження та характеризується різним вмістом білків, вуглеводів, мінеральних речовин і вітамінів. Водночас якісні характеристики борошна не завжди відповідають технологічним вимогам щодо формування необхідної структури та консистенції тіста, що ускладнює отримання готової продукції із заданими показниками якості. Це зумовлює потребу в адаптації рецептурного складу та корекції параметрів технологічного процесу. Одним із перспективних напрямів вирішення цієї проблеми є використання у технології БКВ комплексних борошняних сумішей, до складу яких входять компоненти з широким спектром функціонально-технологічних властивостей. Таке рішення сприяє покращенню фізико-хімічних і органолептичних характеристик тістових напівфабрикатів, оптимізації харчової цінності готових виробів і підвищенню ефективності технологічного процесу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. До деяких борошняних сумішей додатково додають продукти переробки зерна, зародок пшениці, оболонку зерна, різні види овочевих, ягідних порошків тощо, що певним чином впливає на функціонально-технологічні властивості тіста, виробленого з них [1–4].

Вченими [5] розроблено борошняні суміші з амарантового і льняного борошна. Встановлено, що амарантове має вищу вологість та підвищену водопоглинальну здатність, що сприяє формуванню необхідної пластично-в'язкої структури пісочного тіста. Авторами визначено оптимальне співвідношення амарантового та пшеничного борошна у рецептурі пісочного тіста, яке становить 1:1.

Борошняну суміш з додаванням порошку з ягід малини, брусниці, фруктози та керобу для вафельного тіста розроблено науковцями [6]. Визначено, що додавання зазначених інгредієнтів сприяє зменшенню вмісту жиру, покращенню органолептичних властивостей вафельних виробів, а також їхньої харчової та біологічної цінності.

Дослідниками [7] встановлено, що додавання борошна зі спельти позитивно впливає на реологічні властивості тіста для борошняних кондитерських виробів, завдяки чому збільшується питомий об'єм і пористість випечених кексів та бісквітів.

Розроблено борошняну суміш із кукурудзяним і кокосовим борошном для пісочного печива. Авторами [8] визначено, що розроблені вироби мають кращі текстурні характеристики й органолептичні властивості за контрольний зразок.

Виробляються борошняні суміші також із кокосовим, льняним та кунжутним борошном. Встановлено найбільшу вологоутримувальну здатність борошняних сумішей із кокосовим борошном, що позитивно впливає на якість готових борошняних кондитерських виробів [9].

Використання додаткової сировини у складі борошняних сумішей по-різному впливає на водопоглинальну здатність та час утворення тіста, а також може призводити до зменшення його стійкості. Формування структури тіста для різних видів хлібобулочних і борошняних кондитерських виробів значною мірою залежить від клейковинних білків, що містяться у пшеничному борошні. У процесі замішування ці білки гідратуються, зв'язують воду та формують просторову клейковинну сітку, яка забезпечує утримання газів і стабільність структури тіста. Відтак, саме якісні та кількісні характеристики клейковини пшеничного борошна є визначальними чинниками, що впливають на текстурні властивості тістових систем [15]. Фізико-хімічні властивості клейковинного комплексу різних видів борошна та їхніх сумішей визначають силу борошна та технологічні властивості тіста, виготовленого з них, і, відповідно, готових виробів [16–18].

Проведений аналіз наукових джерел свідчить про підвищений інтерес дослідників до впровадження комплексних борошняних сумішей у технології хлібобулочних та борошняних кондитерських виробів.

Перспективною сировиною для комплексних борошняних сумішей є борошно з пророщеного зерна пшениці та порошок керобу.

Борошно з пророщеного зерна пшениці містить понад 12 % білка, амінокислотний склад якого відзначається високим вмістом лізину, широким спектром макро- та мікроелементів, клітковини, вітамінів групи В. На відміну від традиційного пшеничного борошна, що містить високу кількість білків гліадину та глютеніну, які при гідратації формують клейковинний каркас, клейковина борошна з пророщеного зерна пшениці послаблена у результаті гідролітичних процесів під час пророщування, що спричинено технологією його виробництва [10].

Порошок керобу має низький вміст жиру (1–3 %), містить до 35 % клітковини, вітаміни групи В, а також аскорбінову кислоту, ретинол, токоферол, кальциферол. Вибір порошку керобу як функціонального компонента у складі борошняних сумішей зумовлений його багатим біохімічним складом, харчовою цінністю, а також тим, що порошок керобу використовується як замінник не тільки порошку-какао, а й як натуральний підсолоджувач, оскільки містить 60,2 г/100 г моносахаридів [11, 12]. Високий вміст простих вуглеводів може призвести до послаблення зв’язків клейковинних білків борошна, зокрема розрідження тістових систем, тому додавання порошку керобу до борошняних сумішей у великих концентраціях не доцільно [13–16].

Важливо дослідити силу, а також вплив борошна з пророщеного зерна пшениці та порошку керобу на реологічні властивості комплексних борошняних сумішей та їхню технологічну придатність.

Мета статті – дослідження властивостей комплексних борошняних сумішей, виготовлених із пшеничного борошна вищого сорту, борошна з пророщеного зерна пшениці та порошку керобу і визначити їх технологічну придатність для виробництва різних видів тіста.

Матеріали та методи. Об’єкти досліджень – борошняні суміші із пшеничного борошна вищого сорту (БПВС), борошна з пророщеного зерна пшениці (БПЗП) та порошку керобу (ПК) в наступних концентраціях: 80:10:10, 70:15:15, 60:20:20, 50:25:25, 40:30:30. За контроль обрано борошно пшеничне вищого сорту.

Силу борошна за реологічними (структурно-механічними) властивостями визначено на фаринографі фірми *Brabender* (Німеччина) за показниками водопоглинальної здатності, а також за часом утворення тіста, стійкістю тіста та його еластичністю [19].

Виклад основного матеріалу дослідження. На початковому етапі досліджень визначено водопоглинальну здатність борошняних сумішей, результати представлено на рис. 1.

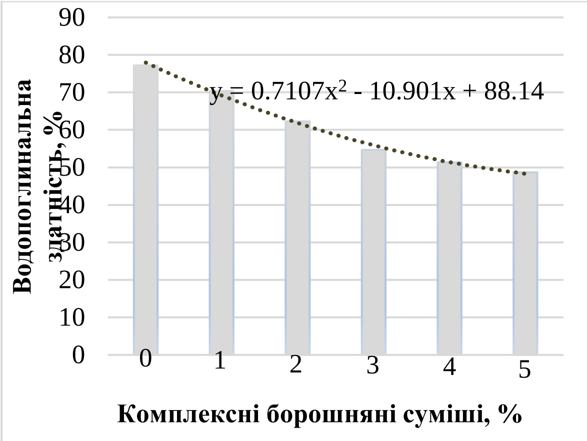


Рис. 1. Водопоглинальна здатність борошняних сумішей
(0 – контроль, суміш БПВС:БПЗП:ПК: 1 – 80:10:10, 2 – 70:15:15,
3 – 60:20:20, 4 – 50:25:25, 5 – 40:30:30)

Аналіз даних свідчить, що водопоглинальна здатність зменшується при збільшенні БПЗП та ПК відносно контролю від 36,9 до 8,9 % у порівнянні з контролем. Зниження цього показника пояснюється тим, що під час пророщування зерна пшениці активуються ферменти амілази та протеази, які частково гідролізують крохмаль і білки, внаслідок чого виготовлене з нього БПЗП, втрачає здатність поглинати воду. Також на зниження водопоглинальної здатності борошняних сумішей впливає ПК. Низька водопоглинальна здатність зумовлена тим, що порошок керобу складається переважно з нерозчинної клітковини та має низький вміст гідрофільних речовин, здатних зв'язувати воду.

Наступним етапом дослідження є визначення показника сили борошна, який визначає його хлібопекарські якості. Для формування тіста з пружною консистенцією необхідний певний часовий інтервал, тривалість якого залежить від кількості води, що забезпечує гідратацію компонентів, а також від кількості та якості клейковини у борошні. Збільшення тривалості цього процесу свідчить про наявність у борошні клейковини з високою силою, тоді як скорочення часу утворення тіста характерне для борошна зі слабкою клейковинною структурою. Дані щодо тривалості формування тіста на основі досліджуваних борошняних сумішей надано на рисунку 2.

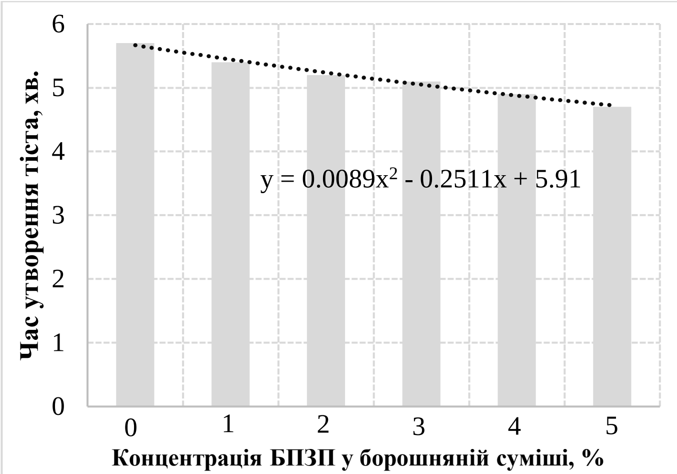


Рис. 2. Час утворення тіста з борошняних сумішей
(0 – контроль, суміш БПВС:БПЗП:ПК: 1 – 80:10:10, 2 – 70:15:15, 3 – 60:20:20, 4 – 50:25:25, 5 – 40:30:30)

Аналіз отриманих результатів свідчить, що зі збільшенням концентрації борошна з пророщеного зерна пшениці та порошку керобу час утворення тіста зменшується – від 5,7 хв (контроль) до 4,7 хв (40:30:30) порівняно з контролем. Це обумовлено активністю ферментів пророщеного зерна, гідролізом білків і крохмалю БПЗП, а також відсутністю клейковинних білків у порошку керобу, який не бере участі в утворенні клейковинного каркасу.

Зменшення кількості та якості клейковини борошняних сумішей впливає як на час утворення тіста, так і на показник розрідження, який відображає здатність тіста опиратися механічному навантаженню після утворення клейковинної сітки, а також його стабільність під час подальшого замішування (рис. 3).

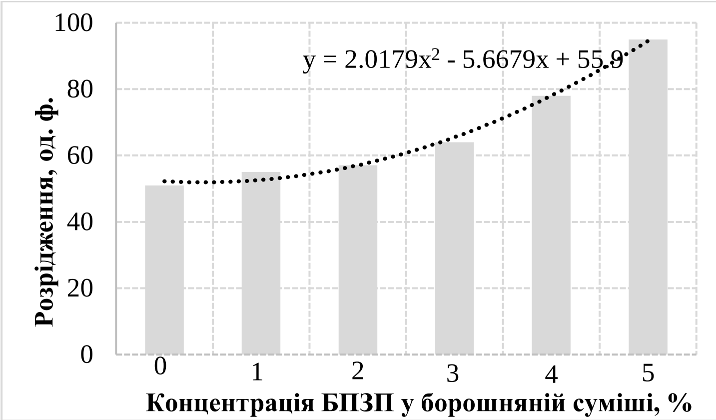


Рис. 3. Розрідження тіста з борошняних сумішей
(0 – контроль, суміш БПВС:БПЗП:ПК: 1 – 80:10:10, 2 – 70:15:15,
3 – 60:20:20, 4 – 50:25:25, 5 – 40:30:30)

Результати дослідження засвідчують, що показник розрідження борошняних сумішей зростає порівняно з контрольним зразком у діапазоні від 7,9 % до 86,2 %, що свідчить про зниження стійкості структури тіста до механічного впливу та його підвищену схильність до руйнування. При цьому тістові системи втрачають пружні властивості через низький вміст клейковинних білків у БПЗП та відсутність структуроутворювальних речовин у ПК.

Досліджено показник еластичності тіста, який характеризує здатність тіста відновлювати власну форму після деформації і, який пов'язаний із якістю та кількістю клейковини у борошні. Результати дослідження показника еластичності на основі борошняних сумішей наведено на рис. 4.

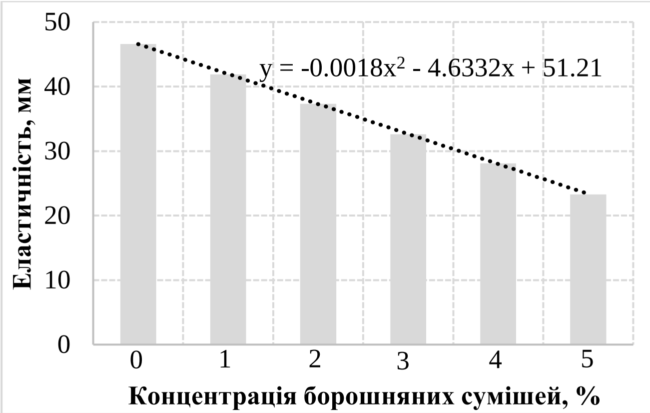


Рис. 4. Еластичність тіста з борошняних сумішей
(0 – контроль, суміш БПВС:БПЗП:ПК: 1 – 80:10:10, 2 – 70:15:15, 3 – 60:20:20, 4 – 50:25:25, 5 – 40:30:30)

Результати дослідження показника еластичності тіста, виготовленого з борошняних сумішей свідчать, що зі збільшенням концентрації БПЗП та ПК цей показник зменшується від 10 % до 50 % відносно контрольного зразка. Це зумовлено деградацією глютену БПЗП, відсутністю білкових структуроутворювачів у порошку керобу, які механічно перешкоджають формуванню міцного та еластичного клейковинного каркасу.

Дослідження показали, що зміна співвідношення між пшеничним борошном вищого сорту, борошном із пророщеного зерна пшениці та порошком керобу істотно впливає на властивості тістових систем з борошняних сумішей, зокрема на еластичність, стабільність тіста та показники розрідження відносно БПВС. У зв'язку з цим доцільно визначити оптимальні напрями використання таких сумішей залежно від концентрації БПВС, БПЗП та ПК.

Таким чином, борошняні суміші зі співвідношенням БПВС:БПЗП:ПК 80:10:10 мають високі показники еластичності та відносно низький рівень розрідження у порівнянні з контролем, що забезпечує стабільність тістових систем. Такі суміші доцільно використовувати у виробництві дріжджового та листкового тіста, де важливо зберегти стабільність і текстурні характеристики тіста.

При співвідношенні БПВС:БПЗП:ПК 70:15:15 спостерігається незначне зниження еластичності та підвищення розрідження у порівнянні з контролем. Ці суміші рекомендовано застосовувати під час виробництва дієтичного печива, мафінів, бісквітів та хлібобулочних виробах оздоровчого призначення.

Для борошняних сумішей у співвідношенні БПВС:БПЗП:ПК 60:20:20, характерна помірна еластичність та значно вища здатність до розрідження у порівнянні з контролем, що обмежує їх використання у технології хлібобулочних виробів. Такі композиції ефективні у виробництві печива, млинців та вафель. Подальше зростання співвідношення БПВС, БПЗП та ПК у борошняних сумішах до 50:25:25 супроводжується значним зниженням еластичності у порівнянні з контролем, проте суміші не здатні зберігати структуру тіста та доцільно застосовувати під час виробництва дієтичних видів пісочного печива.

Суміші з найвищим вмістом БПЗП та ПК – 40:30:30 характеризуються гіршою еластичністю та найвищим показником розрідження у порівнянні з контролем, що вказує на відсутність клейковинного каркасу. Такі рецептури є перспективними для виробництва борошняних кондитерських виробів, які не потребують інтенсивного замішування. За потреби рекомендовано використовувати структуроутворювачі (пектин, камедь, ізоляти білків) для покращення консистенції тістових систем.

Висновки. Проведені дослідження свідчать, що зі збільшенням кількості борошна з пророщеного зерна та порошку керобу спостерігається зниження еластичності та підвищення показника розрідження тістових систем відносно контролю, що обмежує використання таких сумішей у традиційному хлібопеченні та у технології борошняних кондитерських виробів, проте відкриває перспективи для їх використання у виробництві функціональних та дієтичних виробах, завдяки високому вмісту харчових волокон у борошні з пророщеного зерна пшениці, антиоксидантних сполук та зниженому глікемічному індексу у порошку керобу.

Таким чином, варіювання співвідношення пшеничного борошна, пророщеного зерна та керобу у комплексних борошняних сумішах дозволяє розширити асортимент хлібобулочних та борошняних кондитерських виробів функціонального призначення та адаптувати рецептури відповідно до технологічних потреб виробництва.

Перспективами подальших досліджень є визначення впливу природних полісахаридів (пектину, камеді, целюлози) на реологічні властивостей тіста для хлібобулочних виробів з високим вмістом борошна з пророщеного зерна пшениці та порошку керобу. Це дозволить розширити можливості застосування комплексних борошняних сумішей у традиційному хлібопеченні.

Список джерел інформації / References

1. Собко А. Інноваційні технології борошняних кондитерських виробів функціонального призначення для учнів. Ресторанний і готельний консалтинг. Інновації. 2019. Т. 2, № 1. С. 94-108.

Sobko A. Innovatsiini tekhnolohii boroshnianykh kondyterskykh vyrobiv funktsionalnoho pryznachennia dlia uchniv. Restorannyi i hotelnyi konsaltynh. Innovatsii. 2019. T. 2, № 1. S. 94-108

2. Сильчук Т. А., Фурманова Ю. П., Павлюченко О. С. Теоретичні передумови створення борошняних сумішей для закладів ресторанного господарства. Обладнання та технології харчових виробництв. 2020. Т. 2, № 41. S. 41-46. DOI:10.33274/2079-4827-2020-41-2-41-46

Sylchuk T. A., Furmanova Yu. P., Pavliuchenko O. S. Teoretychni peredumovy stvorennia boroshnianykh sumishei dlia zakladiv restorannoho hospodarstva. Obladnannia ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv. 2020. T. 2, № 41. P. 41-46. DOI: 10.33274/2079-4827-2020-41-2-41-46

3. Шелудько В. М. Використання борошна зернових культур у технології біскотті. Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія «Технічні науки». 2019. Т. 1, № 91. С. 15-20.

Sheludko V. M. Vykorystannia boroshna zernovykh kultur u tekhnolohii biskotti. Naukovyi visnyk Poltavskoho universytetu ekonomiky i torhivli. Seriia «Tekhnichni nauky». 2019. T. 1, № 91. S. 15-20.

4. Юрченко С. Л., Шабельська І. І. Удосконалення рецептурного складу бісквітного напівфабрикату з використанням мультизернового борошна. Молодий вчений. 2018. Т. 10, № 62. С. 448-451. DOI: http://doi.org/10.37734/2518-7171-2019-1-2

Yurchenko S. L., Shabelska I. I. Udoskonalennia retsepturnoho skladu biskvitnoho napivfabrykatu z vykorystanniam multyzernovoho boroshna. Molodyi vchenyi. 2018. T. 10, № 62. S. 448-451. DOI: http://doi.org/10.37734/2518-7171-2019-1-2

5. Миколенко С. Ю., Захаренко А. А. Дослідження впливу амарантового та льняного борошна на якість печива. Технічні науки та технології. 2019. Т. 1, № 19. С. 228-240. https://doi.org/10.25140/2411-5363-2020-1(19)-228-240.

Mykolenko S. Yu., Zakharenko A. A. Doslidzhennia vplyvu amarantovoho ta lnianoho boroshna na yakist pechyva. Tekhnichni nauky ta tekhnolohii. 2019. T. 1, № 19. S. 228-240. https://doi.org/10.25140/2411-5363-2020-1(19)-228-240.

6. Новікова Н. В., Камєнєва, Р. С. Використання нетрадиційної сировини для поліпшення споживних властивостей тортів на вафельній основі. Вісник ХНТУ. Технологія легкої і харчової промисловості. 2020. Т. 2, № 73. С. 48-53.

Novikova N. V., Kamienieva, R. S. Vykorystannia netradytsiinoi syrovyny dlia polipshennia spozhyvnykh vlastyvostei tortiv na vafelnii osnovi. Visnyk KhNTU. Tekhnolohiia lehkoi i kharchovoi promyslovosti. 2020. T. 2, № 73. S. 48-53.

7. Господаренко Г. М., Любич В. В., Полянецька І. О., Новіков В. В. Формування якості кондитерських виробів із борошна пшениць різних сортів і ліній. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2017. № 2. С. 102-110.

Hospodarenko H. M., Liubych V. V., Polianetska I. O., Novikov V. V. Formuvannia yakosti kondyterskykh vyrobiv iz boroshna pshenyts riznykh sortiv i linii. Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva. 2017. № 2. S. 102-110.

8. Ткаченко А. С., Губа Л. М., Басова Ю. О., Горячова О. О., Сирохман І. В. Розроблення органічного печива з поліпшеними споживними властивостями з використанням підходів управління безпечністю [Електронний ресурс]. Режим доступу : https://media.neliti.com/media/publications/398999-developing-organic-cookies-with-improved-26176731.pdf.

Tkachenko A. S., Guba L. M., Basova Yu. O., Goryachova O., Syrokhman I. B. development of organic cookies with improved consumer properties using safety management approaches [Electronic resource]. Access mode : https://media.neliti.com/media/publications/398999-developing-organic-cookies-with-improved-26176731.pdf

9. Філінська Т., Шевченко В., Філінська А., Павлюк С., Суха І. Дослідження властивостей багатокомпонентних сумішей борошна. Технічні науки та технології. 2023. Т. 1, 31. С. 117–125. https://doi.org/10.25140/2411-5363-2023-1(31)-117-125.

Filinska T., Shevchenko V., Filinska A., Pavliuk S., Sukha I. Doslidzhennia vlastyvostei bahatokomponentnykh sumishei boroshna. Tekhnichni nauky ta tekhnolohii. 2023. T. 1, 31. S. 117–125. https://doi.org/10.25140/2411-5363-2023-1(31)-117-125

10. Romanovska, O. Technology elaboration of biscuits with reduced sugar content. Restaurant and hotel consulting. Innovation 2022, 5(1), 97–109.

11. Sęczyk, Ł., Świeca, M., & Gawlik-Dziki, U. Effect of carob (Ceratonia siliqua L.) flour on the antioxidant potential, nutritional quality, and sensory characteristics of fortified durum wheat pasta. Food Chemistry 2016, 194, 637–642.

12. Кравченко М., Піддубний В., Романовська О. Структурно-механічні властивості бісквітного тіста з борошном «Здоров'я». Міжнародний науково-практичний журнал «Товари і ринки». 2017. Т. 2(1). С. 86-96.

Kravchenko M., Piddubnyi V., Romanovska O. Strukturno-mekhanichni vlastyvosti biskvitnoho tista z boroshnom «Zdorovia». Mizhnarodnyi naukovo-praktychnyi zhurnal «Tovary i rynky». 2017. T. 2(1). S. 86-96.

13. Кравченко М. Ф., Романовська О. Л. Вплив борошна «Здоров'я» на реологічні характеристики клейковини борошняних сумішей. Міжнародний науково-практичний журнал «Товари і ринки». 2016. Т. 1(21). С. 177-184.

Kravchenko M. F., Romanovska O. L. Vplyv boroshna «Zdorovia» na reolohichni kharakterystyky kleikovyny boroshnianykh sumishei. Mizhnarodnyi naukovo-praktychnyi zhurnal «Tovary i rynky». 2016. T. 1(21). S. 177-184

14. Hřivna, L., Zigmundová, V., Burešová, I., Maco, R., Vyhnánek, T., & Trojan, V. Rheological properties of dough and baking quality of products using coloured wheat. Plant Soil Environ 2018, 64(5), 203-208

15. Gómez, M., Gutiérrez, C., & Sahin, S. (2023). Wheat Flour Quality Assessment by Fundamental Non-Linear Rheological Methods. *Foods*, 12(19), 3650. doi: 10.3390/foods12193650

16. Кравченко М. Ф., Данилюк І. П., Романовська О. Л. Технологічні особливості борошняних композиційних сумішей : колективна монографія / Innovative technologies and equipment: development prospects of the food and restaurant industries. Baltija Publishing, 2022. С. 210-244.

Kravchenko M. F., Danyliuk I. P., Romanovska O. L. Tekhnolohichni osoblyvosti boroshnianykh kompozytsiinykh sumishei : kolektyvna monohrafiia / Innovative technologies and equipment: development prospects of the food and restaurant industries. Baltija Publishing, 2022. S. 210-244

17. Ткачик С. О., Лещук Н. В., Присяжнюк О. І. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина. Український інститут експертизи сортів рослин. Вінниця, 2016. 120 с.

Tkachyk S. O., Leshchuk N. V., Prysiazhniuk O. I. Metodyka provedennia kvalifikatsiinoi ekspertyzy sortiv roslyn na prydatnist do poshyrennia v Ukraini. Zahalna chastyna. Ukrainskyi instytut ekspertyzy sortiv roslyn. Vinnytsia, 2016. 120 s.

18. Перепелиця М. П. Якість клейковини тістового напівфабрикату для борошняних кулінарних виробів. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства. 2019. № 207. С. 206-213.

Perepelytsia M. P. Yakist kleikovyny tistovoho napivfabrykatu dlia boroshnianykh kulinarnykh vyrobiv. Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva. 2019. № 207. S. 206-213.

19. Brabender GmbH & Co. KG. (2020). Farinograph-E: Application and Method Description. Duisburg, Germany: Brabender GmbH. 36 p.

Кравченко Михайло Федорович, д-р техн. наук, професор кафедри ресторанних і крафтових технологій Державного торговельно-економічного університету, m.f.kravchenko@gmail.com.

Kravchenko Mikhailo, Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of restaurant and craft technologies of the State University of Trade and Economics, m.f.kravchenko@gmail.com.

Романовська Ольга Леонідівна, канд. техн. наук, доцент кафедри харчових технологій, готельно-ресторанного і туристичного сервісу Чернівецького торговельно-економічного інституту Державного торговельно-економічного університету, romaolga35@gmail.com.

Romanovska Olha, Candidat of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of food technologies, hotel, restaurant and tourist service of Chernivtsi Institute of Trade and Economics of SUTE, romaolga35@gmail.com.

ХАРЧОВІ ІНГРЕДІЄНТИ ТА ДОБАВКИ

УДК 664.95

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА БІЛКОВОГО РИБНОГО КОНЦЕНТРАТУ

М.Ф. Кравченко, І.П. Данилюк, І.Р. Лошенюк

У роботі розглянуто питання розроблення ресурсозберігаючої технології виробництва білкового рибного концентрату з використанням маловартісної рибної сировини. Проведено дослідження кінетичних закономірностей процесу сушіння рибного фаршу з Atherina pontica за різних температурних режимів. Встановлено оптимальні параметри конвективного сушіння подрібненої рибної маси. Оцінено функціонально-технологічні властивості отриманого білкового рибного концентрату, зокрема здатність до зв'язування води.

Ключові слова: *рибна сировина, Atherina pontica, фарш, сушіння, кінетика.*

TECHNOLOGY OF PROTEIN FISH CONCENTRATE PRODUCTION

M. Kravchenko, I. Danyliuk, I. Losheniuk

This article presents the results of research focused on developing a production technology for protein fish concentrate from Black Sea sand smelt (Atherina pontica), a widely available and nutritionally valuable small pelagic species in the Black Sea basin. The relevance of the study lies in addressing the need to enhance Ukraine's food security by ensuring the rational and efficient utilization of domestic aquatic bioresources, particularly underutilized fish raw materials. The study involved an analysis of the physico-chemical composition of the raw material, including moisture, protein, and ash content, determined in accordance with national standards.

A step-by-step technological scheme for producing fish concentrate is proposed, consisting of three subsystems: raw material preparation (defrosting, mechanical processing, gutting, washing, and mincing), drying (at 50, 70, and 100 °C), and final processing (grinding, sieving, pasteurization, and packaging). The drying kinetics were studied, and the influence of temperature regimes on moisture loss rate, residual protein content, and the sensory and technological qualities of the finished product was assessed. It was found that drying at 70 °C is optimal in terms of energy efficiency and preservation of protein functionality.

The rehydration properties of the dried product were evaluated at different water temperatures. It was shown that concentrates dried at 50 and 70 °C exhibited higher water absorption coefficients than those dried at 100 °C, which is attributed to a lower degree of protein denaturation at lower drying temperatures. These findings *highlight the potential of using Black Sea sand smelt as a high-protein ingredient in culinary and foodservice applications.*

Thus, the developed technology enables effective utilization of low-value fish raw materials, expands the range of protein-rich food products, reduces waste, and enhances the nutritional value of dishes based on natural protein components.

Keywords: *Fish raw material, Atherina pontica, mince, drying, kinetics.*

Постановка проблеми в загальному вигляді. У контексті забезпечення продовольчої безпеки держави особливої актуальності набуває впровадження технологій комплексної та маловідходної переробки доступної рибної сировини, зокрема атерина чорноморська (Atherina mochon pontica). Даний вид гідробіонтів Азово-Чорноморського басейну є перспективним, хоча наразі маловикористовуваним промисловим видом. Незважаючи на обмежене використання в харчовій промисловості, *Atherina pontica* характеризується високим біологічним потенціалом і може слугувати цінною сировиною для отримання білкових концентратів, завдяки високому вмісту повноцінного та легкозасвоюваного білка. Це обґрунтовує доцільність її комплексної переробки з метою отримання білкових рибних концентратів функціонального призначення [1].

Незважаючи на високі споживні характеристики, асортимент харчових продуктів на основі *Atherina pontica* залишається вкрай обмеженим. Така ситуація зумовлена специфічними морфо-фізіологічними особливостями виду, а також труднощами, що виникають у процесі обробки, зокрема при механічному розбиранні.

У зв'язку з цим постає необхідність розробки технологічних рішень, спрямованих на більш ефективне та раціональне використання цієї рибної сировини у харчовій промисловості. Особливу увагу при цьому слід приділити залученню до переробки вторинної сировини, включаючи шкіру, кістки, які можуть слугувати джерелами цінних нутрієнтів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У контексті забезпечення продовольчої безпеки та ефективного використання водних біоресурсів, останні дослідження акцентують увагу на розробці технологій комплексної та безвідходної переробки дрібної рибної сировини, яка раніше не мала широкого промислового застосування. Зокрема, значна увага приділяється удосконаленню способів вилучення білкових компонентів та мінеральних речовин із дрібних представників іхтіофауни, таких як бичкові риби, тюлька, атерина тощо [2–4].

Згідно з науковими джерелами, перспективним напрямом є виробництво рибних концентратів, які мають високу поживну цінність, тривалий термін зберігання та широкі можливості використання у різних галузях харчової промисловості [5–7]. Встановлено, що такі концентрати можуть бути ефективно використані у виробництві кулінарних виробів, супових основ, концентратів швидкого приготування та функціональних харчових продуктів [8].

Окремі дослідження присвячені вивченню впливу режимів сушіння на органолептичні та фізико-хімічні властивості рибної сировини. Зокрема, доведено, що температура та тривалість сушіння безпосередньо впливають на ступінь денатурації білка, гідратаційні властивості та якість готового концентрату [9–10].

Водночас, слід зазначити фрагментарність наявної інформації щодо комплексної переробки малоцінних видів риб, зокрема таких як *Atherina pontica*. Більшість публікацій зосереджена на окремих аспектах хімічного складу чи показників якості готової продукції, у той час як цілісні технологічні схеми їх переробки досі потребують розробки та впровадження [11].

Таким чином, існує потреба у подальших дослідженнях, спрямованих на створення раціональних технологій переробки дрібної рибної сировини з акцентом на отримання високоякісних білкових концентратів та розширення асортименту продуктів із підвищеною харчовою та біологічною цінністю.

Мета статті полягає в розробленні науково обґрунтованої технології виробництва білкового рибного концентрату з дрібної рибної сировини (*Atherina pontica*), що забезпечує збереження її біологічної цінності, підвищення рівня використання вторинної сировини та формування продукту з високими функціонально-технологічними властивостями.

Матеріали та методи. Об’єктом дослідження є січена рибна маса, отримана з *Atherina pontica* весняного вилову в акваторії Чорного моря (м. Одеса). Відбір зразків здійснювався відповідно до вимог стандарту ДСТУ 7972:2015 [12]. Визначення масової частки вологи та сухих речовин проводилось методом висушування при температурі 100–105 °C; вміст білка визначали за методом К’єльдаля, а зольність – ваговим методом після мінералізації наважки в муфельній печі при температурі 600 °C згідно з ДСТУ 8029:2015 [13].

Процес сушіння січеної рибної маси здійснювали в лабораторному сушильному апараті конвективного типу СШ-1 за температур 50, 70 та 100 °C. Зміни маси в процесі сушіння фіксували кожні 30 хвилин, на підставі чого були побудовані криві сушіння білкового рибного концентрату.

Коефіцієнт водопоглинання отриманого сушеного рибного концентрату визначали шляхом оцінювання його здатності до набухання у водному середовищі при температурах 20, 35 і 55 °C.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розроблено технологічну схему (рис. 1) одержання білкового концентрату з *Atherina pontica*, яка структурно включає три основні етапи:

- етап I – підготовка сировини;
- етап II – сушіння січеної рибної маси;
- етап III – товарне оформлення готового концентрату.

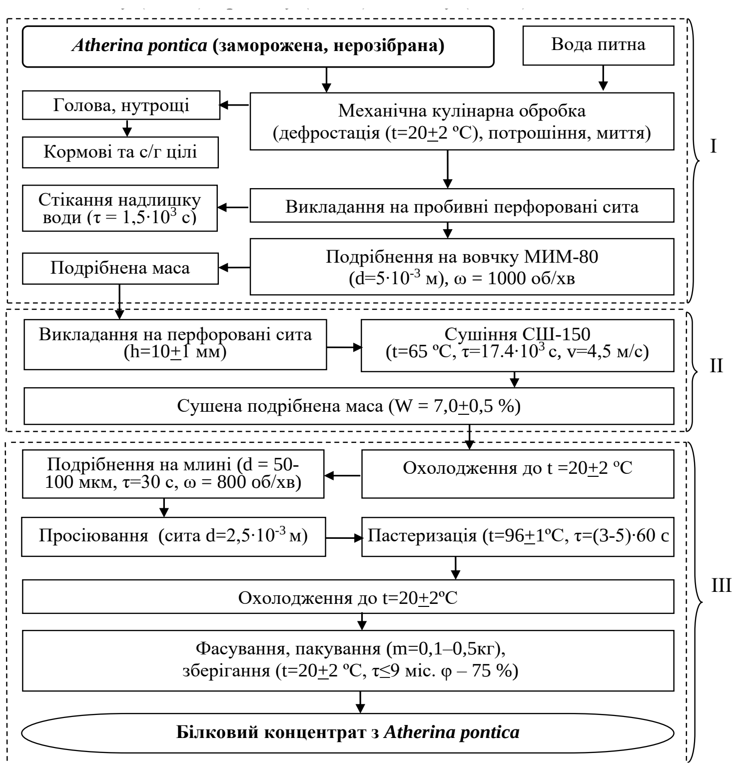


Рис. 1. Технологічна схема виробництва білкового концентрату з Atherina pontica (I етап. Підготовка сировини до виробництва (механічна кулінарна обробка); II етап. Сушіння; III етап. Отримання білкового концентрату (подрібнення, просіювання, пастеризація, фасування, пакування, зберігання)

У межах етапу I сировину (заморожену *Atherina pontica*) піддавали розморожуванню у повітряному середовищі при температурі 18 ± 2 °С. Подальша механічна кулінарна обробка включала промивання, дренування на перфорованих ситах та подрібнення за допомогою м’ясорубки до отримання однорідної січеної маси.

У підсистемі II подрібнену масу рівномірно розподіляли на перфорованих листах шаром товщиною 10 ± 1,5 мм та сушили в сушильній установці при різних температурних режимах:

– 100 °С протягом 3–4 годин до залишкової вологості 8,0–10,0 % (зразок № 1);

– 70 °С протягом 3,5–4,5 годин до залишкової вологості 9,0–11,0 % (зразок № 2);

– 50 °С протягом 5–6 годин до залишкової вологості 10,0–12,0 % (зразок № 3).

У межах III етапу висушену рибну масу охолоджували до температури 18 ± 2 °С, подрібнювали на млині до фракції з розміром частинок $5–10 \cdot 10^{-6}$ м, просіювали через металеві сита, викладали на листи та пастеризували при температурі 96 ± 3 °С протягом 60 ± 3 с. Готовий концентрат фасували у герметичні пакети з багатошарових металізованих полімерних матеріалів.

Ключовими технологічними чинниками в процесі сушіння (II етап) є температура та тривалість теплової обробки, які суттєво впливають на собівартість продукції та формування функціонально-технологічних властивостей готового рибного концентрату.

Режими сушіння визначено на основі основоположних критеріїв – температурного рівня та тривалості процесу. Моніторинг втрати мас сировини здійснювався з інтервалом у 30 хвилин. Кінетичні параметри сушіння графічно подано на рис. 2. [14].

На початковій стадії процесу спостерігається інтенсивне випаровування поверхневої вологи, що зумовлює високу швидкість сушіння. Подальше зневоднення відбувається повільніше у зв’язку зі зменшенням вмісту зв’язаної вологи.

Аналіз сушильних кривих демонструє, що за температури теплоносія 100 °С спостерігається найінтенсивніше зниження вологості, що обумовлено швидким утворенням щільної поверхневої структури. За цього режиму досягнення залишкової вологості 8–10 % можливе вже через 180 хвилин, тоді як при температурі 70 °С аналогічна вологість (9–11 %) досягається лише через 270 хв, а за температури 50 °С – через 5,5 години, коли залишковий вміст вологи становить 10–12 %.

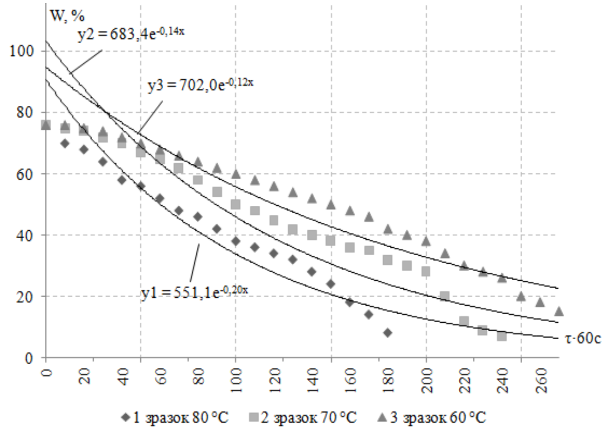


Рис. 2. Динаміка втрат вологи в подрібненій масі з *Atherina pontica* за різних температур сушіння 80 ºС (1), 70 ºС (2), 60 ºС (3)

Шляхом математичного моделювання визначені раціональні параметри сушіння: t= 65 ºС, $\tau = 17{,}4 \cdot 10^3$ с, h = 10,0+1,0 мм, v=4,5 м/с W=7,0±0,5 % (рис. 3, 4) [15].

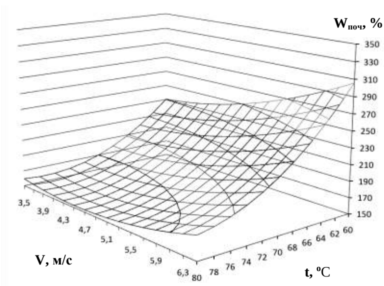


Рис. 3. Швидкості сушіння подрібненої рибної маси за різних температур та швидкості потоку повітря

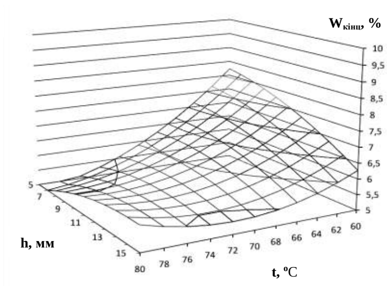


Рис. 4. Кінцевий вологовміст у сушеній масі за різних температур та товщини шару подрібненої маси

З метою визначення оптимального режиму сушіння рибного концентрату з *Atherina pontica* проведено дослідження змін органолептичних та фізико-хімічних показників (табл. 1).

Результати свідчать, що сушіння при температурі 100 °С призводить до зниження вмісту білків у готовому продукті на 2,2 % у порівнянні з варіантом сушіння при 50 °С, а при 70 °С – на 0,8 %

(відносно зразка № 1), що зумовлено термічною денатурацією білкових компонентів через інтенсивне зневоднення січеної маси.

З підвищенням температури сушіння спостерігаються зміни органолептичних показників, так при підвищенні температури від 50 °С до 70 °С, колір порошку змінюється від світло сірого до темно сірого, що можна пояснити реакцією меланоїдиноутворення.

Таблиця 1

Органолептичні показники сушеної подрібненої рибної маси *Atherina pontica* за різних температур

Найменування показника	Номер зразка та температура сушіння		
	№ 1 (100 °С)	№ 2 (70 °С)	№ 3 (50 °С)
Тривалість сушіння	$10.8 \cdot 10^3$ с	$16.2 \cdot 10^3$ с	$19.8 \cdot 10^3$ с
Органолептичні показники			
Зовнішній вигляд	однорідна сушена рибна маса без сторонніх включень		
Колір	темно-сірий	світло-сірий	світло-сірий
Смак	властивий *Atherina pontica*, без сторонніх присмаків		
Запах	рибний запах властивий *Atherina pontica*, без сторонніх запахів		
Фізико-хімічні показники, % (± m)			
Мова частка: - вологи	9,0±1,0	10,0±1,0	11,0±1,0
- білка	65,8±1,4	66,1±1,5	66,7±1,4
- золи	11,8±0,1	11,8±0,1	11,8±0,1
- ліпідів	2,4±0,1	2,4±0,1	2,4±0,1

Таким чином, з урахуванням показників енерговитрат, збереження харчової цінності та якості готової продукції, температурний режим сушіння 70 °С є найбільш раціональним для виробництва білкового концентрату з атерини чорноморської.

З урахуванням подальшого використання білкового рибного концентрату з *Atherina pontica* як інгредієнта при приготуванні страв та кулінарної продукції, наступним етапом досліджень стало визначення його регідратаційних властивостей.

Відновлення зразків здійснювали у водному середовищі за різних температурних режимів. Коефіцієнти водопоглинання трьох висушених зразків наведено в таблиці 2. Отримані результати свідчать, що зі зростанням температури води для відновлення підвищується значення коефіцієнта водопоглинання, що вказує на поліпшення гідратаційної здатності концентрату з *Atherina pontica*. Зокрема, зразки, висушені при температурах 50 °C і 70 °C, демонструють вищі показники водопоглинання порівняно зі зразком, обробленим при 100 °C.

Таблиця 2

Коефіцієнт водопоглинання сушеного рибного концентрату з *Atherina pontica* за різних температур

Температура сушіння, °C	Температура води, °C		
	20	35	55
50	3.8 ± 0.2	4.4 ± 0.3	4.9 ± 0.3
70	3.6 ± 0.2	4.0 ± 0.3	4.3 ± 0.3
100	2.5 ± 0.3	2.9 ± 0.3	3.2 ± 0.3

Такий ефект можна пояснити більшою здатністю білкових структур до утримання вологи за умов помірного температурного впливу. У разі сушіння при 100 °C відбувається часткова денатурація білків, що знижує їх здатність до розчинення та зв’язування води, тоді як при 50 °C і 70 °C структура білків зберігається краще, що забезпечує вищий коефіцієнт водопоглинання.

Обрані температурні режими для дослідження відновлення обґрунтовані технологічними вимогами до термічної обробки продуктів у практиці харчової промисловості.

Висновки. Обґрунтовано доцільність використання *Atherina pontica*, як сировини для виробництва білкового рибного концентрату завдяки її високим споживним якостям, вмісту повноцінного білка.

Розроблено технологічну схему отримання рибного концентрату, яка включає три основні етапи: підготовка сировини, сушіння та оформлення готового продукту. Визначено оптимальні параметри кожного етапу.

Встановлено, що температура сушіння суттєво впливає на фізико-хімічні та функціональні властивості рибного концентрату. Найефективнішим режимом сушіння є температура 70 °C, яка забезпечує оптимальний баланс між енерговитратами, збереженням білкових речовин та гідратаційною здатністю готового продукту.

Проведено дослідження реґідратаційних властивостей концентрату. Показано, що підвищення температури відновлення сприяє збільшенню коефіцієнта водопоглинання. Концентрати, висушені при 50 °C та 70 °C, мають кращу здатність до зв’язування води порівняно з тими, що сушилися за 100 °C.

Таким чином, отримані результати можуть бути використані для вдосконалення технологій переробки дрібної рибної сировини та розширення асортименту продуктів підвищеної харчової цінності в умовах промислового та ресторанного виробництва.

Список джерел інформації / References

1. Кравченко, М. Ф., Данилюк, І. П. (2017). Перспективи використання атерини чорноморської в технологіях кулінарної продукції. Харчова промисловість : зб. наук. пр. НУХТ. 21, с. 27–32

Kravchenko, M. F., & Danylyuk, I. P. (2017). Perspektyvy vykorystannia ateryny chornomorskoi v tekhnolohiiakh kulinarnoi produktsii [Prospects for the use of Black Sea atherina in culinary product technologies]. *Kharchova promyslovist: Zbirnyk naukovykh prats NUHT*, 21, s. 27–32.

2. Деркач, Л. І., Бондар, О. А. (2021). Технологічні аспекти переробки маловикористовуваних видів риб у функціональні продукти. Харчова промисловість, 18(2), с. 45–49.

Derkach, L. I., & Bondar, O. A. (2021). Tekhnolohichni aspekty pererobky malovykorystovuvanykh vydiv ryb u funktsionalni produkty [Technological aspects of underutilized fish species processing into functional products]. Kharchova promyslovist, 18(2), s. 45–49.

3. Ковальчук, В. О., Тищенко, Н. С. (2020). Технологія комплексної переробки вторинної рибної сировини. Вісник Національного університету харчових технологій, 26(4), с. 71–77.

Kovalchuk, V. O., & Tyshchenko, N. S. (2020). Tekhnolohiia kompleksnoi pererobky vtorynnoi rybnoi syrovyny [Technology of complex processing of secondary fish raw materials]. Visnyk NUKhT, 26(4), s. 71–77.

4. Степаненко, С. В., Рибак, Т. В. (2019). Перспективи використання дрібної риби у виробництві харчових концентратів. Продовольча індустрія АПК, 5, с. 22–26.

Stepanenko, S. V., & Rybak, T. V. (2019). Perspektyvy vykorystannia dribnoi ryby u vyrobnytstvi kharchovykh kontsentrativ [Prospects for the use of small fish in the production of food concentrates]. Prodovolcha industriia APK, 5, s. 22–26.

5. Бойко, І. М., Василенко, П. І. (2018). Технологія сушених рибних продуктів як спосіб збереження харчової цінності. Наукові праці ОНАХТ, 2(63), с. 134–138.

Boiko, I. M., & Vasylenko, P. I. (2018). Tekhnolohiia sushenykh rybnykh produktiv yak sposib zberezhennia kharchovoi tsinnosti [Technology of dried fish products as a method of preserving nutritional value]. Naukovi pratsi ONAKhT, 2(63), s. 134–138.

6. Камінський, С. В. (2022). Білкові рибні концентрати: переваги, обмеження, перспективи використання. Технічні науки та технології, 3(21), с. 59–64.

Kaminskyi, S. V. (2022). Bilkovi rybni kontsentraty: perevahy, obmezhennia, perspektyvy vykorystannia [Fish protein concentrates: advantages, limitations, prospects for use]. Tekhnichni nauky ta tekhnolohii, 3(21), s. 59–64.

7. Шевченко, Т. І., Мельник, О. В. (2020). Особливості отримання білкових гідролізатів з дрібної рибної сировини. Харчова хімія і технології, 2(6), с. 98–104.

Shevchenko, T. I., & Melnyk, O. V. (2020). Osoblyvosti otrymannia bilkovykh hydrolyzativ z dribnoi rybnoi syrovyny [Features of obtaining protein hydrolysates from small fish raw materials]. Kharchova khimiia i tekhnolohii, 2(6), s. 98–104.

8. Давиденко, І. С., Білик, О. О. (2017). Розробка функціональних кулінарних виробів із рибних концентратів. Вісник ХНТУСГ, 184, 109–113.

Davydenko, I. S., & Bilyk, O. O. (2017). Rozrobka funktsionalnykh kulinarnykh vyrobiv iz rybnykh kontsentrativ [Development of functional culinary products from fish concentrates]. Visnyk KhNTUSG, 184, 109–113.

9. Гавриленко, Н. В. (2021). Вплив температури сушіння на властивості білків рибної сировини. Технологія продуктів і напоїв, 9(3), с. 77–82.

Havrylenko, N. V. (2021). Vplyv temperatury sushinnia na vlastyvosti bilkiv rybnoi syrovyny [Effect of drying temperature on protein properties of fish raw materials]. Tekhnolohiia produktiv i napoiv, 9(3), s. 77–82.

10. Пилипенко, А. М. (2023). Гідратаційна здатність рибних концентратів залежно від температурного режиму сушіння. Продовольчі технології, 1, с. 33–38.

Pylypenko, A. M. (2023). Hidratatsiina zdatnist rybnykh kontsentratyv zalezhno vid temperaturnoho rezhymu sushinnia [Hydration ability of fish concentrates depending on the drying temperature]. Prodovolchi tekhnolohii, 1, s. 33–38.

11. Левченко, Ю. О., Кравченко, М. В. (2020). Комплексна переробка малоцінних видів риб для харчових цілей. Промислова технологія і машинобудування, 14(2), с. 85–90.

Levchenko, Yu. O., & Kravchenko, M. V. (2020). Kompleksna pererobka malotsinnykh vydiv ryb dlia kharchovykh tsilei [Comprehensive processing of low-value fish species for food purposes]. Promyslova tekhnolohiia i mashynobuduvannia, 14(2), s. 85–90.

12. ДСТУ 7972:2015. Риба та рибні продукти. Правила приймання, методи відбирання проб. – [Чинний від 2017-01-01]. – К.: Мінекономрозвитку України, 2016. – 10 с.

Derzhstandart Ukrainy. (2016). **DSTU 7972:2015.** Ryba ta rybni produkty. Pravila pryimannia, metody vidbyrannia prob. Kyiv: Minekonomrozvytku Ukrainy. 10 s.

13. ДСТУ 8029:2015. Риба та рибні продукти. Методи визначення вологи. – [Чинний від 2017-01-01]. – К.: Мінекономрозвитку України, 2016. 12 с.

Derzhstandart Ukrainy. (2016). **DSTU 8029:2015**. Ryba ta rybni produkty. Metody vyznachennia volohy. Kyiv: Minekonomrozvytku Ukrainy. 12 s.

14. Кравченко, М. Ф., Шаповал, С. Л., & Данилюк, І. П. (2017). Кінетика процесу сушіння рибного концентрату із атерини чорноморської. Міжнародний науково-практичний журнал "Товари і ринки". 1(21), с. 131-139.

Kravchenko, M. F., Shapoval, S. L., & Danylyuk, I. P. (2017). Kinetika protsesu sushinnia rybnoho kontsentraty iz ateryny chornomorskoi [Kinetics of drying process of Black Sea atherina fish concentrate]. Tovary i rynky, 1(21), s. 131–139.

15. Данилюк І.П. Технологія борошняних кулінарних виробів з порошком *Atherina Pontica* : автореф. дис. … канд. тех. наук: спец. 05.18.16 «Технологія харчової продукції»; Київський національний торговельно-економічний університет. Київ. 22 с.

Danylyuk, I. P. (n.d.). Tekhnolohiia boroshnianykh kulinarnykh vyrobiv z poroshkom Atherina pontica [Technology of flour culinary products with Atherina pontica powder] (Author's abstract of the candidate dissertation). Kyiv National University of Trade and Economics. 22 s.

Кравченко Михайло Федорович, д-р техн. наук, професор кафедри ресторанних і крафтових технологій Державного торговельно-економічного університету, m.f.kravchenko@gmail.com.

Kravchenko Mikhailo, Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of restaurant and craft technologies of the State University of Trade and Economics, m.f.kravchenko@gmail.com.

Данилюк Інна Петрівна, канд. техн. наук, доцент кафедри харчових технологій, готельно-ресторанного і туристичного сервісу Чернівецького торговельно-економічного інституту Державного торговельно-економічного університету, cherep_inna@ukr.net.

Danyliuk Inna, Candidat of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of food technologies, hotel, restaurant and tourist service of Chernivtsi Institute of Trade and Economics of SUTE, cherep_inna@ukr.net.

Лошенюк Ірина Романівна, канд. тех. наук, доцент кафедри менеджменту маркетингу і міжнародної логістики Чернівецького торговельно-економічного інституту Державного торговельно-економічного університету, iryna.losheniuk@gmail.com.

Losheniuk Iryna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Management, Marketing and International Logistics Chernivtsi Institute if Trade and Economics of SUTE, Chernivtsi, iryna.losheniuk@gmail.com.

УДК 664.681:641.1:664.641.1

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ МАФІНІВ ІЗ ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ НУТРІЄНТІВ

Л.К. Карпенко, О.В. Богомолов, І.В. Цихановська, О.О. Литвин

У статті представлено результати дослідження рецептури мафінів, до складу яких входить інноваційний інгредієнт – борошно з екструдованого ядра насіння соняшнику (БЕЯНС). Метою роботи було вдосконалення технологічного процесу шляхом збагачення тіста нутрієнтами та покращення його структурно-механічних характеристик. Встановлено, що введення БЕЯНС у кількості 5–15 % до маси пшеничного борошна сприяє покращенню фізико-хімічних властивостей тістових заготовок та готових виробів: підвищується вологість, об'ємна маса, вихід продукції, а також знижується густина, лужність і втрати під час термообробки. Дослідні зразки мафінів із додаванням БЕЯНС вирізняються поліпшеними сенсорними показниками та збагачені білками, жирами й мінеральними речовинами. Оптимальним визнано вміст БЕЯНС на рівні 10 % до маси борошна. Запропонована технологія може бути застосована при формуванні функціональних виробів спеціального призначення.

Ключові слова: *мафіни, БЕЯНС, харчова добавка, нутрієнти, технологія, якість, структура тіста, вологоутримувальна здатність, органолептичні показники.*

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF FORMATION OF QUALITY INDICATORS OF MUFFINS WITH HIGH CONTENT OF NUTRIENTS

L. Karpenko, O. Bogomolov, I. Tsikhanovska, O. Litvin

The article presents the results of scientific research on the development of a muffin recipe using an innovative component – flour derived from the extruded kernel of sunflower seeds (BEYANS). The main objective of the study was to enhance the technological properties of the muffin production process by enriching the dough with valuable nutrients and improving its structural, mechanical, and sensory characteristics. The experimental data confirm that the incorporation of BEYANS in quantities ranging from 5% to 15% of the wheat flour mass leads to significant improvements in the physical and chemical properties of both the semi-finished dough and the final baked goods.

It was observed that the use of BEYANS resulted in increased moisture retention, higher bulk mass, and improved product yield. Simultaneously, there was a noticeable reduction in density, alkalinity, and thermal processing losses. These effects are attributed to the functional composition of BEYANS, which includes a high protein content (38.73%) with a well-balanced amino acid profile, a significant proportion of soluble proteins (76.35%), and fat (4.87%) rich in unsaturated fatty acids. The additive *also contains 22 essential elements (including macro-, micro-, and ultra-microelements), along with a complex of biologically active substances, such as fat- and water-soluble vitamins, and 19 amino acids (10 essential and 9 non-essential).*

Muffins containing BEYANS demonstrated superior organoleptic qualities, improved textural properties (lower crumbliness and compressibility), and enhanced freshness retention over 30 days of storage, compared to traditionally produced muffins. The enrichment with BEYANS contributed to a substantial increase in protein, ash, and fat contents, while reducing carbohydrate levels. Based on the results, the 10% substitution level of BEYANS for wheat flour was identified as optimal, providing a balance between technological feasibility and nutritional enhancement.

The proposed formulation and production process open up possibilities for the creation of functional confectionery products aimed at targeted nutritional support. These muffins may be recommended as part of specialized diets, including those intended for military personnel, individuals with increased physical demands, or populations requiring enriched nutritional intake during periods of recovery or stress.

Keywords: *muffins, BEANS, food additive, nutrients, technology, quality, dough structure, moisture-containing capacity, organoleptic indices.*

Постановка проблеми в загальному вигляді. У сучасних умовах забезпечення населення якісними харчовими продуктами із підвищеною біологічною цінністю набуває особливого значення. Традиційні рецептури борошняних кондитерських виробів, у тому числі мафінів, не задовольняють потреби організму в основних нутрієнтах через високий вміст простих вуглеводів та недостатню кількість білків, мінералів і вітамінів. Пошук ефективних шляхів збагачення рецептур функціональними інгредієнтами, які б не лише підвищували харчову цінність, а й покращували технологічні та сенсорні властивості готових виробів, є актуальним напрямком наукових досліджень. Водночас важливо забезпечити відповідність такої продукції вимогам споживачів із підвищеними фізіологічними потребами, зокрема в умовах особливого періоду.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Упродовж останніх років спостерігається стійка тенденція до очищення харчових продуктів на всіх етапах технологічної обробки, що призводить до втрати природних біополімерів (целюлози, пектинів, геміцелюлоз) – важливих компонентів раціону, які відіграють ключову роль у підтриманні нормального функціонування організму. Водночас аналіз фахових джерел свідчить про недостатню якість борошна, що використовується у виробництві борошняної кондитерської продукції, зокрема щодо його білкового складу, що не завжди відповідає сучасним вимогам здорового харчування [1, 6].

Актуальним напрямом удосконалення харчових продуктів є запровадження інноваційних рішень, орієнтованих на формування збалансованого нутрієнтного складу. Це особливо важливо для продовольчого забезпечення окремих верств населення, де існує невідповідність між чинними нормами та фактичними потребами, зокрема у кондитерських виробах тривалого зберігання. У сучасних раціонах часто переважають прості вуглеводи (цукор, хлібобулочні та кондитерські вироби, мед, тощо), що не забезпечує повноцінного фізіологічного навантаження. Тому необхідним є розширення асортименту функціональних виробів, зокрема борошняних, які мають бути не лише енергетично цінними, але й легкими у транспортуванні та зберіганні.

Із цією метою активно впроваджуються харчові добавки різного походження: мікронутрієнти, модифіковані крохмалі, біополімери, ферментні комплекси, сухі білкові суміші, гідроколоїди. Водночас більшість із них мають обмежену функціональність або вартість, що стримує їх широке використання у практичному виробництві [4, 5].

Одним із перспективних напрямів є застосування вторинної сировини олійно-жирової галузі – зокрема борошна з екструдованого ядра насіння соняшнику (БЕЯНС), що поєднує в собі широкий спектр функціонально-технологічних властивостей. Попередні дослідження підтверджують, що БЕЯНС може виступати як стабілізатор, сорбент, структуроутворювач, емульгатор і антиоксидант, а також як джерело повноцінного білка. Однак на сьогодні бракує наукових робіт, присвячених вивченню впливу БЕЯНС на якість борошняної кондитерської продукції, зокрема мафінів [1, 7].

Таким чином, науковий інтерес до використання БЕЯНС у виробництві мафінів зумовлений потребою у створенні харчових продуктів, які б одночасно відповідали медико-біологічним вимогам, мали збалансований нутрієнтний склад, подовжений термін зберігання та привабливі органолептичні характеристики. Це відкриває перспективи для формування нових підходів до технології мафінів функціонального призначення, особливо для використання у системах спеціального харчування.

Мета статті. Метою цієї наукової роботи є встановлення впливу борошна з екструдованого ядра насіння соняшнику (БЕЯНС) як функціональної харчової добавки на формування фізико-хімічних, органолептичних і технологічних показників якості мафінів. Завданням дослідження є обґрунтування доцільності використання БЕЯНС у рецептурі виробів підвищеної харчової цінності з метою розширення асортименту кондитерських продуктів функціонального призначення.

Матеріали та методи. У дослідженні використано пшеничне борошно вищого гатунку, житнє борошно та борошно з екструдованого ядра насіння соняшнику (БЕЯНС). Мафіни виготовлялися за класичною рецептурою [6, 10; ДСТУ 4505-Мафіни. Загальні технічні умови] з поетапним введенням БЕЯНС у кількості 5 %, 10 % та 15 % від маси пшеничного борошна. У таблиці 1 наведено рецептури дослідних зразків мафінів.

Таблиця 1

Рецептури мафінів, виготовлених за традиційною технологією (контроль) та мафінів із частковою заміною БПВГ на БЕЯНС

Найменування сировини	Витрати сировини на 1 т готової продукції (без матеріалів для упаковки), кг			
	Мафіни			
	Зразок 1 – контроль	Зразок 2 – з 5,0% БЕЯНС	Зразок 3 – з 10,0% БЕЯНС	Зразок 4 – з 15,0% БЕЯНС
Борошно пшеничне вищого ґатунку (БПВГ)	413,36	392,69	372,02	351,36
Борошно з екструдованого ядра насіння соняшнику (БЕЯНС)	–	20,67	41,34	62,00
Борошно житнє обдирне	95,71	95,71	95,71	95,71
Цукор-пісок	230,89	229,79	229,29	228,79
Мед натуральний	221,95	221,95	221,95	221,95
Масло вершкове	56,00	53,00	53,00	53,00
Меланж яєчний	11,70	11,70	11,70	11,70
Сода харчова	1,54	1,54	1,54	1,54
Вуглекислий амоній	7,28	7,28	7,28	7,28
Какао-порошок	11,19	11,19	11,19	11,19
Кориця	3,05	3,05	3,05	3,05
Паленка	10,18	10,18	10,18	10,18
Разом	1068,97	1068,97	1068,97	1068,97
Вихід	1000,00	1047,00	1049,00	1049,50

Дослідження проводилися за такими показниками: вологість, густина, лужність, об’ємна маса, вихід готових виробів, вміст білка, золи та жиру. Для оцінки органолептичних властивостей застосовували п'ятибальну шкалу згідно з чинними стандартами. Фізико-хімічні параметри визначали згідно з методиками ДСТУ. Статистичну обробку результатів здійснювали з використанням стандартних методів математичного аналізу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Побічні продукти, що утворюються внаслідок переробки насіння соняшнику, зокрема макуха й шрот, характеризуються високим вмістом білка (35–63 %), клітковини (приблизно 15 %), а також містять значну кількість мінеральних речовин (зокрема кальцію й фосфору), вітамінів групи В та Е, і поліфенольних сполук (2–5 %) [1]. Білок соняшникового походження має високу функціональну цінність, є недорогим, не містить основних алергенів і демонструє низький рівень антипоживних факторів, що робить його перспективним для використання у харчовій промисловості.

За результатами численних досліджень обґрунтовано доцільність впровадження макухи, шроту й борошна з насіння соняшнику в рецептури хлібобулочних і кондитерських виробів [1, 2, 5–8]. Такі інгредієнти позитивно впливають на функціонально-технологічні властивості борошняних композицій, сприяючи створенню продукції з підвищеною біологічною цінністю, у тому числі з профілактичними властивостями. Традиційні вироби з білого пшеничного борошна мають низький рівень вмісту мікроелементів та біологічно активних речовин, а також характеризуються дефіцитом незамінних амінокислот, таких як лізин, треонін і валін.

Одним із ефективних рішень для вдосконалення складу та технології борошняної кондитерської продукції є використання борошна з екструдованого ядра насіння соняшнику (БЕЯНС). Продукти цієї групи (печиво, мафіни, тістечка тощо) мають складну структуру, яка часто є нестабільною. Крім того, більшість з них містять надмірну кількість цукрів і насичених жирів при недостатньому вмісті білка, клітковини, мінералів і вітамінів.

Як, видно, з табл. 2, БЕЯНС має фізико-хімічні характеристики, що сприяють його безпечному зберіганню. Так, вологість сировини не перевищує 4,72 %, а загальна кількість вологи й летких компонентів становить 8,2 %, що узгоджується з літературними даними щодо аналогічних показників у сировині, отриманій з інших олійних культур (соя, ріпак, кунжут, льон, конопля, гарбуз) [1, 2, 5].

Борошно з екструдованого ядра насіння соняшнику (БЕЯНС) вирізняється високим вмістом білка – 38,73 %, причому його амінокислотний профіль добре збалансований, що суттєво підвищує біологічну цінність продукту. Крім того, частка розчинних протеїнів досягає 76,35 %, що є важливою характеристикою для стабілізації харчових дисперсних систем (пін, емульсій, гелів), оскільки ці білки сприяють утворенню однорідної структури і посилюють міжфазні взаємодії.

Ліпідна фракція (4,87 %) збагачена ненасиченими жирними кислотами, що позитивно позначається на харчовій цінності добавки. Низький показник кислотного числа (0,093 мг КОН/г), який практично не змінюється протягом шести місяців зберігання (0,091 мг КОН/г), свідчить про стабільність ліпідів і відсутність інтенсивних процесів гідролізу та окиснення (зростання кислотного числа становить лише 1,1 %). Це пояснюється наявністю природних антиоксидантів, таких як α-токоферол та хлорогенова кислота, що перешкоджають утворенню вільних радикалів та пригнічують ланцюгові реакції окиснення.

Таблиця 2

Фізико-хімічні показники БЕЯНС

Найменування показника	Вміст
Масова частка вологи, %	4,72±0,24
Масова частка летких речовин, %	3,48±0,16
Масова частка сухої речовини, %	91,80±4,19
Масова частка сирого протеїну в перерахунку на суху речовину,%	38,73±1,94
Масова частка розчинних протеїнів в борошні до загального вмісту протеїну, %	76,35±3,11
Масова частка сирого жиру в перерахунку на суху речовину,%	4,87±0,25
Кислотне число сирого жиру відразу/ після 6 міс. зберігання, мг КОН/г	0,091±0,004/0,093±0,004
Масова частка сирої клітковини,%	11,87±0,55
Масова частка загальної золи, в перерахунку на суху речовину, %	8,0±0,35
Масова частка крохмалю,%	12,53±0,59
Масова частка хлорогенової кислоти, %	0,321±0,016
Масова частка вітаміну Е, мг/кг	15,40±0,77

Оптимальне співвідношення білкової (30–35 %) і жирової (3–5 %) складових у складі БЕЯНС робить його придатним для раціонів харчування в умовах підвищеного фізіологічного навантаження, включно з екстремальними ситуаціями [3, 9].

Вуглеводний компонент представлений харчовими волокнами (11,87 %) і крохмалем (12,53 %), що повністю узгоджується з вимогами споживачів до продукції з високим вмістом клітковини. Остання позитивно впливає на функції шлунково-кишкового тракту, сприяє зниженню артеріального тиску, рівнів глюкози та холестерину, а також бере участь у метаболізмі жовчних кислот.

БЕЯНС також є джерелом антиоксидантів, зокрема вітаміну Е (15,40 мг/кг), що має імуномодулювальні властивості та впливає на клітинне дихання, а також хлорогенової кислоти (0,321 %), яка знижує рівень цукру в крові та відіграє роль у регуляції обміну щавлевої кислоти. Високий зольний залишок (8,0 %) свідчить про підвищену концентрацію мінеральних речовин у порівнянні з традиційним цільним насінням соняшнику, для якого характерне значення 2,68–4,87 % [1].

У результаті дослідження хімічного складу БЕЯНС було виявлено присутність 22 елементів, серед яких: 7 макроелементів, 10 мікроелементів та 5 ультрамікроелементів. Таким чином, БЕЯНС є цінним мінеральним джерелом та має потенціал для використання у створенні функціональних харчових продуктів, зокрема в технологіях борошняних кондитерських виробів.

Окрім того, встановлено наявність комплексу біологічно активних сполук: чотирьох жиророзчинних та восьми водорозчинних вітамінів. Амінокислотний склад БЕЯНС налічує 19 амінокислот, серед яких 10 належать до есенціальних, а 9 – до замінних. Сумарна кількість амінокислот досягає 257,09 мг/г, з чого на незамінні припадає 112,26 мг/г (43,67 %), а на замінні – 144,83 мг/г. Із трьох найбільш критичних амінокислот першою лімітуючою є лізин з амінокислотним числом (АКЧ) 83,25 %, а АКЧ триптофану й метіоніну становлять 95,72 % і 86,73 % відповідно. Для інших незамінних амінокислот АКЧ перевищує показник лізину у 1,08–1,27 рази, що вказує на високу збалансованість і повноцінність білкового складу БЕЯНС.

У жировій фракції БЕЯНС ідентифіковано 16 жирних кислот: 9 насичених та 7 ненасичених. Частка ненасичених кислот сягає (84,78±4,18) %, що є вищим за аналогічні показники для інших олійних культур, таких як соя, кунжут, льон чи арахіс. Основними представниками є олеїнова кислота (С18:1 ω-9) – 19,32 % та лінолева кислота (С18:2 ω-6) – 65,05 %, які разом становлять близько (84,37±4,22) % жирнокислотного профілю. Серед них лінолева та ліноленова кислоти відносяться до поліненасичених есенціальних жирних кислот, що дозволяє розглядати БЕЯНС як перспективний компонент у складі дієтичних продуктів, зокрема як джерело омега-6 та омега-3 жирних кислот.

Комплексність хімічного складу БЕЯНС свідчить про його доцільність у технології функціональних харчових виробів. Завдяки високим жиро- та водоутримувальним властивостям, стабілізаційній дії та емульгувальним характеристикам, ця сировина позитивно впливає на структуру та якість тістових мас. Зокрема, в контексті виробництва бісквітного тіста для мафінів БЕЯНС покращує його фізико-хімічні та реологічні параметри.

Одним із ключових показників є вологість тіста, яка впливає на консистенцію, процес випікання, органолептичні характеристики, а також на тривалість зберігання готових виробів. Дотримання нормативних значень масової частки вологи є обов'язковим для забезпечення стабільності якості. Були проведені дослвдження по визначенню вологості як сирого тіста, так і готової продукції, отриманої з використанням БЕЯНС.

Результати аналізу експериментальних даних засвідчують, що додавання до рецептури борошна з екструдованого ядра насіння соняшнику сприяє підвищенню вологості бісквітного тістового напівфабрикату в межах 5,4–10,6 %. Оптимальним вмістом БЕЯНС у рецептурі вважається 10,0 % від маси пшеничного борошна вищого гатунку (БПВГ), оскільки подальше збільшення концентрації до 15,0 % призводить лише до незначного приросту вологості.

Також встановлено, що включення БЕЯНС до складу мафінів зумовлює підвищення їхньої вологості на 3,3–3,7 %, при цьому раціональним є вміст добавки в межах 10,0 % від маси основного борошна. Таким чином, дослідні результати підтверджують здатність БЕЯНС покращувати водоутримувальні характеристики як тіста, так і готових виробів завдяки своїм високим гідрофільним властивостям.

Густина та об'ємна маса тістової маси для мафінів є критично важливими з технологічної точки зору, адже безпосередньо впливають на якість кінцевої продукції. Ідеальна структура мафіну характеризується наявністю дрібної пористості з тонкими стінками, що досягається, зокрема, шляхом зниження густини бісквітного тіста. Були проведені експерименти по визначенню показників густини й об'ємної маси дослідних тістових напівфабрикатів.

Результати свідчать що, додавання БЕЯНС у кількостях 5,0 %, 10,0 % і 15,0 % до пшеничного борошна вищого гатунку призводить до зниження густини тістової маси для мафінів у межах 0,05–0,12 г/см^3 у порівнянні з контрольним зразком.

Аналіз даних підтверджують, що зазначені рівні введення БЕЯНС сприяють підвищенню об'ємної маси бісквітних напівфабрикатів на 0,2–0,4 г/см^3, що також перевищує показники контролю.

Зменшення густини тіста, одночасно зі зростанням його об'ємної маси та вологоутримувальної здатності, обумовлене наявністю у складі БЕЯНС біополімерів, які формують електростатичні зв'язки з полярними групами білкових, вуглеводних і ліпідних компонентів борошняної суміші, а також із водними молекулами у тістовій системі.

Проведений органолептичний аналіз дозволив зафіксувати зростання інтегрального показника якості дослідних зразків. Підвищення цього показника для бісквітного тістового напівфабрикату склало 0,08–0,28 бала, а для готових мафінів – 0,09-0,30 бала.

Таким чином, включення до рецептури мафінів БЕЯНС у концентраціях 5,0 %, 10,0 % та 15,0 % від маси пшеничного борошна сприяє покращенню зовнішніх характеристик виробів, включаючи форму, поверхневу структуру та консистенцію тіста. Це пояснюється поступовим і рівномірним насиченням вологою, що забезпечується завдяки гідрофільним властивостям доданого інгредієнта, що, у свою чергу, підвищує як технологічну, так і сенсорну якість виробів.

Згідно з результатами часткова заміна пшеничного борошна вищого ґатунку (БПВГ) на 5,0 %, 10,0 % та 15,0 % борошна з екструдованого ядра насіння соняшнику (БЕЯНС) позитивно впливає на зовнішні характеристики та текстурні властивості мафінів – зокрема форму, поверхню та структуру зрізу. Такий ефект зумовлений високою водо- та жироутримувальною здатністю функціонального інгредієнта.

Водночас, при заміні 5,0 % БПВГ на БЕЯНС якісні характеристики мафінів майже не змінюються порівняно з контрольними зразками. У випадку 15,0 % додавання спостерігається погіршення структури: текстура виробів стає сухішою та більш крихкою. Найбільш сприятливі органолептичні властивості зафіксовано за заміни 10,0 % БПВГ, що відповідає співвідношенню 90:10. При такому складі зберігається приємна еластичність, дрібнопориста структура та ніжна консистенція; мафіни мають характерну опуклу форму, поверхню без тріщин та приємний горіховий присмак.

Проведені дослідження підтверджують покращення технологічних показників: вихід збільшується на 5,0–7,0 %, намочуваність – на 11,5–12,5 %, а густина зменшується у 1,25–1,29 раза. Це обумовлено гідрофільними властивостями БЕЯНС, що сприяють утворенню стабільної структури з підвищеною пористістю. Також зменшуються втрати під час термообробки (на 5,3–6,9 %) і рівень лужності (у 1,11–1,13 раза), що можна пояснити вмістом активних нутрієнтів у складі добавки.

Підвищення вологості дослідних зразків мафінів при додаванні БЕЯНС пояснюється її здатністю утримувати воду за рахунок взаємодії біополімерних молекул із водними кластерними структурами тіста. Крім того, зменшується дифузія вологи з центру тіста до його поверхні, що позитивно впливає на збереження вологості у процесі випікання та подальшого зберігання.

Були проведені дослідження впливу БЕЯНС на такі показники збереження мафінів як вологість (W, %), стискуваність (P, ум. од.) та крихкість (Кр, %) протягом 30 діб. За цей період вміст вологи в контрольних зразках знизився на 27,8 %, тоді як у мафінах із додаванням БЕЯНС – лише на 15,3 %. Це пояснюється стабілізувальним ефектом добавки, яка запобігає пересуванню вологи під впливом температурного градієнта.

Оцінка стискуваності (ступінь пенетрації) підтверджує, що зразки з БЕЯНС зберігають свою консистенцію у 1,22–2,8 раза краще порівняно з контрольними, що обумовлено високою вологоутримувальною здатністю інгредієнта. Крім того, рівень крихкості знижується на 32,3–33,7 %, що забезпечує триваліше збереження м’якості готових виробів.

Отже, оптимальне використання БЕЯНС у кількості 10,0 % від загальної маси борошна сприяє суттєвому підвищенню як органолептичних, так і фізико-хімічних показників мафінів, а також підвищує їх біологічну цінність у порівнянні з виробами за традиційною рецептурою.

У таблиці 3 представлено хімічний склад і харчову цінність досліджених зразків мафінів.

У мафінах – зразок 2, виготовлених за рецептом з борошняною сумішшю «БПВГ: БЕЯНС=90:10», вміст білка та золи був значно вищим (в 1,93–1,95 раза та 1,39–1,41 раза відповідно), а вміст жиру зріс лише на 1,04–1,06 рази в порівнянні з контрольним зразком. У той же час, вміст вуглеводів був знижений в 1,09–1,12 рази. Мафіни з 10,0 % БЕЯНС можна класифікувати як «джерело білка», оскільки вони забезпечують на 1,92 рази більше калорій від білка порівняно з традиційними мафінами. Додавання БЕЯНС також збагачує готові вироби вітамінами і мінералами.

Таблиця 3

Хімічний склад та харчова цінність дослідних зразків мафінів

Найменування показника	Мафіни	
	Зразок 1 – контроль за традиційною технологією	Зразок 2 – дослід із борошняної сумішшю БПВГ: БЕЯНС=90:10
Вуглеводи, %	73,52±0,75	62,06 ±0,64
Жири, %	15,28±0,51	16,23±0,41
Білки, %	3,96 ±0,08	8,22±0,12
Зола, %	2,34±0,02	3,16±0,03
Калорійність, Ккал/100 г	430,72	456,85
Калорії з білка, %	3,85	8,58

Отже, включення БЕЯНС як додаткового інгредієнта в процес виробництва борошняних виробів покращує їх харчову цінність та споживчі властивості.

Висновки. Отримані результати підтверджують гіпотезу щодо поліпшення показників якості та подовження терміну збереження свіжості кондитерських виробів на основі бісквітного тіста шляхом додавання харчової добавки БЕЯНС:

– у досліджуваних зразках, до складу яких була введена добавка БЕЯНС у кількості 5 %, 10 % та 15 % від маси рецептурної суміші, спостерігалося покращення фізико-хімічних характеристик. Це пов'язано з високим вмістом білка (38,73 %) у БЕЯНС, який має збалансований амінокислотний склад, а також розчинних протеїнів (76,35 %), жиру (4,87 %), що містить багато ненасичених жирних кислот;

– у складі БЕЯНС були виявлені 22 елементи, включаючи 7 макроелементів, 10 мікроелементів і 5 ультрамікроелементів, а також комплекс біологічно активних речовин, серед яких 4 жиророзчинних та 8 водорозчинних вітамінів;

– виявлено 19 амінокислот у складі БЕЯНС, з яких 10 є есенціальними, а 9 – неесенціальними. Лізин виявився лімітуючою амінокислотою (АКЧ = 83,25 %), а амінокислотне число для триптофану (АКЧ = 95,72 %) і метіоніну (АКЧ = 86,73 %) перевищує аналогічні показники для лізину в 1,15 та 1,04 раза відповідно, що свідчить про зростання їх АКЧ на 1,08–1,27 раза;

– встановлено, що БЕЯНС містить 16 жирних кислот (9 насичених і 7 ненасичених), серед яких лінолева (С18:2(ω-6)) і ліноленова (C18:3(ω-3)) кислоти складають 84,37±4,22 % від загального жирнокислотного профілю;

– додавання БЕЯНС сприяє підвищенню вологості бісквітних тістових напівфабрикатів на 5,4–10,6 %, а також на 3,3–3,7 % у мафінах, що пояснюється водозв'язуючими та вологоутримувальними властивостями добавки;

– встановлено, що додавання БЕЯНС у кількості 5 %, 10 %, 15 % до складу БПВГ сприяє зменшенню густини зразків на 0,05–0,12 г/см³ та збільшенню їх об'ємної маси на 0,2–0,4 г/см³ порівняно з контрольними зразками;

– підвищено комплексний органолептичний показник якості тіста для мафінів на 0,08–0,28 бала та для готових виробів на 0,09–0,30 бала;

– внесення БЕЯНС покращує показники виходу продукції на 5,0–7,0 %, намочуваність – на 11,5–12,5 %, зменшує густину в 1,25–1,29 раза, втрати при термообробці — на 5,3–6,9 % та лужність – в 1,11–1,13 раза;

– якість запропонованих мафінів за показниками вологості, стискуваності та кришливості перевищує аналогічні показники традиційно виготовлених виробів. Зокрема, вологість контрольного зразка після 30 діб зберігання знизилася на 27,8 %, а мафінів за новою рецептурою – лише на 15,3 %; стискуваність і кришливість мафінів виявилися меншими в 1,22–2,8 раза та на 32,3–33,7 % відповідно порівняно з контрольними виробами;

– у запропонованих мафінах вміст білка, золи і жиру перевищує показники контрольних зразків у 1,93–1,95; 1,39–1,41 і 1,04–1,06 раза відповідно, при цьому вуглеводи зменшуються в 1,09–1,12 раза;

– оптимальна кількість добавки БЕЯНС для виготовлення мафінів за новою рецептурою становить 10 % від маси БПВГ.

Отже, результати досліджень підтверджують доцільність використання харчової добавки БЕЯНС як стабілізатора, структуроутворювача та поліпшувача для борошняних кондитерських виробів, що може бути рекомендовано для коригування раціонів харчування широких верств населення.

Список джерел інформації / References

1. Evlash, V., Tovma, L., Tsykhanovska, I., Gaprindashvili, N. (2019). Innovative technology of the scoured core of the sunflower seeds after oil expression for the bread quality increasing. Modern Development Paths of Agricultural Production: Trends and Innovations, p. 665–679. https://doi.org/10.1007/978-3-030-14918-5_65.

2. Товма Л. Ф., Євлаш В. В. Обґрунтування рецептурного складу хліба пшеничного з додаванням напівфабрикату «Маса для формування» // Наукові праці НУХТ. 2019. Т. 25, № 6. С. 234-249.

Tovma L. F., Morozov I. Ye. (2022). Metodyka formuvannia ratsioniv kharchuvannia dlia viiskovosluzhbovtsiv z indyvidualnymy potrebamy // Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoi akademii Natsionalnoi hvardii Ukrainy. Vyp. 2 (40). S. 84–93.

3. Дорохович О. М., Лиман Н. П. Мафін – новий вид борошняних кондитерських виробів на ринку України // Продукти та інгредієнти. 2009. № 10. С. 12–13.

Dorokhovych O. M., Lyman N. P. (2009). Mafin – novyi vyd boroshnianykh kondyterskykh vyrobiv na rynku Ukrainy // Produkty ta inhrediienty. № 10. S. 12–13.

4. Нетрадиційна сировина у виробництві борошняних кондитерських виробів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://studfiles.net/preview/5847621/page:2.

Netradytsiina syrovyna u vyrobnytstvi boroshnianykh kondyterskykh vyrobiv [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: https://studfiles.net/preview/5847621/page:2.

5. Сімахіна Г. О., Українець А. І. Інноваційні технології та продукти. – К. : НУХТ, 2010. 294 с.

Simakhina H. O., Ukrainets A. I. (2010). Innovatsiini tekhnolohii ta produkty. – K. : NUKhT, 2010. 294 s.

6. Grasso, S., Liu, S., Methven, L. (2020). Quality of muffins enriched with upcycled defatted sunflower seed flour. LWT – Food Science and Technology, 119, 108893. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108893.

7. Grasso, S., Omoarukhe, E., Wen, X., Papoutsis, K., Methven, L. (2019). The use of upcycled defatted sunflower seed flour as a functional ingredient in biscuits. *Foods,* 8(8), 305–316. https://doi.org/10.3390/foods8080305.

8. Товма Л. Ф., Євлаш В. В., Глущенко В. В. Фізіолого-гігієнічна оцінка добового раціону харчування військовослужбовців Збройних Сил України та інших військових формувань і його коригування шляхом введення білково-вітамінного продукту “VitaBar” // Честь і закон. Харків : НАНГУ, 2017. № 1(60). С. 131–138.

Tovma L. F., Yevlash V. V., Hlushchenko V. V. (2017). Fizioloho-hihiienichna otsinka dobovoho ratsionu kharchuvannia viiskovosluzhbovtsiv Zbroinykh Syl Ukrainy ta inshykh viiskovykh formuvan i yoho koryhuvannia shliakhom vvedennia bilkovo-vitaminnoho produktu “VitaBar” // Chest i zakon. Kharkiv : NANHU. № 1(60). S. 131–138.

9. Борошняні кондитерські вироби [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://studopedia.su/16_147203_boroshnyanI-konditerskI-virobi.html.

Boroshniani kondyterski vyroby [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: https://studopedia.su/16_147203_boroshnyanI-konditerskI-virobi.html.

Карпенко Людмила Костянтинівна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, KarpenkoLK23@gmail.com, +380679019055.

Karpenko Liudmyla, PhD in techn. sciences, associate prof., department of equipment and engineering of processing and food industries State Biotechnological University, KarpenkoLK23@gmail.com, +380679019 055.

Богомолов 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.

Цихановська Ірина Василівна, д-р техн. наук, професор, професор кафедри харчових технологій, легкої промисловості і дизайну Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна, cikhanovskaja@gmail.com, +380956175989.

Tsikhanovska Irina, doc. Technical Sciences, Professor, Professor, Department of Food Technology, Light Industry and Design, V.N. Karazin Kharkiv National University, cikhanovskaja@gmail.com, +380956175989.

Литвин Олег Олегович, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри харчових технологій, легкої промисловості і дизайну Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна, oleh.lytvyn@karazin.ua, +380502762021.

Litvin Oleg, doc. Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Food Technology, Light Industry and Design of V.N. Karazin Kharkiv National University, oleh.lytvyn@karazin.ua, +380502762021.

УДК 664.8:634.771:547.979

ВИКОРИСТАННЯ ШКІРКИ БАНАНА В ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЯХ: ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДІВ ВИЛУЧЕННЯ НЕЇСТІВНИХ РЕЧОВИН

О.А.Маяк, О.Д. Косточка

У статті розглянуто використання бананової шкірки в харчовому виробництві. Шкірка банана, що становить 35–40% маси плода, є цінною сировиною для харчових технологій завдяки вмісту клітковини, поліфенолів і пектину. Однак присутність антинутрієнтів, таких як оксалати та ціаніди, обмежує її використання. У статті розглядаються методи вилучення цих сполук – хімічні, термічні, ферментативні – та їхній вплив на безпеку продуктів. На основі експериментальних даних проаналізовано ефективність

методів обробки, а також наведено приклади застосування шкірки в рецептурах харчових продуктів.

***Ключові слова**: шкірка банана, харчові технології, оксалати, ціаніди, методи вилучення, функціональні продукти.*

USE OF BANANA PEEL IN FOOD PROCESSING: PROBLEMS OF INEDIBLE COMPONENTS EXTRACTION

O. Mayak, A. Kostochka

The global production of bananas exceeds 150 million tons annually, generating substantial waste in the form of banana peels, which constitute 35–40% of the fruit's mass. These peels, rich in dietary fiber (up to 50%), polyphenols, pectin, and minerals, represent a valuable resource for food technologies. However, their utilization is hindered by the presence of antinutritional compounds, such as oxalates (0.1-0.5% dry weight) and cyanides (<1 mg/kg), which pose health risks and affect product safety. This article addresses the urgent need to develop effective methods for removing these compounds to enable the safe incorporation of banana peels into food products, contributing to waste reduction and sustainable food production.

The primary objective of this study is to evaluate chemical, thermal, enzymatic, and combined methods for extracting oxalates and cyanides from banana peels, assess their impact on bioactive compounds, and demonstrate practical applications in food formulations. Experimental procedures involved processing 1 kg of fresh Cavendish banana peels using: (1) chemical extraction with 0.1 M acetic acid and 0.5% $NaHCO_3$, (2) thermal treatment via blanching (100°C, 8 min) and drying (65°C), (3) enzymatic treatment with oxalate oxidase and cyanide hydratase, and (4) a combined blanching-enzymatic approach. Analytical methods included HPLC for oxalates and spectrophotometry for cyanides.

Results showed that the combined method was the most effective, removing 85% of oxalates and 97% of cyanides while preserving 92% of polyphenols. Chemical and enzymatic methods achieved 60–78% oxalate reduction, while thermal treatment was more effective for cyanides (87%). Processed peels were incorporated into bread (10% peel powder), yogurt (0.5% pectin), and energy bars (15% peel powder), increasing fiber content by 20–25% and antioxidant activity by 15%, with acceptable sensory scores (4.3–4.5/5).

The study concludes that banana peels can be safely utilized in food technologies following proper processing, with combined methods offering optimal safety and functionality. These findings support sustainable food production by valorizing waste, though challenges remain in scaling technologies and ensuring regulatory compliance. Future research should focus on cost-effective processing and standardized protocols to facilitate industrial adoption.

***Keywords**: banana peel, food technology, oxalates, cyanides, extraction methods, functional foods, sustainable production.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Глобальне виробництво бананів перевищує 150 мільйонів тонн на рік, при цьому шкірка, що становить значну частину відходів, залишається недооціненим ресурсом. В Україні також з'являються ферми з вирощування екзотичних рослин, зокрема бананів, зацікавлені підприємства з переробки та виробництва даної продукції. Бананова шкірка містить до 50% клітковини, поліфеноли та пектин, що робить її перспективною для використання в харчових технологіях як функціональний замінник основної сировини, наприклад борошна чи як харчову добавку [1]. Також бананова шкірка може бути використана для виробництва біокомпозитів, стати сировиною для біопакування, біоплівок, що містять поліфеноли для бактеріального захисту та мають властивість розкладатися [2, 3]. Основна проблема використання бананової шкірки – наявність групи вторинних метаболітів, таких як оксалати (0,1–0,5% сухої маси) і ціаніди (<1 мг/кг), які можуть бути токсичними та знижувати поживну цінність, мають інгібуючу дію на засвоєння та біодоступність нутрієнтів [1, 3]. Оксалати можуть сприяти утворенню каменів у нирках, а ціаніди, хоча й присутні в незначних кількостях, потенційно токсичні. Органолептика – гіркий смак і жорстка структура шкірки, потребує додаткової обробки. З цієї причини використання шкірки бананів саме в харчовій технології обмежено. Продукти повинні відповідати за своєю якістю і безпекою міжнародним нормам [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Використання шкірки банана в харчових технологіях активно вивчається останніми роками, що зумовлено її потенціалом як джерела біоактивних сполук і необхідністю скорочення харчових відходів [5–11]. Основна увага дослідників зосереджена на хімічному складі шкірки, методах видалення антинутрієнтів (оксалатів і ціанідів) і розробці функціональних продуктів [5–11].

Mohapatra D. et al. (2022) проведено огляд функціональних властивостей шкірки банана, включаючи склад антинутрієнтів (оксалати, фітати, таніни) та існуючі способи їх видалення: термообробка, ферментація, мацерація. Робота оглядова, без власних експериментальних даних. Деякі згадані методи вимагають валідації в промислових умовах [5].

Fasuan, Gbadamosi (2021) досліджено можливість використання шкірки банана як інгредієнта в харчових і кормових цілях; згадується кислотна обробка як спосіб зниження токсичності (включаючи ціаніди). Немає кількісних даних про зниження конкретних антинутрієнтів.

Експерименти більше орієнтовані на поживні властивості, ніж на безпеку [6].

Ферментативні методи отримали увагу в роботі Sharma et al. (2019), де вивчалося застосування оксалатоксидази та ціанідгідратази. Метод екологічний, але висока вартість ферментів залишається проблемою для промислового застосування [7].

Oyeleke, Egwim (2020) досліджено вплив ферментації на склад шкірки банана; показано значне зниження антинутрієнтів, включаючи оксалати. Не досліджено точні біохімічні механізми детоксикації, не описані умови ферментації (час, pH, штами) в достатній деталізації [8].

Fawale, Emuebie (2018) порівняно вплив різних методів сушіння (сонячного, мікрохвильового, конвективного) на вміст антинутрієнтів. Мікрохвильова сушка показала найкраще зниження оксалатів і ціанідів. Відсутні дані по стабільності біоактивних компонентів після сушіння. Також немає інформації про сенсорні властивості кінцевого продукту [9].

Ahmed Zayed et al. (2025) проведено огляд сучасних методів управління вмістом оксалатів в їжі, включаючи варіння, ферментацію і ферментативну обробку. Стаття загальна, не сфокусована конкретно на шкірці банана. Деякі методи описані теоретично без прив'язки до практичних даних [10].

Rusdi S. et al. (2020) розробили метод отримання біопластику з відходів шкірки банана сорту Kepok, використовуючи крохмаль і гліцерин. Вивчено механічні властивості та біорозкладання отриманого матеріалу, що підтверджують його потенціал в якості альтернативи традиційним пластиковим упаковкам. Однак автори зазначили, що залишкові оксалати в необробленій шкірці можуть знижувати безпеку матеріалу [11].

Ці дослідження підкреслюють перспективи використання шкірки банана та вказують на напрямки подальших досліджень: високі витрати на обробку, необхідність збереження біоактивних сполук і відповідність стандартам безпеки (Codex Alimentarius). Поточні роботи акцентують увагу на комбінованих методах як найбільш ефективних для промислового впровадження.

Мета статті – огляд сучасних методів вилучення неїстівних речовин бананової шкірки, підкріплений експериментальними даними, оцінка їх ефективності, демонстрація практичного застосування обробленої шкірки в харчових продуктах.

Матеріали та методи. У дослідженні були використані оглядові, аналітичні та експериментальні методи досліджень. В результаті аналітичного методу було вивчено та проаналізовано існуючу інформацію з визначеної проблематики, оглядовим методом отриману інформацію було систематизовано, надано критичний аналіз та заплановано власні експерименти.

Експериментальні хімічні методи засновані на використанні розчинників та реагентів [5]. До оксалатів була застосована кислотна екстракція (оцтова кислота, pH 3). Ціаніди оброблялися $NaHCO_3$ (0,5%), що нейтралізує глікозиди. Оцінку проводили хроматографією (для оксалатів) та спектрофотометрією (для ціанідів).

Термічні методи, а саме бланшування (100°C, 5–10 хв) та сушіння (60–70°C, 6–8 годин) були використані для видалення летких ціанідів [5, 9].

Ферментативні методи обробки, а саме використання оксалатоксидази та цианідгідратази, були використані для руйнування антипоживних речовини [7, 10]. Обробка оксалатів оксалатоксидазою розкладає їх до CO_2 і H_2O_2. Обробка ціанідів ціанідгідратазою перетворює їх на формаміди.

Комбіновані методи передбачали бланшування з подальшою лужною екстракцією та ферментативною обробкою [9]. Результати оцінювали за вказаними вище методиками. Було протестовано чотири методи обробки 1 кг свіжої шкірки банана сорту Cavendish.

Виклад основного матеріалу дослідження. Шкірка банана багата на вуглеводи (59–61%), клітковину (31–50%), білки (6–9%) і ліпіди (3–7%). Серед біоактивних сполук виділяються поліфеноли (галова кислота, катехіни), пектин, що є гелеутворювальним агентом, фітостероли, що знижують рівень холестерину. Багата шкірка банана і на мікроелементи – калій, магній, залізо, цинк [1, 10]. Однак шкірка також містить антипоживні речовини: оксалати (0,1–,5% сухої маси) – солі щавлевої кислоти, що зв’язують кальцій і перешкоджають його засвоєнню; ціаніди (менш як 1 мг/кг у свіжій шкірці) присутні у вигляді глікозидів, таких як амигдалін, і можуть виділяти синильну кислоту під час гідролізу.

Ці сполуки потребують видалення або нейтралізації для забезпечення безпеки продуктів. Проаналізувавши сучасні методи вилучення неїстівних компонентів з бананової шкірки, було зроблено наступне. Шкірку банана сорту Cavendish збирали зі свіжих плодів. Зразки (1 кг) зберігалися при 4°C не більше 24 год перед експериментами.

Хімічний метод. Шкірку (100 г) подрібнювали до фракції 1 мм, заливали 500 мл 0,1 M оцтової кислоти (в одному літрі розчину міститься приблизно 6 г оцтової кислоти, pH 3). Екстракція розчином оцтової кислоти відбувалася за 70°C протягом 2 год при перемішуванні

(150 об/хв). Потім розчин фільтрували, осад промивали дистильованою водою. Оцінювали результати методом хроматографії.

Нейтралізація ціанідів відбувалася в такий спосіб. Шкірку (100 г) обробляли 500 мл 0,5% $NaHCO_3$ при 25°С, 1 год. Промивали водою, сушили при 60°С. Аналіз ціанідів проводили методом спектрофотометрії (метод піридину-піразолону, довжина хвилі 620 нм).

Також був апробований термічний метод. Шкірку (100 г) бланшували в киплячій воді (100°С, 8 хв). Охолоджували в крижаній воді, сушили при 65°С у конвекційній сушарці до вологості <10%. Аналіз оксалатів і ціанідів проводили як зазначено вище.

Ферментативний метод. Шкірку (100 г) подрібнювали, заливали 300 мл фосфатного буфера (pH 6,8). Додавали оксалатоксидазу (Aspergillus niger, 0,5 од./г) і ціанідгідратазу (Rhodococcus sp., 0,2од./г).

Інкубували при 37°С, 4 год, з перемішуванням (100 об/хв). Інкубація проводилася в контрольованих умовах в термостатуємому шейкері.

Після інкубації суміш фільтрували, промивали, сушили при 60°С.

Аналіз проводився за допомогою HPLC (хроматографія) та спектрофотометрії.

Далі оцінювалися результати та ефективність методів.

Хімічний метод. Вміст оксалатів знизився з 0,45% до 0,18% (видалення 60%), ціаніди – з 0,8 мг/кг до 0,2 мг/кг (75%). Поліфеноли збереглися на 85%. Проте висока вартість реагентів та ризик забруднення стічних вод є суттєвими недоліками запропонованого методу.

Термічний метод. Оксалати зменшилися до 0,30% (33%), ціаніди – до 0,1 мг/кг (87%). Однак, високі температури знижують вміст термолабільних антиоксидантів та вітамінів, зокрема втрати поліфенолів склали 15%. Хоча саме цей метод є найбільш простим з точки зору апаратурного оформлення. Він більше підходить для видалення ціанідів (до 90%) і менше для оксалатів, тому що вони, як показав експеримент менше піддаються термічному впливу (видаляється лише 30%), проте частина їх вимивається з водою під час бланшування і частково руйнується під час сушіння. Проте процес сушіння достатньо тривалий (до 8 годин, залежно від товщини шару, розміру часток та вологості вихідного матеріалу).

Ферментативний метод. Оксалати знизилися до 0,10% (78%), ціаніди – до <0,05 мг/кг (94%). Поліфеноли показали 90% збереження. До переваг можна віднести екологічність методу. Проте висока вартість ферментів та тривалість процесу зменшують економічну ефективність такої обробки.

Комбінований підхід (бланшування + ферментативна обробка) показав видалення оксалатів на 85% і ціанідів на 97%, зберігши 90% поліфенолів. Тобто, саме комбінація методів дає змогу отримати найбільш бажаний соціально економічний ефект та впровадити його у широке виробництво.

Результати та ефективність методів наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Порівняння ефективності вилучення антинутрієнтів із бананової шкірки запропонованими методами

	Метод вилучення	Цільовий компонент	Ефективність видалення, %	Примітки
1	Хімічний	Оксалати Ціаніди	60 75	Висока вартість реагентів та ризик забруднення стічних вод
2	Термічний	Оксалати Ціаніди	33 87	Зниження вмісту термолабільних компонентів, тривалість процесу
3	Ферментативний	Оксалати Ціаніди	78 94	Висока вартість ферментів
4	Комбінований	Оксалати Ціаніди	85 97	Потребує подальших досліджень для розробки стандартизованих протоколів

Було запропоновано рецептуру деяких харчових продуктів з використанням обробленої комбінованим методом бананової шкірки: енергетичного батончику – вівсяні пластівці (50%), висушений порошок шкірки банана (15%), мед (20%), горіхи (15%). Сушіння шкірки відбувалося за температури 60°C, суміш перемішувалася та пресувалася. Таким чином вміст клітковини досягав 4 г/100 г, поліфеноли – 1,2 мг/1 г (вміст клітковини в вівсянці біля 2 г/100 г). Також порошок було додано в рецептуру хлібобулочного виробу у якості джерела клітковини. Хліб з додаванням порошку шкірки банана: борошно пшеничне (90%), порошок шкірки (10%), вода, дріжджі, сіль. В результаті вміст клітковини збільшився на 25% (від 2,5 до 3,1 г/100 г). Органолептика – легкий банановий аромат, м'яка текстура. Порошок отримували в наступний спосіб [12].

Висновки. Шкірка банана являє собою цінний ресурс для харчових технологій, але її використання обмежене наявністю оксалатів і ціанідів. Хімічні, термічні та ферментативні методи ефективно видаляють ці сполуки, забезпечуючи безпеку та функціональність продуктів. Комбіновані підходи (бланшування та ферментативна обробка) демонструють найкращі результати, видаляючи до 97% антипоживних речовин, зберігаючи біоактивні речовини. Термічний метод виявився більш ефективним для ціанідів, а для більш повного видалення оксалатів більше підходять хімічні та ферментативні методи. Ці результати можна використовувати не тільки за використання бананової шкірки в харчових технологіях, а і під час виробництва добрив. Подальші дослідження мають зосередитися на масштабуванні технологій, промисловому впровадженні та розробці стандартів для продуктів на основі бананової шкірки. Це дасть змогу якісно використовувати харчові відходи та зробити внесок у створення харчових продуктів підвищеної харчової цінності.

Список джерел інформації / References

1. Hana Mohd Zaini et al. (2022). Banana peels as a bioactive ingredient and its potential application in the food industry. Journal of Functional Foods. Volume 92, May 2022, https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.105054

2. Maligi Bhavani, et al. (2023). Bioactive, antioxidant, industrial, and nutraceutical applications of banana peel. International Journal of Food Properties, Volume 26, 2023. https://doi.org/10.1080/10942912.2023.2209701

3 Azza A. Abou-Arab, Ferial M. Abu-Salem (2017). Nutritional and Anti-Nutritional Composition of Banana Peels as Influenced by Microwave Drying Methods. World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Nutrition and Food Engineering, Vol:11, No:12, 2017.

4. Codex Alimentarius. (2020). General principles of food safety.

5. Mohapatra, D., Mishra, S., & Sutar, N. (2022). Banana peels as a bioactive ingredient and its potential application in food. Trends in Food Science Technology, 123, 101–112.
https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.03.010

6. Fasuan, T. O., Gbadamosi, S. O. (2021). Ecofriendly utilization of by-products from banana peel in food and feed applications. DOI: 10.5555/20220066142

7. Sharma, M., Akhter, Y., Chatterjee, S. (2019). A review on remediation of cyanide containing industrial wastes using biological systems with special reference to enzymatic degradation. World Journal of Microbiology Biotechnology 35, 70. https://doi.org/10.1007/s11274-019-2643-8

8. Oyeleke, A. B., & Egwim, E. C. (2020). Effect of fermentation on the proximate and antinutrient composition of banana peels. African Journal of Food Science, 14(2), 23–29. https://doi.org/10.5897/AJFS2020.1892

9. Fawale, O. S., Emuebie, P. E. (2018). Nutritional and anti-nutritional composition of banana peels as influenced by drying methods. Journal of Food Research, 7(6), 12–20. https://doi.org/10.5539/jfr.v7n6p12

10. Ahmed Zayed, Ghada M. Adly, Mohamed A. Farag (2025). Management strategies for the anti-nutrient oxalic acid in foods. Food and Bioprocess Technology, 18(5), 4280–4300. https://doi.org/10.1007/s11947-024-03726-0

11. Rusdi, S., Destian, R. A., Rahman, F., & Chafidz, A. (2020). Preparation and characterization of bio-degradable plastic from banana Kepok peel waste. Materials Science Forum, 1000, 123–128. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.1000.123ResearchGate

12. Маяк О. А., Василенко М. О., Косточка О. Д. Виробництво та перспективи використання харчових порошків. Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. праць. Харків : ДБТУ, 2024. Вип. 1 (35). С 179-187

Maiak O. A., Vasylenko M. O., Kostochka O. D. (2024). Vyrobnytstvo ta perspektyvy vykorystannia kharchovykh poroshkiv. Prohresyvni tekhnika ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv restorannoho hospodarstva i torhivli : zb. nauk. prats. Kharkiv : DBTU. Vyp. 1 (35). S 179-187.

Маяк Ольга Анатоліївна, канд. техн. наук, доцент кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв Державного біотехнологічного університету, omayak777@gmail.com.

Mayak Olga, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Production and Engineering of Processing and Food Production, State Biotechnological University, omayak777@gmail.com.

Косточка Олександр Дмитрович, бакалавр кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв Державного біотехнологічного університету, omayak777@gmail.com.

Kostochka Oleksandr, Bachelor of Science in the Department of Processing and Food Processing Engineering, State Biotechnological University, omayak777@gmail.com.

ХАРЧОВА БЕЗПЕКА ТА ЕКСПЕРТИЗА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

УДК 637.663:006.91:005.336.3

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПРОДУКЦІЇ КИШКОВИХ ВИРОБНИЦТВ

В.М. Михайлов, В.М. Онищенко, А.О. Пак

Окреслено визначальну роль метрологічного забезпечення в ефективності управління якістю продукції кишкових виробництв – натуральних оболонок. Наведено аналіз та узагальнення комплексу функціонально-технологічних, захисних властивостей, показників безпечності кишкових оболонок та методів їх визначення. Обґрунтовано необхідність розробки комплексу заходів, метрологічних та організаційно-технічних рекомендацій з метою всебічного контролювання характеристик кишкових оболонок та управління їх якістю.

Ключові слова: *метрологічне забезпечення, управління якістю, нормативний документ, метод випробувань, продукція кишкових виробництв, натуральні оболонки, захисні властивості.*

IMPROVEMENT OF METROLOGICAL SUPPORT FOR QUALITY MANAGEMENT OF INTESTINAL PRODUCTION PRODUCTS

V. Mykhailov, V. Onyshchenko, A. Pak

On the base of modern concepts of food product quality management, this paper outlines the defining role of metrological support for control measures, particularly measurement and comparison of obtained results, for further improvement of activities and achieving greater efficiency of relevant quality systems. Attention is focused on metrological support of measurements in intestinal production facilities, specifically in the manufacturing of natural casings.

It is shown that the current state of metrological documentation and outdated equipment does not allow comprehensive and targeted acquisition, display, and application of the necessary measurement information about natural casings for effective technological solutions in sausage production. There is no comprehensive methodological approach to the characteristics of protective properties and safety of natural casings. All this determines the relevance of improving metrological support for quality management of the main products of intestinal production products, namely natural casings.

The complex of functional and technological and protective properties, as well as safety indices of natural casings, is summarized. Natural casing research methods are analyzed, their advantages and disadvantages are identified, along with further directions of their development, improvement, and adaptation.

Measurement results of the natural casings protective properties with the described methods use were obtained.

The obtained data, technical, methodological, and metrological solutions for the adaptation and improvement of the analyzed methods, unlike the existing current regulatory material, allow for comprehensive and objective characterization of the complex of functional and technological, protective properties, and safety indices of natural casings. The proposed measures to improve the metrological support for quality management of intestinal production products, in particular natural casings, will provide a comprehensive approach in predicting, implementing effective technologies, and forming the quality of sausage products.

Keywords: *metrological support, quality management, regulatory document, testing method, intestinal production products, natural casings, protective properties.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Сучасні концепції процесів створення і реалізації харчової продукції вже досить давно і стабільно враховують методологію і протоколи управління якістю, що склалися і удосконалюються в результаті світового та вітчизняного досвіду, аналізу специфіки прикладних наук і виробничих галузей [1; 2]. Управління якістю, як керівницька та персональна діяльність, що має оперативний характер, покликана, перш за все, сформувати та гарантувати якість шляхом відповідних ефективних проектних та контрольних дій [3].

Аналіз вітчизняного та міжнародного досвіду з управління якістю продукції харчових виробництв свідчить, що еволюційні етапи розвитку цієї діяльності зумовлені здебільшого розвитком промислових виробництв, інтеграційними аспектами та економічними чинниками. Поряд з цим, контрольні заходи, зокрема вимірювання та співставлення одержаних результатів, задля подальших поліпшення діяльності і досягнення більшої ефективності, залишаються основним напрямом [4]. А їх метрологічне забезпечення, що дозволить визначити з необхідною точністю функціонально-технологічні властивості, показники якості і безпечності готової продукції відіграє визначальну роль у коригувальних діях управління якістю [5].

На цей час особливої уваги в питаннях розвитку та вдосконалення метрологічного забезпечення управління якістю потребують кишкові виробництва. Крім традиційних цехів з обробки кишок в рамках м’ясокомбінатів тощо, така потреба є актуальною і для підприємств, які отримують та сортують для подальшої реалізації сировину імпортного виробництва. На жаль, сучасний стан і метрологічної документації, і застарілого приладового парку не дозволяють всебічно та спрямовано отримувати, відображати та застосовувати необхідний обсяг вимірювальної інформації про кишкові оболонки для ефективних технологічних рішень виробництва ковбасних виробів. Відсутній комплексний методологічний підхід до характеристик захисних властивостей і безпечності кишкових оболонок [6]. Все це зумовлює актуальність проблеми удосконалення метрологічного забезпечення управління якістю основної продукції кишкових виробництв – натуральних оболонок.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вітчизняні нормативи показників якості і безпечності кишкових оболонок різних видів та найменувань, методи їх контролювання об’єднані у державному стандарті (ДСТУ 4285:2004. Кишки. Загальні технічні умови). Проте викладені методи контролювання мають загальний та поверхневий характер. Відсутній детальний опис або посилання щодо визначення міцності та подовження. Враховуючи сучасні підходи у формуванні ідентифікаційних ознак готової продукції та прогнозуванні втрат, доцільним було б визначення діапазонів проникності. В умовах інтенсифікації тваринництва, що призводить до суттєвих змін структурних і механічних властивостей сировини означені недоліки набувають ще більшої актуальності.

У науковій та практичній літературі існують окремі (розрізнені) повідомлення щодо визначення тих чи інших додаткових характеристик кишкових оболонок в рамках поставлених завдань досліджень – структурно-механічних, технологічних, безпечності [7–9]. Однак відсутні спроби узагальнення комплексу метрологічних інструкційних та організаційно-технічних заходів, що дозволили б стати додатковим інструментарієм в управлінні якістю натуральних ковбасних оболонок.

Мета статті – удосконалення метрологічного забезпечення управління якістю продукції кишкових виробництв. Завдання дослідження: узагальнення комплексу функціонально-технологічних, захисних властивостей і показників безпечності кишкових оболонок; аналіз методів дослідження кишкових оболонок; обґрунтування та пропозиції з розробки комплексу метрологічних інструкційних та організаційно-технічних рекомендацій з метою широкого контролювання характеристик кишкових оболонок та управління їх якістю.

Матеріали і методи. У дослідженні використано фабрикати баранячих, свинячих та яловичих черев, підготовлені за чинними технологічними інструкціями з обробки кишок та їх застосування у ковбасному виробництві. Фабрикати кишок досліджували після звільнення від солі, замочування у воді та віджимання. Для визначення водо-, паро- і жиропроникності плівки піддавали подальшому висушуванню.

У ході аналізу методологічних підходів з одержання даних щодо функціонально-технологічних, захисних властивостей і показників безпечності кишкових оболонок застосовано методи визначення проникності, механічних, структурних, геометричних та гідрофізичних характеристик плівкових матеріалів, призначених для харчової промисловості.

Виклад основного матеріалу дослідження. Сучасні реалії інтенсифікації тваринництва агропромислового сектору, технологій ощадливого виробництва (lean production) у м’ясній промисловості, розвитку індустрії пакування і зберігання дозволили узагальнити комплекс функціонально-технологічних, захисних властивостей і показників безпечності кишкових оболонок (рис. 1).

Серед означених на рис. 1 функціонально-технологічних та захисних властивостей єдиним нормативним документом, що регламентує відповідні вимоги до натуральних оболонок, є згаданий вище ДСТУ 4285. При цьому серед таких властивостей вимоги у даному стандарті містяться лише стосовно міцності стінок кишок, які мають витримувати тиск повітря до 0,1 МПа (води – до 0,05 МПа). У розділі з унормування методів контролювання вказується, що цей показник визначається шляхом наповнення повітрям або водою. Метрологічне забезпечення та посилання не зазначаються.

Узагальнення практичного досвіду вимірювань механічних властивостей у кишкових виробництвах та результатів отриманих досліджень дозволяють згрупувати використовувані методи визначення навантаження, за якого відбувається розривання, у такий перелік: 1) створення розривного вимірювального тиску в результаті подачі води або повітря у рукавну плівку, яку герметично закріплюють, визначаючи загальний показник міцності, за всією поверхнею оболонки, коли розривання відбувається у «надтонкому» місці [9]; 2) розтягування плівок з визначеною швидкістю деформування з використанням розривних машин (за ГОСТ 14236, для полімерних плівок та плівкових матеріалів товщиною до 1 мм), із фіксацією навантаження та подовження у ПД- і ПП-напрямі; 3) розтягування плівки до розривання шляхом створення змінного масового навантаження, із фіксацією навантаження та подовження у ПД- і ПП-напрямі [10]. Для визначення пружно-еластичних властивостей та міцності когезійного шва склеєних шарів плівок можуть використовуватись методи 2 і 3.

Функціонально-технологічні, захисні властивості і показники безпечності кишкових оболонок				
Дифузійні (проникність)	*Механічні*	*Струк-турні*	*Геометричні*	*Гідрофізичні*
Газо-(аромато-) проникність	Міцність стінок (під загальним тиском всередині оболонки)	Пористість	Товщина	Водо-поглинання (водо-стійкість)
Паро-проникініcть	Міцність у ПД-* і ПП**-напрямі	Сорбційні	Діаметр	Морозо-стійкість
Водо-проникність	Відносне подовження у ПД- і ПП-напрямі		Довжина	
Жиро-проникність	Міцність когезійного шва склеєних оболонок		Форма	
Бактеріо-проникність	Пружно-пластичні (поздовжня деформація, нормальне напруження)			
Проникність токсичних елементів, радіонуклідів та інших контамінантів				

Примітка: * – поздовжній; ** – поперечний.

Рис. 1. Комплекс функціонально-технологічних, захисних властивостей і показників безпечності кишкових оболонок

Проникність кишкових плівок (газо-, паро-, водо, жиро- тощо) характеризується здатністю переходу тих чи інших компонентів крізь відповідну структуру, під дією градієнта тиску, концентрацій, температури та часу з різних боків такої мембрани [11]. Здебільшого, цю здатність вимірюють для штучних плівкових пакувальних матеріалів ваговими методами.

Так, ГОСТ 7730 передбачено визначення паропроникності для целюлозних плівок ваговим методом за допомогою спеціального приладу – циліндричної судини із заданими розмірами, що складається з двох герметично з'єднуваних частин, між якими розташовується досліджувана плівка. Одна з частин заповнюється визначеним об'ємом здистильованої води, що безпосередньо не контактує з плівкою, а кількісний перехід пари визначається за ваговим балансом після витримки протягом 24 години в ексикаторі з H_2SO_4, з перерахунком на площу. Цей метод легко адаптується для досліджень кишкових плівок з урахуванням специфіки вологого нативного матеріалу. А в разі забезпечення заданих параметрів контакту з водою можна отримувати значення водопроникності. Даний метод може бути удосконалений з метою створення умов, близьких до технологічного процесу виготовлення харчової продукції. Це досягається завдяки реалізації різних термічних, вологісних умов, руху повітря тощо, які імітують специфічні режими технологічного обробляння і зберігання, а також забезпеченню їх сумісності та безпечності із сутнісними методологічним засадами випробування.

Дослідженню проникності аромату останнім часом приділяється також значна увага. Селективний характер проникності біологічних мембран [12] відносно здатності пропускати складові запаху і аромату з відповідною точністю може бути встановлений виключно на підставі результатів інструментальних досліджень. Проведені дослідження з визначення ароматопроникності основних видів кишкових плівок хроматографічним методом, сутність якого полягає в аналізуванні проб, відібраних з судини, яка всередині вміщує віалу з ароматвмісною речовиною, яку герметизовано досліджуваною плівкою [9].

Аналіз методологічних принципів оцінювання жиропроникності пакувальних матеріалів свідчить про основні три напрями таких випробувань: 1) за ступенем появи жирової плями або забарвлення (наприклад, розчину фуксину); 2) ваговими методами – кількісним визначенням маси жиру, що проникає крізь досліджуваний матеріал та залишається на фільтрувальному папері за певних температури, тиску та часу; 3) за часом, протягом якого з'являються певні візуальні ознаки проникнення жиру [11]. З метою спрощення вагового методу, який найбільшою мірою узгоджується із загальним визначенням проникності як дифузійної властивості, тиск можна створити розміщенням заданого вантажу, а вибір виду жиру та корегування умов випробування дозволяє отримати відповідні конкретні дані.

Комплексний характер проникності як однієї з найважливіших захисних властивостей пакувального матеріалу зумовив розширення напрямів її досліджень та окремих різновидів. Це стосується, насамперед, бактеріопроникності, проникності токсичних елементів, радіонуклідів та інших контамінантів.

Запропоновано метод визначення ступеня проникності чистих культур мікроорганізмів (E. coli, S. tiphimurium, St. aureus, Cl. perfringens) через натуральні оболонки у ковбасний фарш з метою прогнозування впливу та оцінювання ймовірного вторинного обсіменіння продукції в практичних умовах реалізації та зберігання. Сутність методу полягає у розташуванні просоченої розчином відповідних мікроорганізмів смужки фільтрувального паперу на поверхні готових батонів, подальшій експозиції у заданих умовах та пошаровому визначенні наявності відповідних мікроорганізмів [13].

Дослідження структури та гігроскопічних властивостей пакувальних плівок, що зумовлюють функціонально-технологічні властивості захисної ємності, у тому числі в процесі зберігання, здійснюються з використанням тензометричного методу. Цей метод полягає у витримуванні зразків плівок в умовах фіксованої відносної вологості повітря (10–90%) в ексикаторі за температури 20–23°С. А експозиція витримування дослідних зразків залежить від часу досягнення нами постійної маси. На підставі одержаних залежностей вологовмісту зразків від відносної вологості в ексикаторі будуються їх ізотерми сорбції [14].

Серед геометричних властивостей кишкових плівок саме їх товщина, враховуючи близькі за природою структуру та хімічний склад різних видів кишок, є однією з визначальних у змінах захисних показників. Доволі точні результати дослідження товщини отримуються з використанням мікрометра.

Методи оцінювання ступеня водопоглинання, здебільшого, є ваговими, вони засновані на визначенні кількості поглиненої води, яку розраховують як різницю маси перед зануренням у воду та після витримки протягом певного часу. Об’ємний метод із використанням приладу Догадкіна дозволяє визначити кінетику набухання плівок [15].

У ході різнопланових досліджень отримано результати вимірювань захисних властивостей кишкових фабрикатів із застосуванням описаних вище методів (табл. 1), що суттєво розширює банк даних та можливості для управління якістю натуральних оболонок та продукції з їх використанням.

Таблиця 1

Захисні властивості продукції кишкових виробництв

Властивість	Фабрикати черев		
	яловичих	свинячих	баранячих
Міцність на розривання рукавних плівок під тиском повітря $\sigma_{mn} \times 10^{-6}$, Па	0,20±0,02	0,15±0,01	0,13±0,01
Міцність на розривання плівок під час розтягування $\sigma_p \times 10^{-6}$, Па (ПД/ПП)	24,1±1,8 13,3±1,0	17,9±1,4 9,9±0,7	15,7±1,1 8,7±0,6
Відносне подовження, % (ПД/ПП)	21,0±1,5 25,8±1,8	22,7±1,6 27,4±1,9	20,7±1,4 25,5±1,8
Товщина $s \times 10^6$, м	70–140	30–55	20–40
Паропроникність/водопроникність, кг/м^2 за 24 год	0,376±0,06 0,440±0,06	0,827±0,12 0,965±0,12	0,947±0,14 1,102±0,14
Жиропроникність, мг/м^2 за 300 с	28,0±2,2	37,3±3,0	39,1±3,2

Виходячи із сучасного стану метрологічного забезпечення управління якістю продукції кишкових виробництв, одержаних результатів теоретичного аналізу та досліджень кишкових оболонок, запропоновано заходи з його удосконалення (рис. 2).

Заходи	***Мета***	***Підстави для обґрунтування та досягнення***
Метрологічна експертиза	Визначення ступеня достовірності методу та ефективності обсягу вимірювань із застосуванням інструментальних досліджень (засобів, апаратури та обладнання)	Нормативна база вимірювань в галузі та споріднених за властивостями і призначенням матеріалів
Розробка, удосконалення, та адаптація способів вимірювання, засобів відповідної вимірювальної техніки і визначення її метрологічних характеристик	Забезпечення єдності та точності вимірювань	Результати досліджень та відповідна нормативна база
Розробка, удосконалення та адаптація методичних, інструктивних засад і метрологічних норм		

Реалізація умов застосування та метрологічного обслуговування засобів вимірювання	Дотримання норм метрологічного забезпечення	Нормативна база вимірювань в галузі та споріднених за властивостями і призначенням матеріалів
Забезпечення кваліфікації задіяного персоналу	Забезпечення здатності персоналу одержувати точні результати випробувань	Нормативна база підготовки та підвищення кваліфікації
Створення бази даних значень функціонально-технологічних, захисних властивостей і показників безпечності	Створення номенклатури та банку характеристик	Результати досліджень та відповідна нормативна база

Рис. 2. Заходи з удосконалення метрологічного забезпечення управління якістю продукції кишкових виробництв

Визначено основну мету заходів та підстави для обґрунтування й досягнення.

Висновки. Узагальнено комплекс функціонально-технологічних, захисних властивостей і показників безпечності кишкових оболонок Проаналізовано методи дослідження кишкових оболонок та напрями їх розробки, удосконалення і адаптації.

Отримані дані, технічні, методологічні та метрологічні рішення з адаптації та удосконалення проаналізованих методів, на відміну від наявного чинного нормативного матеріалу, дозволяють всебічно та об'єктивно характеризувати комплекс функціонально-технологічних, захисних властивостей і показників безпечності кишкових оболонок. А запропоновані заходи з удосконалення метрологічного забезпечення управління якістю продукції кишкових виробництв, зокрема натуральних оболонок, забезпечать комплексний підхід у прогнозуванні, реалізації ефективних технології та формуванні якості ковбасних виробів.

Список джерел інформації / References

1. Zeng J., Zhang W., Matsui Y., Zhao X. The impact of organizational context on hard and soft quality management and innovation performance // International journal of production economics. – 2021. Vol. 185. – Pp. 240–251.

2. Lee D. H., Park B. Impact of manufacturing systems on quality management practices, competitive advantages, and operational performance //

International journal of productivity and quality management. – 2016. – Vol. 19 (3). – Pp. 301–318.

3. Лозова Т. М. Сучасні аспекти управління якістю товарів // Підприємництво і торгівля. – 2023. – № 35. – С. 30–38.

Lozova, T. M. (2023). Suchasni aspekty upravlinnia yakistiu tovariv. Pidpryiemnytstvo i torhivlia, No 35, pp. 30–38.

4. Kambarov J., Ismailov N. Issues of the impact of production risk management on industry development // Social science journal. – 2022. – Vol. 13 (1). – Pp. 619–626.

5. Олійник Є. О. Олійник А. С., Пилипченко О. Г., Пугін О. С. Управління якістю продукції: сутність, принципи, основні підходи // Агросвіт. – 2019. – № 23. – С. 79–86.

Oliinyk, Ye. O. Oliinyk, A. S., Pylypchenko, O. H., Puhin, O. S. (2019). Upravlinnia yakistiu produktsii: sutnist, pryntsypy, osnovni pidkhody. Ahrosvit, No 23, pp. 79–86.

6. Михайлов В. М., Онищенко В. М. Теоретичні та практичні передумови удосконалення технології склеєних кишкових оболонок // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. / Харк. держ. ун–т харч. та торг. – Харків: ХДУХТ, 2016. – Вип. 1 (23). – С. 7–15.

Mykhailov, V. M., Onyshchenko, V. M. (2016). Teoretychni ta praktychni peredumovy udoskonalennia tekhnolohii skleienykh kyshkovykh obolonok, Prohresyvni tekhnika ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv restorannoho hospodarstva I torhivli, vol. 1 (23), pp. 7–15.

7. Elisa dos Santos, Carmen M. O. Müller, João Borges Laurindo, José C. C. Petrus, Sandra R. S. Ferreira. Technological properties of natural hog casings treated with surfactant solutions // Journal of food engineering. – 2008. – Vol. 89. – Iss. 1. Pp. 17–23.

8. Wijnker J. J. Aspects of quality assurance in processing natural sausage casings. – Ridderkerk: Ridderprint, 2009. – 114 p.

9. Михайлов В. М., Онищенко В. М., Янчева М. О., Шубіна Л. Ю. Дослідження захисних властивостей і безпечності кишкових ковбасних оболонок: монографія. – Харків: ХДУХТ, 2021. – 107 с.

Mykhailov, V. M., Onyshchenko, V. M., Yancheva, M. O., Shubina, L. Yu.. (2021). Doslidzhennia zakhysnykh vlastyvostei i bezpechnosti kyshkovykh kovbasnykh obolonok: monohrafiia. Kharkiv: KhDUKhT, 107 p.

10. Onishchenko V., Pak A. O., Goralchuk A., Shubina L., Bolshakova V., Inzhyyants S., Pak A. V., Domanova O. Devising techniques for reinforcing glued sausage casings by using different physical methods // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. Vol. 1/11 (109). pp. 6–13.

11. Михайлов В. М., Онищенко В. М., Островерх І. С., Скуріхіна Л. А., Большакова В. А. Оцінка проникності натуральних ковбасних оболонок // Технологічний аудит та резерви виробництва. – 2016. – № 6/3 (32). – С. 22–27.

Mykhailov, V. M., Onyshchenko, V. M., Ostroverkh, I. S., Skurikhina, L. A., Bolshakova, V. A. (2016). Otsinka pronyknosti naturalnykh kovbasnykh obolonok. Tekhnolohichnyi audyt ta rezervy vyrobnytstva, No 6/3 (32), pp. 22–27.

12. Frallicciardi J., Gabba M., Poolman B. Determining small-molecule permeation through lipid membranes // Nature protocols. – 2022. – No 17 (11). 2620–2646.

13. Патент України на корисну модель №34055, МПК А22С 13/00. Спосіб визначення бактеріопроникності ковбасних оболонок / Л. Ю. Шубіна, В. М. Онищенко, М. О. Янчева, І. С. Островерх, Я. О. Бачинська (Україна). – № u200802622; Заявл. 28.02.2008; Опубл. 25.07.2008, Бюл. №14. – 3 с.

Shubina, L. Yu., Onyshchenko, V. M., Yancheva, M. O., Ostroverkh, I. S., Bachynska, Ya. O. (2008). Sposib vyznachennia bakteriopronyknosti kovbasnykh obolonok. Patent Ukrainy na korysnu model, No 34055.

14. Pak A., Onishchenko V., Yancheva M., Onyshchenko A., Grynchenko N., Pak A., Inzhyyants S., Formation of functional and technological properties of the film from intestinal raw materials during the drying process // Food science and technology. – 2024. – Vol. 18. – Iss. 1. – Pp. 73–83.

15. Погожих М. І., Пак А. О., Жеребкін М. В. Пористість швидковідновлювальної каші, отриманої сушінням змішаним теплопідводом // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – 2011. Вип. 40. – Т. 1. – С. 54–57.

Pohozhykh, M. I., Pak, A. O., Zherebkin, M. V. (2011). Porystist shvydkovidnovliuvalnoi kashi, otrymanoi sushinniam zmishanym teplopidvodom. Naukovi pratsi Odeskoi natsionalnoi akademii kharchovykh tekhnolohii, 40, 1, pp. 54–57.

Михайлов Валерій Михайлович, д-р техн. наук, професор, проректор з наукової роботи, професор кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, vami2209@gmail.com.

Mykhailov Valeriy, Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-rector for Scientific Work, Professor Department of Equipment and Engineering of Processing and Food Production, State Biotechnological University, vami2209@gmail.com.

Онищенко В’ячеслав Миколайович, д-р техн. наук, доцент, професор кафедри технології м’яса, Державний біотехнологічний університет, onvm70@gmail.com.

Onyshchenko Vyacheslav, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of Department of Meat Technology, State Biotechnological University, onvm70@gmail.com.

Пак Андрій Олегович, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри фізики та математики, Державний біотехнологічний університет, pak.andr1980@gmail.com.

Pak Andrey, Doctor of Technical Sciences, Professor, Manager of Department of Physics and Mathematics, State Biotechnological University, pak.andr1980@gmail.com.

УДК 664.681.016.3

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЦЕПТУРНОГО СКЛАДУ КЕКСІВ, ЗБАГАЧЕНИХ БОРОШНОМ З ЕКСТРУДОВАНОГО ЯДРА НАСІННЯ СОНЯШНИКУ (БЕЯНС)

І.В. Цихановська, Т.А. Лазарева, В.В. Євлаш, Л.В. Газзаві-Рогозіна, А.А. Гладкоскок

Оптимізовано рецептуру й удосконалено технологію борошняного кондитерського виробу – кексів, збагачених борошном з екструдованого ядра насіння соняшнику (БЕЯНС). Під час розробки рецептури підібрано оптимальне співвідношення інгредієнтів, які використовуються для приготування кексів, що підвищило харчову цінність борошняного виробу та надало йому функціональних властивостей. Визначено фізико-хімічні та сенсорні показники готового виробу.

Ключові слова: *кекси, борошняні вироби, борошно з екструдованого ядра насіння соняшнику (БЕЯНС), сировина, харчова цінність, рецептура, технологія, вторинні продукти олійної промисловості, стала система агропродовольчої продукції.*

OPTIMIZATION OF THE RECIPE COMPOSITION OF CUPCAKES ENRICHED WITH EXTRUDED SUNFLOWER SEED FLOUR (FESSK)

I. Tsykhanovska, T. Lazarieva, V. Yevlash, L. Gazzavi-Rogozina, A. Gladkoskok

The actual direction in the production of confectionery products from flour is the use of new types of raw materials to improve the quality and nutritional value of confectionery. The flour product is a cupcake that uses local raw materials helps reduce food waste and stability of the AGRO -FOOD ecosystem. Due to the chemical composition of the seeds of extruded sunflower, sunflower seeds are a unique raw materials ingredient containing polyunsaturated fatty acids and a complex of water and fat-soluble vitamins. It is shown that the introduction of flour from the extruded nucleus of sunflower seeds provides, along with increased nutritional value of the formation of the necessary physico-chemical and structural-rocological properties and allows you to attribute a new product to the category of functional. It is established that with a partial replacement of the PLVG by 5.0%; 10.0%; 15.0% FESSK the output of the finished product increases by 4.7%; 4.9%; 5.0% respectively. What can be explained by FESSK stabilizing and moisture capacity. It is established that a partial replacement of PBVG by 5.0 %; 10.0 %; 15.0 % FESSK improves texture and appearance (shape, surface, breaking) of cupcakes at the expense of water and fat-holding capacity of FESSK. The best organoleptic performance has products *when replacing PBVG by 10.0 % beans, that is, when the BPVG ratio: FESSK = 90:10. The rational mass fraction of flour from the extruded nucleus of sunflower seeds was determined - 10.0% of the total weight of flour. This new food product has revealed the advantages of consumption compared to similar products that are already on the market.*

Keywords: *cupcakes, flour products, flour from extruded sunflower seeds (FESSK), raw materials, nutritional value, recipe, technology, secondary products of the oil industry, system of agro-food products.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Кекси є привабливим для українського ринку видом борошняних кондитерських виробів, які мають значний попит у споживачів завдяки привабливому зовнішньому вигляду і приємним смаковим якостям. Проте їх суттєвим недоліком є висока калорійність та практично повна відсутність важливих біологічно активних речовин, зокрема незамінних амінокислот, есенціальних жирних кислот, макро- і мікроелементів, природних антиоксидантів, клітковини, вітамінів тощо [1–4]. Харчовий профіль такої продукції потребує значного коригування в напрямку поліпшення хімічного складу; покращення біологічної та харчової цінностей; зниження вмісту цукру, жиру та енергетичної цінності готових виробів. Нині в харчовій індустрії у контексті циркулярної біоекономіки зростає інтерес до використання недорогих і корисних вторинних продуктів переробки рослинної сировини. Які збагачують нутрієнтний профіль харчових виробів біологічно активними речовинами; частково замінюють борошно, жир чи цукор на корисні інгредієнти; сприяють отриманню екологічно чистих продуктів з високими споживними властивостями [5, 6].

Останні дослідження у сфері нутриціології дозволили встановити взаємозв’язок між вмістом певних нутрієнтів у продуктах і станом здоров’я населення. Це сприяло формуванню нового підходу до харчування, розглядаючи його як засіб профілактики та підтримки лікування різних захворювань. Одним із суттєвих недоліків борошняних кондитерських виробів є майже повна відсутність есенціальних нутрієнтів у їхньому складі. Тому питання підвищення якості, харчової цінності та розширення асортименту таких виробів шляхом збагачення їх незамінними компонентами й функціональними інгредієнтами залишається актуальним.

Борошно з екструдованого ядра насіння соняшника (БЕЯНС) є тонким однорідним порошком з розміром частинок (90–110) мкм, сіруватого кольору, з ніжним смаком і виразним запахом насіння соняшнику, має багатий нутрієнтний склад, володіє стабілізувальними, структуроутворювальними, сорбційними, водо- та жирозв’язувальними, водо- та жиропоглинальними, водо- та жироутримувальними, антиоксидантними, емульгувальними, геле- та піноутворювальними, бактеріостатичними функціонально-технологічними властивостями, підсилює клейковину, є додатковим джерелом повноцінного білку, покращує та підвищує якість готової продукції [7–10].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У виробництвах харчових виробів збільшується попит на побічні продукти переробки насіння соняшнику – макуха/шрот/борошно, які є цінними харчовими інгредієнтами з багатим хімічним складом та широким діапазоном функціонально-технологічних властивостей [11–16]. Застосування вторинних продуктів переробки насіння соняшнику виграє малим розміром частинок і високим вмістом білка порівняно з побічними продуктами переробки фруктів; вищим показником антиоксидантної активності порівняно з пшеничним борошном [1, 2, 18]. Доведено, що додавання у рецептуру тіста знежиреного соняшникового борошна у кількості 18,0% та 36,0% від маси пшеничного борошна сприяє збільшенню: вмісту білка (35,3% і 50,0% відповідно); загального вмісту фенолів (~42,8% і 85,7% відповідно); антиоксидантної активності (166,7% і 350,0% відповідно); міцності (в’язкості) тіста; формуванню коричнево-шоколадного кольору готового виробу (кексів) [2]. Введення у рецептуру пісочного печива 10,0% соняшникового шроту покращує сенсорні властивості печива; збільшує: вміст засвоюваного протеїну, водопоглинальну та піноутворювальну здатності соняшниково-пшеничної суміші [8]. Відзначається позитивний ефект часткової заміни (15,0%, 25,0%, 35,0%) борошна пшеничного борошном соняшниковим у рецептурі крекерного печива. Збільшується вміст: сирого протеїну в (1,07–1,19) разів, золи в (4,65–11,6) разів порівняно з контролем (крекери на 100,0% пшеничному борошні). Покращуються: харчова цінність та сенсорні показники крекерів (текстура, аромат) [10]. Схожі результати повідомлялися в дослідженнях показників якості та споживних властивостей пшеничного хліба, збагаченого борошном із насіння соняшника [13]. Визначено, що додавання 10,0% і 20,0% соняшникової макухи в традиційні рецептури чапаті та печива сприяє підвищенню: вмісту: клітковини (в 2,52–2,98 і 4,42–7,80 разів відповідно), ліпідів (на 18,71–32,48% і 5,58–20,85% відповідно), білка (на 23,84–50,68% і 44,96–89,92% відповідно); харчової цінності готових борошняних виробів. Коефіцієнт засвоюваності цих борошняних кондитерських виробів становить 89,0% [19]. Кекси з вмістом 15,0% і 30,0% знежиреного борошна насіння соняшника мали: більший вміст протеїну (19,4% і 37,3% відповідно) і мінеральних речовин (23,9% і 47,0% відповідно); менший вміст вуглеводів (1,7% і 4,8% відповідно).

Підвищується питомий об'єм виробу в (1,2–1,3) рази та дисперсність повітряних пухирців в (1,15–1,25) разів; знижується густина тіста в (1,28–1,42) рази та спостерігається незначна втрата еластичних властивостей тіста. З'являється більш насичена забарвленість скоринки та м'якушки: при 15,0% заміні пшеничного борошна знежиреним борошном насіння соняшника скоринка має золотавий колір, м'якушка – жовтий; а при 30,0% скоринка – світло-коричневий, м'якушка – золотаво-коричневий.

Смак та запах кексів із 15,0% та 30,0% заміною пшеничного борошна знежиреним соняшниковим борошном приємний, наповнений, солодкий, із відчутним соняшниковим присмаком та запахом. Оптимальна кількість знежиреного борошна насіння соняшника становить 15,0% [1, 19]. Іншими дослідниками зазначається, що при додаванні в рецептуру здобного печива знежиреного соняшникового борошна з'являється зелена пігментація під час випікання. Утворення комплексів зеленого кольору спостерігається через взаємодію окисленої хлорогенової кислоти та її похідних з білками насіння соняшнику [16]. Незважаючи на високу антиоксидантну активність, наявність хлорогенової кислоти в соняшниковому здобному печиві є небажаною за рахунок зеленого ефекту.

Дослідження показали, що наявність підсолоджувачів (цукор), значення pH середовища (особливо pH>7) і вміст вологи індукують утворення зеленого кольору, що призводить до зниження загальної кількості фенольних сполук, антиоксидантної здатності і флуоресценції триптофану [3, 16]. З іншого боку, додавання соняшникового шроту/макухи/ізоляту в рецептуру здобного печива сприяє покращенню консистенції, пластичності і еластичності соняшниково-пшеничного тіста порівняно з пшеничним тістом [6, 8]. При використанні соняшникового шроту/макухи/борошна в борошняних кондитерських виробах очікуються зміна кольору. Проте використання таких інгредієнтів, як какао-порошок або цільнозернове борошно, може замаскувати зміну кольору та дозволяє використовувати корисні вторинні продукти переробки насіння соняшнику у борошняних виробах [11]. Відомо, що борошняні вироби, виготовлені з очищеного пшеничного борошна, набагато бідніші за харчовою цінністю та не відповідають належним чином потребам організму у багатьох макро- та мікроелементах [16]. Крім того, в пшеничному білку відсутній баланс незамінних амінокислот – лізину, треоніну та валіну.

Дієтологи вважають важливим включення до щоденного раціону харчування комплексної рослинної їжі, зокрема, насіння, горіхи та цільні зерна. Прийняття дієти, заснованої на використанні цілісних продуктів (наприклад, насіння соняшнику та вторинних продуктів його переробки), сприяє збільшенню кількості корисних поживних речовин у щоденному споживанні. Працездатність вторинних ресурсів масложирової промисловості (шрот/макуха/борошно) в інноваційної борошняної продукції обумовлюється багатим хімічним складом, дисперсністю, здатністю коригувати функціональні й технологічні властивості борошняних систем, сприяти створенню функціональної продукції з дієтичними та лікувально-профілактичними властивостями [11, 19].

Нами запропоновано удосконалення технології кексів шляхом використання борошна з екструдованого ядра насіння соняшника (БЕЯНС). БЕЯНС є тонким однорідним порошком з розміром частинок (90–110) мкм, що зумовлює відносну легкість введення його в рецептуру борошняних кондитерських виробів, в яких типовий розмір частинок пшеничного борошна дорівнює ≤200 мкм (зазвичай ~100 мкм). Наприклад, фруктові та овочеві вторинні продукти мають більший розмір частинок, зазвичай менше 1 мм і в межах (400–600) мкм. Більші частинки сприяють збільшенню емульсійних пухирців повітря, що призводить до зниження стабільності емульсії та, як наслідок, втрати об'єму готового борошняного виробу [1].

БЕЯНС має кремовий колір, з м'яким та ніжним смаком і виразним запахом насіння соняшнику. Йому притаманні багатий нутрієнтний склад та низька функціонально-технологічних властивостей (структуроутворювальні, стабілізувальні, сорбційні; водо- та жиропоглинальні, водо- та жирозв'язувальні, водо- та жироутримувальні, геле- та піноутворювальні, емульгувальні, антиоксидантні, бактеріостатичні). Що дозволяє інтенсифікувати технологічний процес виробництва і має перспективні технологічні застосування [1, 13, 19]. БЕЯНС є додатковим джерелом повноцінного білку, підсилює клейковину, покращує та підвищує якість готової продукції [13, 19]. Тож дослідження впливу БЕЯНС на показники якості борошняної кондитерської продукції будуть доцільними та корисними у контексті пошуку економічних шляхів підвищення поживної якості борошняних виробів та підвищення рентабельності залишків соняшникового шроту/макухи.

Наразі немає досліджень щодо введення БЕЯНС в рецептуру кексів. Тому метою цього дослідження є оцінка ефекту часткової заміни пшеничного борошна на БЕЯНС у кількості 5,0%; 10,0% і 15,0% на хімічний склад, фізико-хімічні та сенсорні показники кексів.

Метою статті є оцінка ефекту часткової заміни пшеничного борошна на БЕЯНС у кількості 5,0%; 10,0% і 15,0% на хімічний склад, фізико-хімічні та сенсорні показники кексів.

Матеріали та методи. Базовою для розроблення нового виду кексів обрана традиційна рецептура. Рецептури дослідних зразків кексів з використанням борошна з екструдованого ядра насіння соняшника (БЕЯНС) у кількості 5,0%; 10,0%; 15,0% від маси борошняної суміші у вигляді порошку, наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Рецептури кексів, виготовлених за традиційною технологією (контроль) та кексів із частковою заміною БПВГ на БЕЯНС

Найменування сировини	Вміст сухих речовин, %	Витрати сировини в натуральному вигляді на 1000, 0 кг готової продукції (без матеріалів для упаковки), кг			
		Зразок 1 – контроль	Зразок 2 – з 5,0% БЕЯНС	Зразок 3 – з 10,0% БЕЯНС	Зразок 4 – з 15,0% БЕЯНС
Борошно пшеничне вищого ґатунку (БПВГ)	85,50	413,36	387,91	362,45	337,00
Борошно з екстру-дованого ядра насіння соняш-нику (БЕЯНС)	91,80	–	25,45	50,91	76,36
Борошно житнє обдирне (БЖО)	85,50	95,71	95,71	95,71	95,71
Цукор білий	99,85	241,74	241,74	241,74	241,74
Мед натуральний	78,00	221,95	221,95	221,95	221,95
Маргарин вершковий	84,00	56,00	56,00	56,00	56,00
Меланж яєчний	27,00	11,70	11,70	11,70	11,70
Розпушувач	85,00	8,78	8,78	8,78	8,78
Какао-порошок	95,00	11,19	11,19	11,19	11,19
Кориця мелена	100,00	3,05	3,05	3,05	3,05
Разом		1062,97	1062,97	1062,97	1062,97
Вихід		1000,00	1047,00	1049,00	1050,00

Тобто БЕЯНС вводили до сухої борошняної суміші під час замішування тіста шляхом часткової заміні борошна пшеничного вищого ґатунку (БПВГ) на 5,0%; 10,0%; 15,0% (або 25,45 кг; 50,91 кг; 76,36 кг) БЕЯНС.

Сенсорний аналіз дослідних зразків кексів проводили шляхом експертної оцінки дегустаційною комісією. У процесі виконання експериментальних робіт використовувалися стандартні та загально прийняті методи дослідження [20, 21]. Вологозв'язувальну здатність (ВЗЗ) борошна і борошняних сумішей визначали методом Ямазакі; набухаючу здатність (НЗ) – щодо зміни об'єму (до і після набухання) заданої маси борошна; водопоглинальну здатність (ВПЗ) на фаріографі Брабендера згідно ДСТУ 4111.1-2002 (ISO 5530-1: 1 997. MOD); водоутримувальну (ВУЗ) та жироутримувальну здатність (ЖУЗ) центрифугуванням.

Вологість напівфабрикатів для кексів і готової продукції визначали прискореним гравіметричним методом згідно ДСТУ 4910: 2008. Намочуваність, крошливість та розжовуваність визначали згідно ДСТУ 5023: 2008. Масу випечених виробів визначали відповідно до ДСТУ EN 45501:2007.

Виклад основного матеріалу дослідження. З табл. 1 видно, що при часткової заміні БПВГ на 5,0%; 10,0%; 15,0% БЕЯНС вихід готового продукту збільшується на 4,7%; 4,9%; 5,0% відповідно. Що можна пояснити стабілізувальної та вологоутримувальної здатністю БЕЯНС.

При розробці рецептури кексів з додаванням БЕЯНС визначається найбільш оптимальне дозування БЕЯНС для отримання готових виробів з поліпшеними сенсорними показниками та споживними властивостями. Сенсорний аналіз дослідних зразків кексів проводили шляхом експертної оцінки дегустаційною комісією. Результати бальної оцінки наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Сенсорна оцінка кексів у балах

Найменування показника, бали	Дослідні зразки кексів			
	Зразок 1 – контроль	Зразок 2 – з 5,0% БЕЯНС	Зразок 3 – з 10,0% БЕЯНС	Зразок 4 – з 15,0% БЕЯНС
Смак	4,9±0,1	4,9±0,1	5,0±0,1	5,0±0,1
Запах	4,9±0,1	4,9±0,1	5,0±0,1	5,0±0,1
Колір	4,9±0,1	4,9±0,1	5,0±0,1	4,9±0,1
Вигляд на зламі (пористість)	4,5±0,1	4,9±0,1	5,0±0,1	5,0±0,1
Зовнішній вигляд (поверхня, форма)	4,6±0,1	4,9±0,1	5,0±0,1	5,0±0,1

Проведений факторний аналіз для різних показників демонструє наявність досить яскраво вираженого максимуму при зміні вмісту БЕЯНС.

Окремі залежності по окремому показнику P_i можна апроксимувати поліномом в залежності від вмісту (C_i) БЕЯНС:
$P_i=a_{0i}+a_{1i}\cdot C+a_{2i}\cdot C^2+a_{3i}\cdot C^3$.

Невідомі коефіцієнти a_{0i}, a_{1i}, a_{2i}, a_{3i} можна знайти, використовуючи окремі значення показників, одержані для різного вмісту БЕЯНС:

$$\begin{cases} a_{0i}+a_{1i}\cdot C_1+a_{2i}\cdot C_1^2+a_{3j}\cdot C_1^3=P_{i1} \\ a_{0i}+a_{1i}\cdot C_2+a_{2i}\cdot C_2^2+a_{3j}\cdot C_2^3=P_{i2} \\ a_{0i}+a_{1i}\cdot C_3+a_{2i}\cdot C_3^2+a_{3j}\cdot C_3^3=P_{i3} \\ a_{0i}+a_{1i}\cdot C_4+a_{2i}\cdot C_4^2+a_{3j}\cdot C_4^3=P_{i4} \end{cases}$$

Розв’язок рівнянь дає значення коефіцієнтів.

Таблиця 3

Показники апроксимаційної функції

№	Найменування показника, бали	Дослідні зразки кексів			
		a_{0i}	a_{1i}	a_{2i}	a_{3i}
1	Смак	4,83	$2{,}333\cdot10^{-3}$	$3{,}2\cdot10^{-3}$	$-1{,}733\cdot10^{-4}$
2	Запах	4,87	-0,012	$4{,}8\cdot10^{-3}$	$-2{,}267\cdot10^{-4}$
3	Колір	4,87	-0,019	$6{,}8\cdot10^{-3}$	$-3{,}6\cdot10^{-4}$
4	Вигляд на зламі (пористість)	4,5	0,12	$-9\cdot10^{-3}$	$2\cdot10^{-4}$
5	Зовнішній вигляд (поверхня, форма)	4,6	0,084	$-5{,}2\cdot10^{-3}$	$8\cdot10^{-5}$

Апроксимаційні криві згідно знайдених коефіцієнтів наведені на рис. 1.

Графіки (рис. 1) додатково підтверджують наявність максимуму для всіх показників. Для окремого показника положення максимуму можна знайти з умови рівності нулю похідної:

$$\frac{dP_i}{dC}=a_{1i}+2\cdot a_{2i}\cdot C+3\cdot a_{3i}\cdot C^2=0\cdot$$

Розв’язок квадратного рівняння дає значення оптимального співвідношення для одержання максимального значення показника.

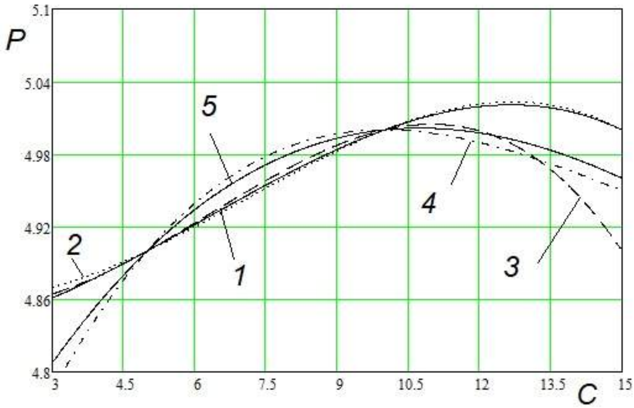


Рис. 1. Залежність показників якості від вмісту БЕЯНС

Оптимальні значення вмісту для різних показників наведені в таблиці 4.

Таблиця 4

Оптимальний вміст і вагові коефіцієнти для показників якості

№	Найменування показника, бали	C_{opt}	K
1	Смак	12,66	0,23
2	Запах	12,69	0,22
3	Колір	10,99	0,17
4	Вигляд на зламі (пористість)	10,00	0,17
5	Зовнішній вигляд (поверхня, форма)	10,74	0,21

Таким чином, раціональні значення вмісту БЕЯНС знаходяться в межах 10–13%. Цільова функції якості, яка враховує всі показники буде мати вигляд

$$F = \sum_{i=1}^{5} K_i \cdot P_i ,$$

де K_i – вагові коефіцієнти показників якості.

Проведення експертної оцінки дозволило визначити коефіцієнти для даного виду продукції. Значення коефіцієнтів наведені в таблиці 4. Зовнішній вигляд цільової функції наведений на рис. 2.

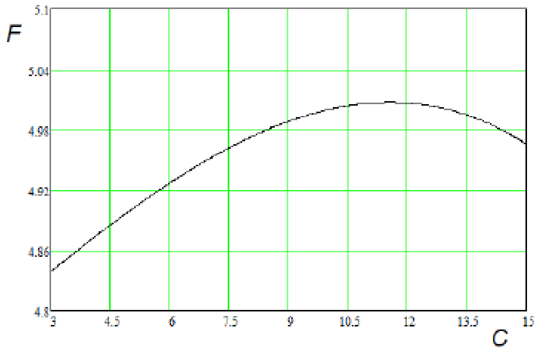


Рис. 2. Залежність цільової функції від вмісту БЕЯНС

Похідна від цієї функції дає оптимальне значення вмісту, що забезпечує максимальну якість продукції C_{opt}=11.56%.

У таблиці 5 наведено аналіз сенсорних показників кексів.

Таблиця 5

Сенсорні показники кексів

Найменування показника	Дослідні зразки кексів			
	Зразок 1 – контроль	Зразок 2 – з 5,0% БЕЯНС	Зразок 3 – з 10,0% БЕЯНС	Зразок 4 – з 15,0% БЕЯНС
1	2	3	4	5
Смак	Приємний, властивий виробу	Приємний, властивий виробу з горіховим смаком	Приємний, властивий виробу з вираженим приємним горіховим смаком	Приємний, властивий виробу з вираженим приємним горіховим смаком
Запах	Приємний, властивий виробу	Приємний, властивий виробу з горіховим ароматом	Приємний, властивий виробу з вираженим приємним горіховим ароматом	Приємний, властивий виробу з вираженим приємним горіховим ароматом

Продовження табл. 5

1	2	3	4	5
Колір	Світло-коричневого	Світло-коричневого	Від світло-коричневого до коричневого	Темно коричневого
Вигляд на зламі (пористість)	Консистенція – невеликі пори; вигляд на зламі – достатньо рівномірна структура	Консистенція – дрібнопориста, еластична; вигляд на зламі – рівномірна структура	Консистенція – дрібнопориста, еластична, ніжна; вигляд на зламі – дрібнопориста рівномірна структура	Консистенція – дрібнопориста, еластична, ніжна; вигляд на зламі – дрібнопориста рівномірна структура
Зовнішній вигляд (поверхня, форма)	Кругла частково здеформована форма; поверхня без напливів, невеликі тріщини	Кругла, з випуклою поверхнею форма; поверхня без тріщин та напливів	Кругла, правильна, з випуклою поверхнею форма; поверхня без тріщин та напливів	Кругла, правильна, з випуклою поверхнею форма; поверхня без тріщин та напливів

Встановлено (табл. 2 та 5), що часткова заміна БПВГ на 5,0 %; 10,0 %; 15,0 % БЕЯНС покращує текстуру та зовнішній вигляд (форму, поверхню, вид на зламі) кексів за рахунок водо- та жироутримувальної здатності БЕЯНС. Причому при виробництві кексів з частковою заміною БПВГ на 5,0 % БЕЯНС показники якості виробів порівняно з контролем майже не зазнали змін, а при заміні БПВГ на 15,0 % БЕЯНС текстура виробів стає суховатою і крихкою.

Найкращі органолептичні показники мають вироби при заміні БПВГ на 10,0 % БЕЯНС, тобто при співвідношенні БПВГ : БЕЯНС =

90:10 (рис. 1). При цьому зберігається текстура; вироби набувають приємного горіхового присмаку; покращуються: зовнішній вигляд – правильна, з випуклою поверхнею форма; поверхня без тріщин; консистенція – дрібнопориста, еластична, ніжна, а вигляд на зламі – дрібнопориста рівномірна структура.

Кращий результат було отримано при масовій частці БЕЯНС 10,0 % від кількості борошняної суміші.

Споживні властивості кексів. Експериментально визначено, що кекси з частковою заміною БПВГ на 5,0 %; 10,0 %; 15,0 % БЕЯНС мають кращі споживні властивості порівняно з кексами, виготовленими за традиційною технологією (табл. 6).

Таблиця 6

Споживні властивості кексів

Найменування показника	Дослідні зразки кексів			
	Зразок 1 – контроль	Зразок 2 – з 5,0% БЕЯНС	Зразок 3 – з 10,0% БЕЯНС	Зразок 4 – з 15,0% БЕЯНС
Намочуваність, %	138,0±6,7	145,0±6,9	150,0±7,0	151,0±7,0
Кришливість,%	1,75±0,07	1,15±0,04	0,95±0,02	0,87±0,02
Масова частка вологи, %	17,55±0,7	19,05±0,6	20,45±0,6	20,95±0,6

Із табл. 6 видно, що внесення БЕЯНС порівняно з контролем збільшує: намочуваність на 11,5…12,5 % (за рахунок водозв'язувальної та водоутримувальної здатності БЕЯНС) та вологовміст в 1,09…1,19 раза (це пов'язано зі зв'язуванням води молекулами біополімерів БЕЯНС та зменшенням концентраційного переміщення вологи з шарів центральної частини тістових заготовок до шарів з меншим вмістом вологи, тобто до скоринки, під час випікання). Така тенденція позитивно вплине на стабільність показників якості кексів у процесі зберігання. Кришливість порівняно з контролем зменшується в 1,52…2,01 раза порівняно з контролем (за рахунок водоутримувальної та стабілізувальної здатності частинок БЕЯНС). Це також сприяє подовженню терміну збереження свіжості готових виробів.

Висновки. Виходячи з отриманих даних, слід зробити висновок, що найкращі споживні властивості кексів, збагачених БЕЯНС, порівняно з кексами, виготовленими за традиційною технологією, було отримано при масовій частці БЕЯНС 10,0 % від кількості борошняної суміші.

Список джерел інформації / References

1. Grasso S, Liu S & Methven L (2020) Quality of muffins enriched with upcycled defatted sunflower seed flour. LWT – Food Science and Technology 119: 108893. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108893

2. Grasso S, Omoarukhe E, Wen X, Papoutsis K, & Methven L (2019) The use of upcycled defatted sunflower seed flour as a functional ingredient in biscuits. Foods 8(8): 305–316. https://doi.org/10.3390/foods8080305

3. Kovalchuk K, Ozimok H, Mariychuk R, Gyrka O, Bodak M, Palko N, Davydovych O, Tkachenko A, & Guba L (2019) Studying consumer properties of the developed cupcakes using non-traditional raw materials. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies 4(11), (100): 36–45. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.174828

4. Dziuba NA (2018) Rozrobka retseptury syrnoho mafinu "Snowball". Prohresyvni tekhnika ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv restorannoho hospodarstva i torhivli. Kharkivskyi derzhavnyi universytet kharchuvannia ta torhivli 2(28): 80–89. https://repo.btu.kharkov.ua//handle/123456789/444

5. Kuchtova V, Karovicova J, Kohajdová Z, Minarovicova L, Kimlickova V (2016) Effects of white grape preparation on sensory quality of cookies. Acta Chim Slovaca 9(2): 84–88. https:// doi.org/10.1515/acs-2016-001

6. Filho JGO & Egea MB (2021) Sunflower seed byproduct and its fractions for food application: An attempt to improve the sustainability of the oil process. J Food Sci 86: 1497–1510. https:// doi.org/10.1111/1750-3841.15719.

7. Evlash, V., Tovma, L., Tsykhanovska, I., Gaprindashvili, N. (2019). Book Chapter: Innovative technology of the scoured core of the sunflower seeds after oil expression for the bread quality increasing. Modern Development Paths of Agricultural Production: Trends and Innovations, 665–679. https://doi.org/10.1007/978-3-030-14918-5_65

8. Tsykhanovska, I., Yevlash, V., Tovma, L., Adamczyk, G., Alexandrov, A., Lazarieva, T., & Blahyi, O. (2023). Flour from sunflower seed kernels in the production of flour confectionery. In O. Stabnikova, O. Shevchenko, V. Stabnikov, & O. Paredes-López (Eds.), Bioconversion of waste to value-added products, 129-167. CRC Press, Boca Raton, London. https://doi.org/10.1201/9781003329671-5.

9. Tsykhanovska, I., Tovma, L., Lazarieva, T., Blahyi, O., Alexandrov, A., Rikunov, M., Kaplun, S., Rikunov, O., Smahin, O. Improving the quality of rye-wheat bread enriched with flour from extruded kernels of sunflower seeds for food supplies to military personnel.Eastern-Europe-an Journal of Enterprise Technologies, 2023, 1/11, (121)), pp. 50–59. https://doi. org/10.15587/1729-4061.2023.273933

10. Tsykhanovska, I., Tovma, L., Lazarieva, T., Yevlash V., Alexandrov A., Riabchykov M., Svidlo K. Development of technology of crackers wuth increased food value to improve the food supply to military servants during a special period. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2023, 2/11, (122), pp. 24–37. https://doi.org/10.15587/1729-4061

11. Adeleke BS & Babalola OO (2020) Oilseed crop sunflower (Helianthus annuus) as a source of food: Nutritional and health benefits Food Sci Nutr 8: 4666–4684. https://doi.org/10.1002/fsn3.1783.

12. Akkaya MR (2018) Fatty acid compositions of sunflowers (Helianthus annuus L.) grown in east Mediterranea region. Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse XCV(4): 239–247.

13. Alexandrino TD, Ferrari RA, Oliveira LM, Ormenese RSC, Pacheco MTB (2017) Fractioning of the sunflower flour components: Physical, chemical and nutritional evaluation of the fractions. LWT - Food Science and Technology 84: 426–432. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.05.062

14. Dabbour M, He R, Ma H, Musa A (2018) Optimization of ultrasound assisted extraction of protein from sunflower meal and its physicochemical and functional properties. Journal of Food Process Engineering 41(5): 12799. https://doi.org/ 10.1111/jfpe.12799

15. Petraru A, Ursachi F, Amariei S (2021) Nutritional Characteristics Assessment of Sunflower Seeds, Oil and Cake. Perspective of Using Sunflower Oilcakes as a Functional Ingredient. Plants 10: 2487. https://doi.org/10.3390/plants10112487

16. Slabi SA, Mathe C, Basselin M, Framboisier X, Ndiaye M, Galet O, Kapel R (2020) Multi-objective optimization of solid/liquid extraction of total sunflower proteins from cold press meal. Food Chemistry 317: 126423. https://doi.org/ 10.1016/j.foodchem.2020.126423

17. Tsykhanovska I, Yevlash V, Tovma L, Adamczyk G, Alexandrov A, Lazarieva T, & Blahyi O (2023) Flour from sunflower seed kernels in the production of flour confectionery. In O Stabnikova, O Shevchenko, V Stabnikov, & O Paredes-López (Eds). Bioconversion of waste to value-added products. CRC Press, Boca Raton, London: 129–167. https://doi.org/10.1201/9781003329671-5.

18. Heo Y, Kim MJ, Lee JW, Moon B (2019) Muffins enriched with dietary fiber from kimchi by-product: Baking properties, physical–chemical properties, and consumer acceptance. Food Science & Nutrition 7(5): 1778–1785. https://doi.org/10.1002/fsn3.1020

19. Manchuliantsau A, & Tkacheva A (2019). Upcycling solid food wastes and by-products into human consumption products. Google Patents

20. Tsykhanovska I, Stabnikova O, Riabchykov M, Lazarieva T & Korolyova N (2024). Effect of Partial Replacement of Wheat Flour by Flour from Extruded Sunflower Seed Kernels on Muffins Quality. Plant Foods for Human Nutrition, Volume 79, pages 769–778, https://doi.org/10.1007/s11130-024-01232-4.

21. ДСТУ 4910:2008. Вироби кондитерські. Методи визначення масових часток вологи та сухих речовин. Взамен ГОСТ 5900-73 ; введ. 2009-01-01. К. : Держспоживстандарт України, 2008. 14 с.

DSTU 4910:2008. Vyroby kondyterski. Metody vyznachennia masovykh chastok volohy ta sukhykh rechovyn. Vzamen HOST 5900-73 ; vved. 2009-01-01. K. : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2008. 14 s.

22. Методичний посібник з реологічних методів дослідження сировини та харчових продуктів, автоматизація розрахунків реологічних характеристик / [П. П. Пивоваров, М. І. Погожих, В. В. Полевич та ін.]. Харків : ХДУХТ, 2006. 150 с.

Metodychnyi posibnyk z reolohichnykh metodiv doslidzhennia syrovyny ta kharchovykh produktiv, avtomatyzatsiia rozrakhunkiv reolohichnykh kharakterystyk / [P. P. Pyvovarov, M. I. Pohozhykh, V. V. Polevych ta in.]. Kharkiv : KhDUKhT, 2006. 150 s.

Цихановська Ірина Василівна, д-р техн. наук, проф., кафедра харчових технологій легкої промисловості і дизайну, Навчально-науковий інститут «Українська інженерно-педагогічна академія» Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, +380956175989, cikhanovskaja@gmail.com.

Tsykhanovska Iryna, Doctor of technical sciences, professor, Department of food technology, light industry and design, Educational and Scientific Institute "Ukrainian Engineering and Pedagogical Academy" of V.N. Karazin Kharkiv National University, +380956175989, cikhanovskaja@gmail.com.

Лазарєва Тетяна Анатоліївна, д-р пед. наук, проф., кафедра харчових технологій легкої промисловості і дизайну, Навчально-науковий інститут «Українська інженерно-педагогічна академія» Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, +380667484293, lazareva_t.a@ukr.net.

Lazarieva Tetiana, Doctor of pedagogical sciences, professor, Department of food technology, light industry and design, Educational and Scientific Institute "Ukrainian Engineering and Pedagogical Academy" of V.N. Karazin Kharkiv National University, +380667484293, lazareva_t.a@ukr.net.

Гладкоскок Анастасія Андріївна, магістр, кафедра харчових технологій легкої промисловості і дизайну, Навчально-науковий інститут «Українська інженерно-педагогічна академія» Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, +380985537948, gladkoskokanastasia@gmail.com.

Gladkoskok Anastasiia, master's degree, Department of food technology, light industry and design, Educational and Scientific Institute "Ukrainian Engineering and Pedagogical Academy" of V.N. Karazin Kharkiv National University, +380985537948, gladkoskokanastasia@gmail.com.

Євлаш Вікторія Владленівна, д-р техн. наук, проф., кафедра хімії, біохімії, мікробіології та гігієни харчування, Державний біотехнологічний університет, +380677275477, evlashvv@gmail.com.

Yevlash Viktoria, Doktor of technical sciences, Professor, Department of Chemistry, Biochemistry, Microbiology and Nutrition Hygiene, State Biotehnology University, +380677275477, evlashvv@gmail.com.

Газзаві-Рогозіна Людмила Вікторівна, канд. с.-г. наук, доц., кафедра хімії, біохімії, мікробіології та гігієни харчування, Державний біотехнологічний університет, +380972143881, gazzavi@ukr.net.

Gazzavi-Rogozina Liudmyla, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Chemistry, Biochemistry, Microbiology and Nutrition Hygiene, State Biotehnology University, +380972143881, gazzavi@ukr.net.

ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ХАРЧОВОЇ ІНДУСТРІЇ

UDC 664.857.081.6:663.81.05:347.77

TECHNICAL REVIEW AND INTELLECTUAL PROPERTY ASPECTS OF INNOVATIVE MEMBRANE TECHNOLOGIES IN JUICE PRODUCTION

G. Deinychenko, D. Dmytrevskyi, D. Honchar,
O. Piddubnyi, V. Lavreniuk

This article presents an analytical and review study of membrane processes and equipment used for juice purification and concentration in the food industry. Special attention is given to technological innovations and the role of intellectual property in protecting membrane solutions. The paper highlights current trends, practical applications, and patent landscape relevant to membrane technologies in juice processing.

Keywords: *membrane technologies, juice production, intellectual property, juice purification, concentration.*

ТЕХНІЧНИЙ ОГЛЯД ТА АСПЕКТИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ ІННОВАЦІЙНИХ МЕМБРАННИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ВИРОБНИЦТВІ СОКІВ

Г.В. Дейниченко, Д.В. Дмитревський, Д.О. Гончар,
О.А. Піддубний, В.В. Лавренюк

У статті проведено аналітичне та оглядове дослідження сучасних мембранних процесів і відповідного обладнання, що використовуються для очищення та концентрування соків у харчовій промисловості. Мембранні технології, серед яких основними є мікрофільтрація, ультрафільтрація, нанофільтрація та зворотний осмос, відіграють дедалі важливішу роль у підвищенні ефективності технологічних процесів. Їх застосування дає змогу значно покращити якість кінцевого продукту без необхідності використання високотемпературних методів обробки, що сприяє збереженню корисних речовин, смакових характеристик і натурального кольору соків. У роботі висвітлено принципи дії зазначених процесів, особливості їх реалізації у виробничих умовах, а також класифікацію та властивості мембран, що використовуються у харчових технологіях. Окремо розглянуто технічні характеристики мембранного обладнання, зокрема матеріали виготовлення, конструктивні рішення, модульність систем, параметри продуктивності та енергоспоживання.

Проведено порівняльний аналіз мембранних методів із традиційними технологіями очищення та концентрації, підкреслено переваги таких рішень у контексті енергоефективності, екологічної безпеки, простоти автоматизації та масштабованості виробництва. Значну увагу приділено аналізу стану інтелектуальної власності у сфері мембранних технологій, що використовуються для обробки соків. На основі патентного пошуку проаналізовано поточний стан патентування інноваційних рішень у цій галузі, визначено провідні країни та компанії, що активно займаються розробкою мембранного обладнання. Встановлено, що патентна активність зростає, що свідчить про інтенсивний розвиток технологій та високу конкурентність ринку.

Розглянуто значення правової охорони інтелектуальної власності для забезпечення комерційного успіху підприємств та стимулювання інноваційної діяльності. Зроблено висновки щодо доцільності впровадження мембранних процесів у виробництво соків та необхідності врахування патентної ситуації при розробці нових технологічних рішень.

Ключові слова: *мембранні технології, виробництво соків, інтелектуальна власність, очищення соків, концентрація*

Statement of the problem. In the current context of the food industry’s development, one of the key challenges is to ensure high product quality while simultaneously reducing energy consumption, optimizing production processes, and complying with environmental standards. This is particularly relevant in juice production, where it is essential to preserve the natural composition, taste, and aroma of raw materials during processing [1]. Traditional methods such as thermal treatment, pasteurization, sedimentation, or mechanical filtration often lead to the degradation of vitamins, loss of biologically active compounds, increased energy use, and the generation of significant by-products [2].

In this regard, innovative membrane technologies are gaining widespread adoption, enabling the physicochemical treatment of juices at the molecular level without the use of high temperatures. Among these, ultrafiltration, microfiltration, nanofiltration, and reverse osmosis are considered the most promising processes [3]. They provide high-quality end products, preserve organoleptic properties, and significantly reduce operational costs. Membrane processes effectively remove suspended solids, microorganisms, and undesirable impurities from juice, while concentrating valuable components [4]. This opens up extensive possibilities for their application in the production of natural juices, nectars, concentrates, and functional beverages [5].

Despite numerous technical advantages, the large-scale implementation of such technologies in industrial production faces several challenges. One of the critical issues is the need to protect intellectual property, encompassing the patenting of membrane designs, modules, process schemes, and methods of integration into production lines. Given the increasing number of patent applications in the field of membrane technologies globally, it is crucial to timely identify emerging technical solutions, analyze patent data, and ensure legal protection of innovations in both national and international jurisdictions [6].

Thus, at the intersection of technical efficiency and legal protection mechanisms lies an urgent problem: identifying the potential of innovative membrane technologies in juice production while simultaneously addressing intellectual property considerations. Solving this issue will not only improve production processes but also enhance the competitiveness of enterprises by safeguarding technological innovations.

Review of the latest research and publications. Over the past few decades, membrane technologies have become a key component in juice processing, increasingly replacing traditional methods such as thermal treatment and evaporation. These innovative approaches allow for the preservation of organoleptic properties and bioactive compounds while reducing energy consumption, aligning with modern demands for product quality and sustainable production [7].

Ultrafiltration (UF), nanofiltration (NF), and reverse osmosis (RO) are widely used for the clarification, concentration, and stabilization of fruit juices. A study conducted at Lund University demonstrated that combining RO and evaporation in apple juice processing can reduce energy consumption by 25–40% compared to conventional evaporation methods, while achieving concentrations up to 75 °Brix and retaining 98–99% of sugars and acids [8].

Integrated membrane systems that combine UF, NF, RO, membrane distillation (MD), and osmotic distillation (OD) have enabled the development of compact and energy-efficient production lines. These systems allow for simultaneous filtration, concentration, and aroma recovery, reducing losses of bioactive components [9].

Recent advancements such as electrodialysis with filtration membranes (EDFM) show potential in enriching juices with anthocyanins. A study demonstrated that treatment time significantly influences juice composition, process efficiency, and membrane fouling, with minimal anthocyanin accumulation on cation-exchange membranes and structural changes observed in anion-exchange membranes [10].

Membrane surface modifications, including the application of graphene oxide layers or TiO_2 nanoparticles, have been shown to improve hydrophilicity, reduce fouling, and enhance selectivity. For example, the use of modified membranes in apple juice treatment resulted in improved anti-scaling properties, color retention, and increased antioxidant activity [11].

In terms of intellectual property, there has been a notable increase in patent activity related to membrane technologies for juice processing. U.S. Patent US4959237A, describes a multi-stage RO system using high-rejection polyamide membranes for juice concentration, improving the flavor profile of the final product. Another patent, WO2021167970A1, presents a juice filtration system that effectively reduces calories and sugar content while enhancing taste by removing bitter compounds [12].

These studies and patent developments emphasize the importance of integrating technological innovation with legal protection mechanisms to enhance the competitiveness and resilience of juice production systems in the global market.

The objective of the research. The purpose of this article is to conduct a comprehensive technical review of modern innovative membrane technologies used in juice production, alongside an analysis of intellectual property aspects related to their development, implementation, and legal protection.

Presentation of the research material. In modern juice production, various membrane filtration methods play a crucial role in ensuring efficient purification, stabilization, and preservation of the product's quality characteristics. Among the most common approaches are dead-end and cross-flow filtration, each with its own features, advantages, and drawbacks. The choice of filtration method directly affects the efficiency of the technological process, the level of equipment contamination, the duration of production cycles, and the final quality of the juice [13]. At the same time, an important aspect of applying innovative membrane technologies is their patent protection and the regulation of intellectual property rights. In juice production practice, intellectual property not only serves the function of legal protection of technical solutions but also acts as a strategic tool for monetizing innovations, establishing partnerships, and commercializing research achievements. This is especially relevant for new types of membranes, purification methods, automated filtration control systems, and combined technological schemes [14].

Dead-end filtration involves the flow of liquid perpendicular to the membrane surface. In this process, all particles larger than the membrane pore size accumulate on the surface, forming a filtration layer. This layer becomes denser over time, reducing membrane productivity. The main advantage of dead-end filtration is the simplicity of equipment design and relatively low initial implementation costs. It works effectively for filtering liquids with a low content of solid impurities, ensuring a high degree of purification. This approach is suitable for small-scale production or laboratory conditions. However, the use of specific membrane designs in dead-end filtration is the subject of numerous patents, which may limit the use of certain technologies without appropriate licensing or permission from rights holders [15].

Nevertheless, dead-end filtration also has significant disadvantages. Firstly, membranes become contaminated quickly, requiring frequent cleaning or replacement. This reduces the duration of continuous system operation and increases operational costs. Secondly, the formation of the filtration layer decreases system productivity, potentially affecting overall process efficiency. As a result, dead-end filtration is rarely used on an industrial scale without additional membrane cleaning solutions, such as backflushing or chemical agents. These engineering solutions are often patented, providing competitive advantages to their owners and income opportunities through licensing [16].

In contrast, cross-flow filtration involves the flow moving parallel to the membrane surface, which minimizes particle accumulation and reduces the risk of fouling. In this case, part of the liquid passes through the membrane to form the permeate, while the rest continues to flow parallel to the membrane, carrying retained substances to the waste stream [17]. This approach ensures higher system productivity, allows effective operation with liquids containing a large number of suspended solids, and extends membrane lifespan. Patents for cross-flow modules cover new materials, structural solutions, and flow regimes, forming a legal basis for commercial exploitation and intellectual property protection of innovative solutions.

The advantages of cross-flow filtration include stable operation under high loads, reduced need for frequent membrane replacement, and the possibility of prolonged continuous use. This method provides more uniform pressure distribution across the membrane surface, reducing mechanical stress and promoting equipment durability. However, cross-flow filtration requires a more complex system design, greater investment in equipment, and higher energy consumption to maintain the necessary pressure and flow velocity. Nevertheless, these costs are offset by stable operation, reduced production downtime, and improved final product quality. Intellectual property in this field is a key to monetizing innovations through licensing, technology sales, or partnership agreements [18].

Special attention in the context of juice production is given to methods such as microfiltration and ultrafiltration. Microfiltration uses membranes with pore sizes ranging from 0.1 to 10 microns, effectively removing bacteria, suspended particles, and some colloids. This method is widely used at the juice pre-treatment stage, ensuring the removal of unwanted solids without altering the product's organoleptic properties. Due to operation at low pressure, microfiltration is an energy-efficient technology that reduces operational costs and the risk of thermal damage to sensitive juice components. Recent developments in microfiltration include membranes made from nanostructured polymers, which are the subject of numerous international patents, reflecting high innovation activity in this field [19].

The advantages of microfiltration include the preservation of taste, aroma, and color of the beverage, ease of membrane maintenance, and the ability to integrate into existing processing lines. However, the effectiveness of this method is limited. Microfiltration cannot remove dissolved substances, viruses, and small molecules, which reduces the degree of product stabilization. Additionally, membranes may become quickly fouled when processing liquids with a high colloid content, requiring additional regeneration measures. Legal protection of such solutions enables developers to ensure exclusivity, strengthen market positions, and receive royalties from the commercial use of technologies [20].

Ultrafiltration, in turn, uses membranes with smaller pores 0.01 to 0.1 microns allowing the removal of even fine-dispersed particles, viruses, and protein compounds. This ensures high purification efficiency and biological stability of the final product. Ultrafiltration allows the preservation of vitamins and biologically active substances while reducing microbiological load. The use of ultrafiltration contributes to extending the shelf life of beverages without preservatives, meeting modern requirements for naturalness and environmental friendliness of food products. Companies developing new types of ultrafiltration membranes actively patent their innovations to protect the market, attract investors, and build a high-tech image on the international stage.

Figure 1 shows the technical equipment of the tangential filtration process.

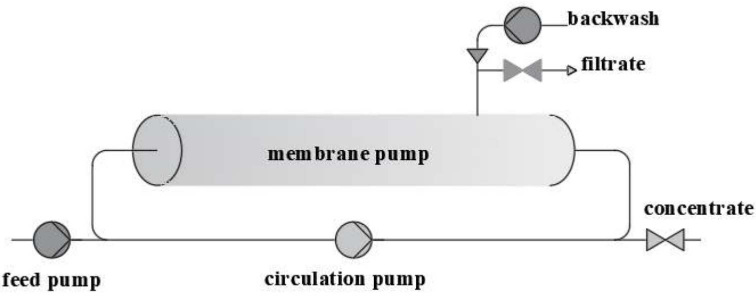


Fig. 1. Technical equipment of the tangential filtration process

The advantages of ultrafiltration include a high degree of purification, the ability to control product composition, and consistent quality over an extended period. However, this method also has certain drawbacks. High equipment and maintenance costs, the need for juice pre-treatment to prevent rapid membrane fouling, and the complexity of process control can limit its application in enterprises with small-scale production. However, obtaining patents for pre-treatment and automatic membrane cleaning processes is a way to ensure technological advantage and legal protection of intellectual property, which is critically important for commercializing research results.

In industrial practice, combined approaches to membrane filtration are increasingly used, combining the benefits of microfiltration and ultrafiltration and optimizing filtration modes (e.g., switching from dead-end to cross-flow depending on working conditions). Such an integrated approach allows not only to ensure high final product quality but also to increase production profitability by reducing losses, energy consumption, and membrane replacement frequency. Furthermore, the use of automated filtration process monitoring and control systems, often developed as part of patented technologies, helps reduce human error and ensures the stability of technological parameters. These technical solutions highlight the importance of legal protection of innovations and the need for strategic management of intellectual property in the agro-industrial sector.

Thus, the choice between dead-end and cross-flow filtration, as well as between microfiltration and ultrafiltration, should be based on an analysis of final product quality requirements, the enterprise’s technological capabilities, economic feasibility, and legal aspects of intellectual property. In modern juice production, combinations of these methods are increasingly used to optimize purification processes and preserve the natural properties of beverages. Future development prospects lie in improving membrane materials, increasing their chemical and mechanical resistance, and applying advanced approaches to intelligent filtration process management based on big data analysis and machine learning, with appropriate patent protection to stimulate innovation activity.

Conclusion. In conclusion, membrane filtration technologies represent not only a technical foundation for high-quality juice production but also a dynamic sphere of intellectual property development. Their use ensures high product quality and meets consumer demands for natural, preservative-free beverages. Innovations in filtration methods, supported by patents, contribute to increased production efficiency and competitiveness. The rapidly growing patent landscape encompassing membrane materials, designs, and automated control systems underscores the importance of protecting technological advances. Enterprises that strategically manage their intellectual property portfolios can capitalize on licensing opportunities, attract investment, and ensure long-term market presence. Therefore, integrating filtration innovations with legal safeguards is essential for sustainable development in the juice processing industry.

References

1. Cassano, A., Conidi, C., Ruby-Figueroa, R., Castro-Muñoz, R. Nanofiltration and tight ultrafiltration membranes for the recovery of polyphenols from agro-food by-products. International Journal of Molecular Sciences, 2018. 19(2), 351. https://doi.org/10.3390/ijms19020351

2. Galanakis, C.M. Recovery of high added-value components from food wastes: Conventional, emerging technologies and commercialized applications. Trends in Food Science & Technology, 2015. Vol. 26(2), 68–87. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2012.03.003

3. Rastogi, N.K. Opportunities and challenges in application of forward osmosis in food processing. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2016. Vol. 56(2), 266–291. https://doi.org/10.1080/10408398.2012.733437

4. Conidi, C., Castro-Muñoz, R., Cassano, A. Membrane-based operations for the recovery of polyphenols from wastewaters. Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry, 2020. Vol. 21, 60–69. https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2019.12.003

5. Deynichenko, G., Guzenko, V., Dmytrevskyi, D., Chervonyi, V., Omelchenko, O., Horielkov, D., Korolenko, O. Developing a technique for the removing of a gel layer in the process of membrane treatment of pectin extract. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2020, 4(11–106), 63–69. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.208984.

6. Deynychenko, G., Guzenko, V., Dmytrevskyi, D., Chervonyi, V., Kolisnichenko, T., Omelchenko, O., Nykyforov, R. Study of the new method to intensify the process of extraction of beet pulp. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2018, 4(11–94), 15–20. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.140126.

7. Miyoshi, T., Yuasa, K., Ishigami, T., Rajabzadeh, S., Kamio, E., Ohmukai, Y., Saeki, D., Ni, J., Matsuyama, H. “Effect of membrane polymeric materials on relationship between surface pore size and membrane fouling in membrane bioreactors”, Applied Surface Science, 2015, Vol. 330, pp. 351-357. https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2015.01.018.

8. Zhao, D., Lau, E., Huang, S., Moraru, C.I. The effect of apple cider characteristics and membrane pore size on membrane fouling. LWT-Food Science and Technology, 2015, Vol. 64, pp. 974-979. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.07.001.

9. Hutomo, G. S., Rahim, A., & Kadir, S. Pectin Isolation from Dry Pod Husk Cocoa with Hydrochloride Acid. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 2016, 5(11), 751–756. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2016.511.086.

10. Iskakova, G., Kizatova, M., Baiysbayeva, M., Azimova, S., Izembayeva, A., & Zharylkassynova, Z. Justification Of Pectin Concentrate Safe Storage Terms By Pectin Mass Ratio. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2021, 4(11–112), 25–32. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.237940

11. Jia, T., Zeng, J., Gao, H., Jiang, J., Zhao, J., Su, T., & Sun, J. Effect of pectin on properties of potato starch after dry heat treatment. Tropical Journal of

Pharmaceutical Research, 2019, 18(7), 1375–1384. https://doi.org/10.4314/tjpr.v18i7.2

12. Cherevko O.I., Deinychenko G.V., Dmytrevskyi D.V., Guzenko V.V., Heiier H.V., Tsvirkun L.O. Application of membrane technologies in modern conditions of juice production. Progressive technique and technologies of food production enterprises, catering business and trade, 2020, Vol. 2 (32). pp. 67-77. https://doi.org/10.5281/zenodo.4369743.

13. Deinychenko G.V., Dmytrevskyi D.V., Zolotukhina I.V., Perekrest V.V., Guzenko V.V. Directions of improvement of processes of membrane separation of juices from fruit and berry raw materials. Progressive technique and technologies of food production enterprises, catering business and trade, 2021. Vol. 1 (33). pp. 89–98. https://doi.org/10.5281/zenodo.5036090.

14. David Durán-Aranguren, D., Juliana Alméciga Ramírez, C., Catalina Villabona Díaz, L., Ayalde Valderrama, M., & Sierra, R. Production of Pectin from Citrus Residues: Process Alternatives and Insights on Its Integration under the Biorefinery Concept. Pectins - The New-Old Polysaccharides. IntechOpen, 2022, https://doi.org/10.5772/intechopen.100153.

15. Deynichenko, G., Dmytrevskyi, D., Guzenko, V., Omelchenko, O., Perekrest, V. Prospects of using equipment for membrane separation of food liquids**.** Scientific bulletin of the Tavria State Agrotechnological University, 2023. Vol. 13, № 2. C. 1-11. https://doi.org/10.31388/2220-8674-2023-2-12.

16. Yukun Li, Jianquan Luo, Yinhua Wan. Biofouling in sugarcane juice refining by nanofiltration membrane: Fouling mechanism and cleaning. Journal of Membrane Science. Vol. 612, 2020. 118432. https://doi.org/10.1016/j.memsci.2020.118432.

17. Emel Yilmaz, Pelin Onsekizoglu Bagci. Ultrafiltration of Broccoli Juice Using Polyethersulfone Membrane: Fouling Analysis and Evaluation of the Juice Quality. Food and Bioprocess Technology, 2019. Vol. 12, pp. 1273–1283. https://doi.org/10.1007/s11947-019-02292-0.

18. Samreen, Ch V.V. Satyanarayana, L. Edukondalu,Vimala Beera. Srinivasa Rao. Effect of Pre-treatment on Aggregation, Biochemical Quality and Membrane Clarification of Pomegranate Juice. Indian Journal of Ecology, 2022. 49(3): pp. 910-918. https://doi.org/10.55362/IJE/2022/3615.

19. David Inhyuk Kim, Gimun Gwak, Min Zhan, Seungkwan Hong. Sustainable dewatering of grapefruit juice through forward osmosis: Improving membrane performance, fouling control, and product quality. Journal of Membrane Science, 2019. Vol. 578, pp. 53-60. https://doi.org/10.1016/j.memsci.2019.02.031.

20. Xiaochan An, Yunxia Hu, Ning Wang, Zongyao Zhou, Zhongyun Liu. Continuous juice concentration by integrating forward osmosis with membrane distillation using potassium sorbate preservative as a draw solute. Journal of Membrane Science. Vol. 573, 2019, pp. 192-199. https://doi.org/10.1016/j.memsci.2018.12.010.

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.

Dmytrevskyi Dmytro, PhD in Tech. Sc., Assoc. Prof. of the department of equipment and engineering of processing and food industries, Kharkiv State Biotechnology University, dmitrevskyidv@gmail.com.

Дмитревський Дмитро В'ячеславович, канд. техн. наук, доц., доцент кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, dmitrevskyidv@gmail.com.

Honchar Dmytro, postgraduate, Kharkiv State Biotechnology University, dgoncharowl@gmail.com.

Гончар Дмитро Олександрович, аспірант, Державний біотехнологічний університет, sashapoddubnyj@gmail.com.

Piddubnyi Oleksandr, master's degree candidate, Kharkiv State Biotechnology University, sashapoddubnyj@gmail.com.

Піддубний Олександр Андрійович, здобувач ступеня вищої освіти магістра, Державний біотехнологічний університет, sashapoddubnyj@gmail.com.

Lavreniuk Vladyslav, bachelor's degree candidate, Kharkiv State Biotechnology University, lavreniuk.vladyslav@gmail.com.

Лавренюк Владислав Вікторович, здобувач ступеня вищої освіти бакалавра, Державний біотехнологічний університет, lavreniuk.vladyslav@gmail.com

УДК 631.362

ДО ПИТАННЯ ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБУ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕРТЯ КОЧЕННЯ ТА ПРИЛАДУ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ

О.В. Богомолов, В.М. Михайлов, О.О. Богомолов, Е.В. Бойко

Обґрунтовано спосіб визначення коефіцієнтів тертя кочення, в якому сутність процесу визначення коефіцієнта кочення частинки полягає у фіксації кута нахилу похилої площини, на якій знаходиться частинка, при поступовому його збільшенні до початку руху частинки, визначенні тангенса цього кута і множенні його на радіус частинки.

Ключові слова: *тертя, коефіцієнт, спосіб, кочення, обґрунтування, прилад.*

ON THE ISSUE OF SUBSTANTIATION OF THE METHOD FOR DETERMINING ROLLING FRICTION COEFFICIENTS AND THE DEVICE FOR ITS IMPLEMENTATION

O. Bogomolov, V. Mikhailov, O. Bogomolov, E. Boyko

The paper considers the issue of substantiating the method for determining the coefficients of rolling friction and the device for its implementation. The methods for determining the coefficients of static, sliding and rolling friction are analyzed. The relevance of the paper lies in the fact that the methods for determining the coefficients of static friction are based either on determining the friction force using dynamometers and on this basis determining the coefficient of static friction, or on the use of inclined surfaces. The aim and objective of the research is to substantiate the method for determining the coefficients of rolling friction and the device for its implementation. The paper applies theoretical and computational-experimental methods based on the provisions of theoretical mechanics and methods of statistical processing of experimental data. Millet, rapeseed, pea and soybean seeds were used to study the angles and coefficients of friction. It is shown that the proposed devices for determining the coefficients of rolling friction of individual small particles, for example grains, are complex in design and are not produced by industry. It is shown that friction plays a significant role both in our lives and in many branches of technology. It is present in everyday actions, in the use of transport and other means of transportation, where friction is necessary to prevent slipping and ensure safety. It is noted that friction can also be negative, for example, in various mechanisms when the movement of bodies relative to each other is difficult, and sometimes the movement itself. The paper substantiates the method for determining the coefficients of rolling friction, in which the essence of the process of determining the rolling coefficient of a particle consists in fixing the angle of inclination of the inclined plane on which the particle is located, with its gradual increase until the beginning of the particle's movement, determining the tangent of this angle and multiplying it by the radius of the particle.

Keywords: *friction, coefficient, method, rolling, justification, device.*

Постановка проблеми в загальному вигляді. Тертя відіграє значну роль як у нашому житті, так і в багатьох галузях техніки. Воно присутнє у повсякденних діях, у використанні транспортних та інших засобів, де тертя необхідне для запобігання ковзанню та забезпечення безпеки тощо. Однак вплив тертя може бути і негативним, наприклад, у різних механізмах при перешкоджанні руху тіл одне відносно одного, іноді й самого руху [1; 2, с. 229–243; 3, с. 33–48]. При контакті фізичних тіл та перешкоджанні їх руху одне відносно одного виникають сили тертя. Розрізняють сили тертя спокою та ковзання. Максимальне значення сили тертя, коли воно ще не ковзає, називають силою тертя спокою, її визначають за формулою [4, с. 128–132]:

$$F = f \cdot N, \tag{1}$$

де f – коефіцієнт тертя спокою;

N – сила притискання одного тіла до іншого.

Коли ж тіло вже зрушило з місця, то сила тертя зменшується, якщо воно підтримує рівномірний рух.

Коефіцієнти тертя і спокою, і ковзання визначаються за однією і тією самою формулою:

$$f = \frac{F}{N}. \tag{2}$$

Маємо на увазі силу F – тертя спокою або тертя ковзання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для визначення коефіцієнтів тертя спокою використовують прилади різних конструкцій, в яких вимірюють або силу тертя [5; 6, с. 94–103], або кут нахилу похилої площини φ, під яким починається ковзання частинки, і коефіцієнт тертя визначають за формулою:

$$f = tg\varphi. \tag{3}$$

Цей же спосіб описано в патенті США [7, с. 1–3].

Для визначення коефіцієнтів тертя спокою сипких матеріалів із мінливими значеннями розраховують його середньостатистичну величину шляхом обчислення коефіцієнтів для великої кількості частинок, тому для підвищення продуктивності запропоновано прилад, представлений на рис. 1, описаний в [8, с. 9], або більш удосконалений – в [9, с. 1–3].

Для визначення коефіцієнтів тертя ковзання застосовують, як правило, широко відомий простий прилад академіка Желіговського В.А. [10] або прилад складнішої конструкції [8, с. 16], схему якого наведено на рис. 2. Цей прилад для визначення коефіцієнтів тертя поодиноких частинок складний за конструкцією; рухома стрічка приладу має мікроколивання поверхні, що знижує точність визначення коефіцієнта тертя.

Із визначенням коефіцієнта тертя кочення для дрібних кулястих частинок виникають проблеми, тому що силу тертя за допомогою динамометрів виміряти неможливо, бо вона дуже мала; до того ж вона хоч і називається силою тертя кочення, по суті є силою тертя спокою, точніше спокою-кочення, не є безрозмірною, як коефіцієнт тертя спокою ковзання, а вимірюється лінійною величиною мм або м.

Таким чином, по суті приладів для визначення коефіцієнтів тертя кочення поодиноких дрібних частинок немає.

Мета статі – обґрунтування способу визначення коефіцієнтів тертя кочення та приладу для його здійснення.

Матеріали та методи. У статті застосовані теоретичні та розрахунково-експериментальні методи на базі положень теоретичної механіки та методи статистичного оброблення експериментальних даних. Для досліджень кутів та коефіцієнтів тертя використані насіння проса, ріпаку, гороху та сої.

Виклад основного матеріалу дослідження. Переважна більшість способів та приладів для визначення коефіцієнтів тертя призначені для неперекидних частинок, тобто для частинок, що здатні рухатися з ковзанням по поверхні. Однак значна їх частина має кулясту форму і здатна до кочення по нахиленій площині. У зв'язку з цим пропонується найпростіший спосіб та прилад, що дозволяє визначити коефіцієнт тертя кочення. Розрахункова схема способу та приладу показана на рис. 1.

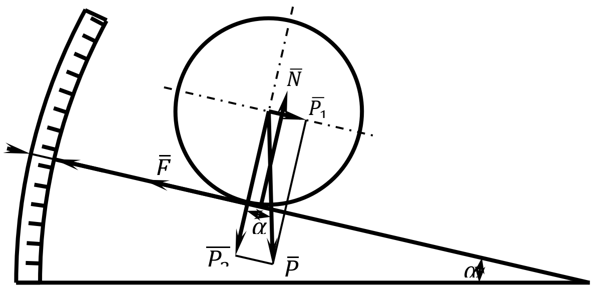


Рис. 1. Розрахункова схема способу визначення коефіцієнтів тертя кочення

Пропонується нахилену площину виконати поворотною з використанням пристрою для заміру кута нахилу. В основу роботи приладу покладені наступні міркування.

Розкладемо силу $\overline{P}$ на складові $\overline{P_1}$і $\overline{P_2}$ при граничному положенні рівноваги, коли $\alpha = \alpha_1$.

Видно, що рушійна сила $Q = P_1 = P\sin\alpha_1$, а нормальна реакція

$$N = P_2 = P\cos\alpha_1.$$

Відомо, що

$$Q = \frac{K}{R}N, \tag{4}$$

де K – коефіцієнт тертя кочення, м;

R – радіус частинки, м.

Тоді

$$P\sin\alpha_1 = \frac{K}{R}\cos\alpha_1, \quad (5)$$

або

$$tg\alpha_1 = \frac{K}{R}, \alpha_1 = arctg\frac{K}{R}, K = Rtg\alpha_1. \quad (6)$$

Зі зменшенням K до нуля кут α також зменшується до нуля. Очевидно, що рівновага зберігатиметься при будь-якому куті $\alpha < \alpha_1$. Частинка при $\alpha<\alpha_1$ буде в спокої, якщо одночасно коефіцієнт тертя кочення f_0 частинки по площині буде таким, що $f \geq tg\alpha$, тобто якщо $f_0 > \frac{K}{R}$, що зазвичай і буває. Якщо ж виявиться, що $f_0 \leq \frac{K}{R}$, то при $\alpha=\alpha_1$ частинка не буде в спокої та почне рухатися по площині.

Таким чином, процес визначення коефіцієнта K полягає в фіксації кута α_1 шляхом повільного збільшення кута α до початку руху частинки і визначенні його за формулою 6.

Для прикладу було визначено коефіцієнти тертя кочення та ковзання насіння проса та ріпаку, гороху та сої. Цей набір культур характерний округлістю насіння. Розміри проса та ріпаку малі та майже однакові, а гороху та сої значно більші й теж близькі між собою за розмірами. У таблиці 1 наведено середні коефіцієнти та кути кочення та ковзання цих культур.

Таблиця 1

Показники тертя по фанері технічній різних культур

Культура / Кути та коефіцієнти тертя	Просо	Ріпак	Горох	Соя
Коефіцієнт тертя кочення, мм	0,38	0,32	1,08	1,46
Коефіцієнт тертя ковзання, мм	0,41	0,44	0,43	0,42
Кут тертя кочення, град	12,0	11,2	10,2	13,6
Кут тертя ковзання, град	22,2	23,8	23,9	22,6

Кути та коефіцієнти тертя ковзання були визначені за допомогою приладу академіка Желіговського В.А.

Отримані результати кутів та коефіцієнти тертя ковзання вибраних культур мають незначні розбіжності. Між кутами тертя ковзання розбіжності 1,6°, а коефіцієнтами тертя 0,03. Трохи більше розбіжності між кутами α_1, при якому частинки починають кочення (цей кут можна назвати кутом кочення). Коефіцієнти тертя кочення для обраних культур мають інші розбіжності, зростають ці розбіжності зі збільшенням діаметра зернин, між просом і ріпаком – 0,06 мм, горохом і соєю – 0,38 мм. Якщо взяти середнє між просом і ріпаком та горохом і соєю, то ці розбіжності значні й складають 0,92 мм. Тобто коефіцієнт тертя кочення значно зростає для зерна з більшими розмірами.

Висновки. Запропонований метод визначення коефіцієнтів тертя кочення відрізняється простотою, не потребує складних приладів і за допомогою похилої площини з фіксацією кута, при якому починається кочення, дозволяє визначати коефіцієнти тертя кочення.

Список джерел інформації / References

1. Заика П.М. Избранные задачи земледельческой механики. К.: Изд-во УСХА, 1992. 507 с.

Zaika P.M. (1992). Izbrannyye zadachi zemledel'cheskoy mekhaniki. K.: Izd-vo USKHA. 507.

2. Горячкин В.П. Собрание сочинений: в 3 т. М.: Колос, 1965. Т. 1. 720 с.

Goryachkin V.P. (1965). Sobraniye sochineniy: v 3 t. M.: Kolos. T. 1. 720 s.

3. Наукові основи ощадливої підготовки насіння з поліпшеним біологічним потенціалом: монографія / Бредихін В.В., Богомолов О.В., Сліпченко М.В. та ін. Харків: Діса, 2023. 408 с.

Bredykhin V.V. (2023). Naukovi osnovy oshchadlyvoyi pidhotovky nasinnya z polipshenym biolohichnym potentsialom: monohrafiya / Bredykhin V.V., Bohomolov O.V., Slipchenko M.V. ta in. Kharkiv: Disa. 408 s.

4. Элементарный учебник физики: учебное пособие в 3 т. / под. ред. Ландсберга Г.С. Т. 1. М.: Наука,1985. 608 с.

Landsberga G.S. (1985). Elementarnyy uchebnik fiziki: Uchebnoye posobiye. V 3 t. pod. red. Landsberga G.S. T. 1. M.: Nauka. 608 s.

5. Яворский Б.М., Пинский А.А. Основы физики. Т. 1. М.: Наука, 1974. 496 с.

Yavorskiy B.M., Pinskiy A.A. (1974). Osnovy fiziki. Tom 1. M.: Nauka. 496 s.

6. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. М.: Наука, 1972. 480 с.

Targ S.M. (1972). Kratkiy kurs teoreticheskoy mekhaniki. M.: Nauka. 480 s.

7. Патент США 3020744, кл. 73-9, кл. G01N19/02, 1962.

Patent SSHA 3020744, kl. 73-9, kl. G01N19/02, 1962.

8. Заика П.М., Мазнев Г.Е.. Сепарация семян по комплексу физико-механических свойств. М.: Колос, 1978. 287 с.

Zaika P.M., Maznev G.Ye. (1978). Separatsiya semyan po kompleksu fiziko-mekhanicheskikh svoystv. M.: Kolos. 287 s.

9. Пат. 158522 Україна МПК G01№19/02. Прилад для визначення коефіцієнтів тертя сипких матеріалів / О.В. Богомолов, В.М. Михайлов, О.О. Богомолов та ін. № u202401911 Заявл. 11.04.2024; Опубл.19.02.2025. 4 с.

Pat.158522 Ukrayina MPK G01№19/02. Prylad dlya vyznachennya koefitsiyentiv tertya sypkykh materialiv / O.V. Bohomolov, V.M. Mykhaylov, O.O. Bohomolov ta in. № u202401911 Zayavl. 11.04.2024; Opubl.19.02.2025. 4 s.

10. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: практикум / Ю.О. Манчинський, М.В. Бакум, В.І. Пастухов та ін. 2-ге вид., перероб і доп. Харків, 2010. 224 с.

Manchyns′kyy Y.O., Bakum M.V., Pastukhov V.I. ta in. (2010). Mekhaniko-tekhnolohichni vlastyvosti sil′s′kohospodars′kykh materialiv: praktykum. 2-e vyd., pererob i dop. Kharkiv: 2010. 224 s.

Богомолов 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.

Михайлов Валерій Михайлович, д-р техн. наук, професор, проректор з наукової роботи, професор кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, vami2209@gmail.com.

Mykhailov Valeriy, Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-rector for Scientific Work, Professor Department of Equipment and Engineering of Processing and Food Production, State Biotechnological University, vami2209@gmail.com.

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.

Бойко Євгеній Володимирович, аспірант кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, oipxv@ukr.net.

Boiko Evgenii, PhD student Department of equipment and engineering of processing and food production, State Biotechnological University, oipxv@ukr.net.

УДК 631.362

ДО ПИТАННЯ ОЧИЩЕННЯ ТА СОРТУВАННЯ НАСІННЯ КРОПУ

О.В. Богомолов, В.І. Ірклієнко, І.О. Бочарніков, О.І. Алферов

Наведені результати дослідження фізико-механічних характеристик та сепарації насіння кропу від насіння бур'янистих рослин, результати сортування насіння кропу та визначення схожості насіння кожної фракції, що свідчить про актуальність цієї роботи. Очищення та сортування насіння кропу, проведене на лабораторних решетах, і перевірка на схожість отриманих фракцій показали високу ефективність очищення та сортування насіння кропу за розмірами, про що йдеться у висновках до роботи.

Ключові слова: *насіння кропу, розміри, насіння бур'янів, сепарація, сортування, схожість.*

ON THE ISSUE OF CLEANING AND SORTING OF DENT SEEDS

O. Bogomolov, V. Irklienko, I. Bocharnikov, O. Alferov

The results of the study of the physical and mechanical characteristics and separation of dill seeds from weed seeds, the results of sorting dill seeds and determining the similarity of seeds of each fraction are presented, which indicates the relevance of this work. An analysis of recent studies and publications shows that dill is an annual, popular garden plant that is grown as a spice for the food industry. The purpose of the research is to substantiate the processes of cleaning dill seeds from weed seeds and sorting them by size characteristics. The article uses theoretical and computational-experimental methods using an electron microscope and the Compass-3D program. Dill seeds of the 2024 harvest, grown at the Institute of Vegetable and Melon Growing of the NAAS of Ukraine, were used for the research. It was established that a large number of weeds and mineral impurities get into dill seeds when they are harvested. The results of measuring the geometric dimensions of the width and length of dill seeds and weed plants are presented, which were carried out using image fixation with an electron microscope with subsequent transfer of images to the Compass program, in which seed size measurements were carried out. A micrometer was used to measure seed thickness. The work shows that special machines for cleaning dill seeds are not produced, but general-purpose grain cleaning machines are used, the most popular of which are sieve machines or separators with pneumatic-sieve-trier working bodies. Cleaning and sorting of dill seeds was carried out on laboratory sieves and checking for similarity of the obtained fractions, showed high efficiency of cleaning and sorting of dill seeds by size, as stated in the conclusions to the work.

Keywords: *dill seeds, sizes, weed seeds, separation, sorting, germination.*

Постановка проблеми в загальному вигляді. Кріп пахучий або городній – однорічна трав'яниста рослина родини окружкових, популярна городня рослина, яку вирощують як пряність для харчової промисловості. Розмножується кріп насінням, яке збирають після його визрівання. У насіння кропу потрапляє велика кількість бур'янів та мінеральних домішок. У купі насіння кропу після збирання іноді налічує більше насіння бур'янів та домішок, ніж самого кропу.

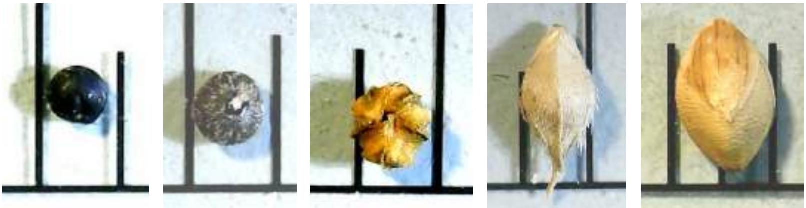
Спеціальних машин для очищення насіння кропу не випускають, а застосовують зерноочисні машини загального призначення, найбільш популярними серед яких є решітні машини [1]. Тому питання очищення насіння кропу від насіння бур'янів та домішок є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання сепарації насіння кропу підіймалося неодноразово. Так, увага цьому питанню була приділена в декількох роботах [2, с. 231–239; 3, с. 12–14; 4, с. 209–210; 5, с. 332–392]. У статті [6, с. 112–117] цьому питанню приділяється особлива увага, а також рекомендуються схеми технологічного процесу очищення насіння кропу. Результати сепарації насіння кропу наведено в роботах [7, с. 7–10; 8, с. 11–15]. У праці [9] пропонується доочищення насіння кропу здійснювати на віброфрикційному сепараторі. Останнім часом проблемі очищення кропу від насіння бур'янистих рослин уваги приділяється мало, проте актуальність цього питання залишається високою.

Метою статті є обґрунтування процесів очищення насіння кропу від насіння бур'янистих рослин та його сортування за розмірними характеристиками.

Матеріали та методи. У статті застосовані теоретичні та розрахунково-експериментальні методи з використанням електронного мікроскопа та програми Компас-3D. Для досліджень використано насіння кропу врожаю 2024 року, вирощене в Інституті овочівництва та баштанництва НААН України.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження проводили на насінні кропу, засміченому насінням бур'янів, врожаю 2024 року, вирощеному в Інституті овочівництва та баштанництва НААН України. У купі насіння кропу, прийнятій для дослідження, вміст насіння кропу складав менше 42%, а вимогами ДСТУ допускається вміст насіння бур'янів не більше 2% в купі [10]. Для встановлення можливості очищення насіння кропу від насіння бур'янистих рослин та його сортування основна увага була приділена розмірним характеристикам насіння. Для більш високої достовірності вимірів геометричних розмірів ширини та довжини застосовували електронний мікроскоп, яким фіксували зображення насінин, потім переносили зображення в програму «Компас», де проводили вимірювання розмірів насіння кропу та бур'янів. На рис. 1 представлені зображення насінин у програмі «Компас». Для вимірювання товщини насіння застосовували мікрометр. Результати вимірювань насіння кропу та бур'янів подано в таблиці 1.



1 2 3 4 5

Рис. 1. Зображення насіння рослин: 1 – кріп; 2 – їжовник звичайний; 3 – мишій сизий; 4 – щириця загнута; 5 – марь біла

Таблиця 1

Результати вимірювання насіння кропу та бур'янів

№ з/п	Назва	*L, мм*	*B, мм*	*h, мм*
1	Кріп	3 – 5	1,5–3,5	0,5 – 0,9
2	Їжовник звичайний	2,75 – 3,00	1,25 – 2,00	1,25 –1,50
3	Мишій сизий	2,00 – 3,25	2,00 – 2,25	1,25 – 1,50
4	Марь біла	1,50 – 1,75	1,50 – 1,75	0,75
5	Щириця загнута	1,00 – 1,25	1,00 – 1,25	0,50 – 0,75

Виходячи із значень, наведених у табл. 1, побудовані гістограми розподілу насіння суміші за товщиною *H* (рис. 2) і шириною *B* (рис. 3). Як видно з діаграм, мінімальне значення товщини насіння кропу менше мінімальних значень товщини їжовника, мишію та марі білої. Мінімальне значення насіння щириці можна порівняти з мінімальним значенням насіння кропу, воно становить 0,5 мм.

За товщиною насіння діляться на решетах із довгими отворами, за шириною – на решетах із круглими отворами, тому розмір верхнього щілинного решета вибирали, виходячи з товщини кропу. Оскільки максимальна товщина насіння кропу дорівнює 0,9 мм, приймали розмір щілини довгастого решета таким, що дорівнює 1 мм. Таким чином, прохід через щілинне решето 1,0x20 складе суміш насіння кропу, марі білої та щириці, мінімальний розмір яких менше 1 мм. Сходом з решета зійдуть бур’яни – насіння їжовника, мишію і щириці, мінімальний розмір яких більше 1 мм.

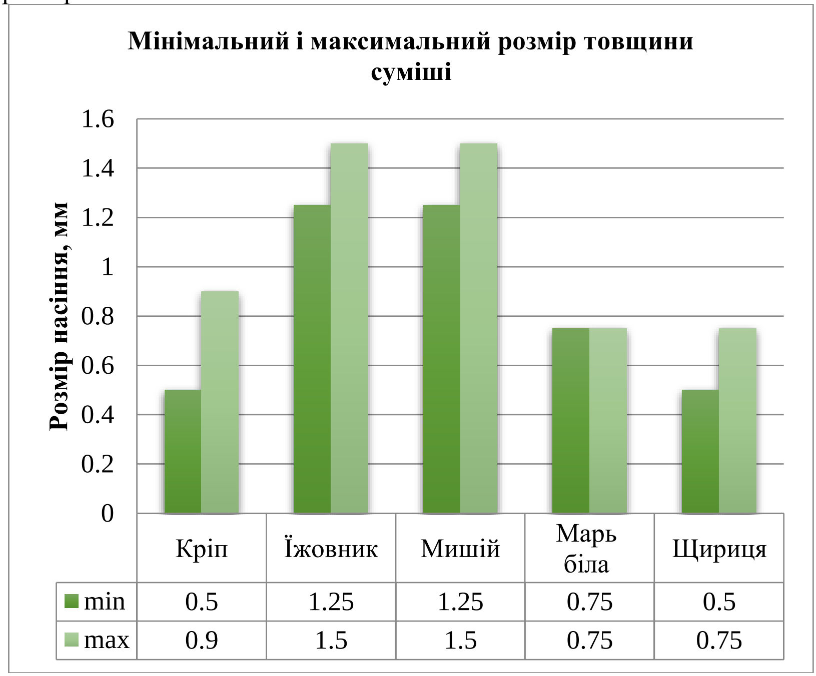


Рис. 2. Діаграма мінімальних та максимальних розмірів товщини насіння суміші

Далі визначали розмір верхньої щілини решета на основі товщини кропу. Максимальна товщина насіння кропу становить 0,9 мм, отже, обираємо розмір прорізів довгастого решета 1 мм. Таким чином, прохід через прорізне решето 1,0 × 20 буде сумішшю насіння кропу, марі білої та щириці, мінімальний розмір яких менше 1 мм. Сходом з решета зійдуть бур’яни – насіння їжовника, щетинника і щириці, мінімальний розмір яких більше 1 мм.

Визначено діаметр нижнього решета на основі ширини насіння кропу, він становить 1,5 мм. Сходом з решета *ф* 1,5 буде кріп, а на дно пройдуть марь біла і щириця.

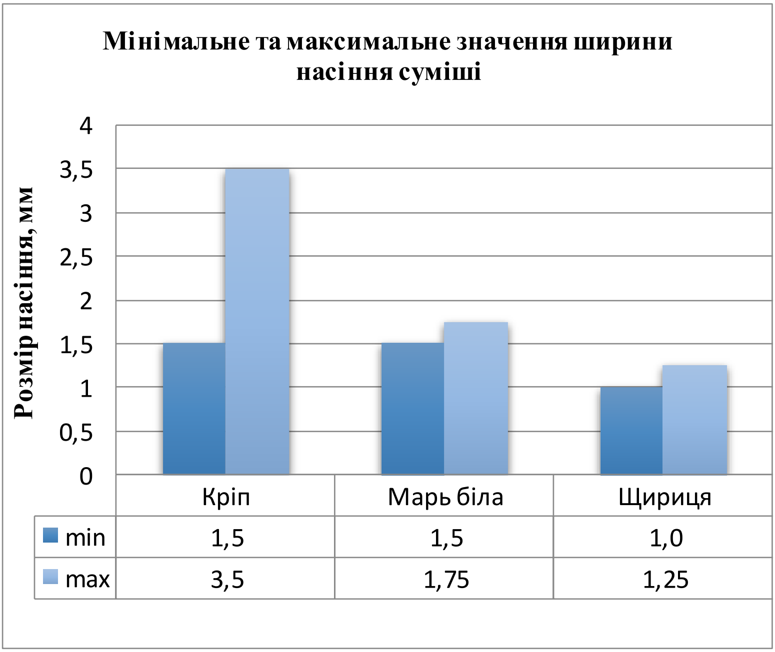


Рис. 3 Діаграма мінімальних та максимальних розмірів ширини насіння суміші

У таблиці 2 наведено відсоток насіння кропу в насінні бур’янів на зборах із решета.

Таблиця 2

Вміст насіння кропу і насіння бур’янів у сходах із решета

Насіння / Решета	Кріп, %	Бур’янисті домішки, %
Сх. 1,0х20	0	25,1
Сх. Ø 2,0	13,1	2,3
Сх. Ø 1,8	16,7	4,4
Сх. Ø 1,5	11,2	5
Дно	1,00	20,2
Загальний, %	42	58

Як видно з таблиці 2, найбільший відсоток кропу виділяється сходом із решета з великими отворами діаметром 1,8 мм, найменший – з решета діаметром 1,5 мм. Найбільше бур'янистих рослин виділяється сходом з решета з продовгуватими отворами та проходом крізь решета діаметром 1,5 мм. Загальний відсоток кропу становить 42%, бур'янистих рослин – 58%, тобто в купі знаходиться більше домішок, ніж самого насіння.

Після очищення від насіння бур'янів з одночасним сортуванням на фракції визначали проростання насіння у фракціях. Проростання насіння проводили в чашках Петрі на грядці фільтрувального паперу, змоченого водопровідною водою, у природному світлі (день на світлі, вночі в темряві), 50 шт. Через три рази повторення. Проростання проводили при температурі 24–26°С. Частка пророщеного насіння (у %) була обчислена з кількості закладених для проростання. Результати динаміки проростання насіння зведені в табл. 3.

Таблиця 3

Динаміка проростання насіння кропу

Фракції насіння кропу	Кількість насіння, шт.	Повторення	Проросло, шт.		
			На третій день	На п'ятий день	На сьомий день
Сход з решета Ø2,0	50	1	29	11	9
	50	2	32	10	7
	50	3	28	12	8
Сход з решета Ø1,8	50	1	30	5	4
	50	2	27	6	6
	50	3	28	8	3
Сход з решета Ø1,5	50	1	27	6	2
	50	2	23	4	5
	50	3	26	6	3
Дно	50	1	25	3	1
	50	2	27	2	0
	50	3	24	2	2

Для ясності процесу проростання насіння за результатами експериментів (табл. 3), побудовані гістограми (рис. 4).

Усі результати на гістограмі наведені у відсотках. На гістограмі видно динаміку результатів проростання насіння кропу на третій, п'ятий і сьомий день, а також того насіння, що не проросло, та загальну кількість того, що проросло.

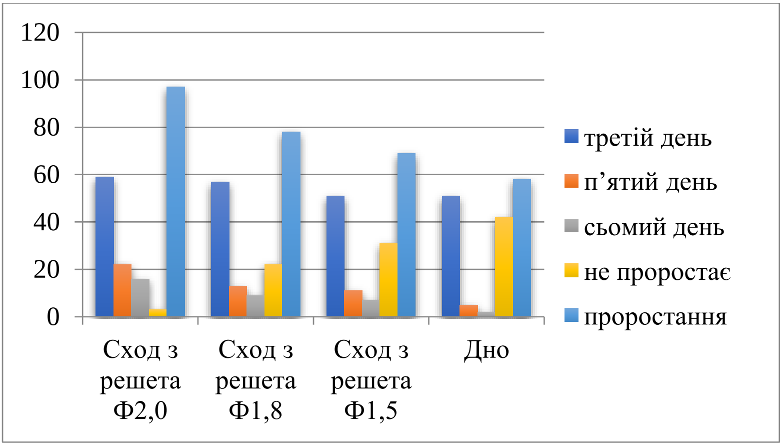


Рис. 4. Гістограма проростання насіння кропу

Виявляється майже лінійна залежність зниження кількості пророслих рослин зі зменшенням діаметра решіт, крізь які вони йдуть сходом, і зворотна залежність кількості тих насінин, що не проросли. Тобто використовуючи запропонований набір решіт можна здійснити якісне очищення насіння кропу та його сортування з подальшим застосуванням за призначенням.

Висновки. У результаті аналізу фізико-механічних властивостей купи насіння кропу та насіння бур'янистих рослин визначено можливість очищення насіння кропу за товщиною та шириною на решетах із продовгуватими та круглими отворами. Установлена можливість їх одночасного сортування на фракції. Результати проростання насіння кропу свідчать про можливість отримання фракції сходом з решета Ø 2,0 мм схожістю 97%, а з решета Ø 1,8 мм схожістю 78%, що від загальної кількості кропу складає 74,2%.

Список джерел інформації / References

1. Машини і обладнання для зберігання та комплексної обробки зерна / А.С. Кобець, Ю.О. Чурсіков, С.А. Черних та ін. Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2014. 614 с.

Kobets′ A.S., Chursikov Yu.O., Chernykh S.A. ta in. (2014). Mashyny i obladnannya dlya zberihannya ta kompleksnoyi obrobky zerna. Dnipropetrovs′k: DDAEU, 614.

2. Заика П.М., Празнев Г.Е. Сепарация семян по комплексу физико-механических свойств. М.: Колос, 1978. 287 с.

Zayka P.M., Maznev H.E. (1978). Separatsyya semyan po kompleksu fyzykomekhanycheskykh svoystv. M.: Kolos, 287.

3. Сепаратор для дочищення і сортування насіння сільськогосподарських культур / М.В. Бакум, А.Д. Михайлов, О.Б. Козій, В.О. Бабак. *Інноваційні розробки молоді в сучасному овочевництві: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф.*, 3 жовт. 2019 р., сел. Селекційне ЮБ НААНУ. Вінниця: ТОВ «Твори», 2019. С. 12–14.

Bakum M.V., Mykhaylov A.D., Koziy O.B., Babak V.O. (2019). Separator dlya dochyshchennya i sortuvannya nasinnya sil′s′kohospodars′kykh kul′tur. *Innovatsiyni rozrobky molodi v suchasnomu ovochevnytstvi: materialy Mizhnar. nauk.-prakt. konf.*, 3 zhovt. 2019 r., sel. Selektsiyne YUB NAANU. Vinnytsya: TOV Tvory, 12-14.

4. Спосіб сепарації насіннєвих сумішей / М.В. Бакум, А.Д. Михайлов, О.Б. Козій та ін. *Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки: матеріали XI Міжнар. наук.-практ. конф.* Кропивницький: ЦНТУ, 2017. С. 209–210.

Bakum M.V., Mykhaylov A.D., Koziy O.B. ta in. (2017). Sposib separatsiyi nasinevykh sumishey. *Problemy konstruyuvannya, vyrobnytstva ta ekspluatatsiyi sil's'kohospodars'koyi tekhniky: materialy XI Mizhnar. nauk.-prakt. konf.* Kropivnyts′kyy: TSNTU, 209-210.

5. Наукові основи ощадливої підготовки насіння з поліпшеним біологічним потенціалом: монографія / Бредихін В.В., Богомолов О.В., Сліпченко М.В. та ін. Харків: Діса+, 2023. 408 с.

Bredykhin V.V., Bohomolov O.V., Slipchenko M.V. ta in. (2023). Naukovi osnovy oshchadlyvoyi pidhotovky nasinnya z polipshenym biolohichnym potentsialom: monohrafiya. Kharkiv: Disa+, 408.

6. Соловьёв В.М. Схемы технологического процесса очистки семян укропа и сельдерея. В. кн.: Сельскохозяйственные машины: сб. н.тр. МИИСП, М., 1974. Вып. 1, ч. 1. Т. XI. С. 112–117.

Solov′ëv V.M. Skhemy tekhnolohycheskoho protsessa ochystky semyan ukropa y sel′dereya. *Sel'skokhozyaystvennye mashyny*: sb. n.tr. MYYSP. M., 1974, vyp. 1, ch. 1. T. XI, s. 112–117.

7. Подработка семян укропа / П.И. Заика, Н.В. Бакум // Техника в сельском хозяйстве. 1982. №1.

Zayka P.Y., Bakum N.V. (1982). Podrabotka semyan ukropa. *Tekhnyka v sel'skom khozyaystve*. №1.

8. Доведение семян укропа до высоких посевных кондиций / П.М. Заика, Н.В. Бакум // Механизация и электрификация сел. хоз-ва Армян. СХИ. Ереван, 1981.

Zayka P.M., Bakum N.V. (1981). Dovedenye semyan ukropa do vysokykh posevnykh kondytsyy. *Mekhanyzatsyya y élektryfykatsyya sel. Khoz-va Armyan. SKHY*. Erevan.

9. Доочистка семян на виброфракционном сепараторе / П.М. Заика Н.В. Бакум, А.Д. Михайлов, А.Б. Козий // Проблемы сельскохозяйственного производства на современном этапе и пути их решения: материалы X Междунар. науч.-произв. конф., 15-19 мая 2006г. Белгород, 2006. Т.II.

Zayka P.M., Bakum N.V., Mykhaylov A.D., Kozyy A.B. (2006). Doochystka semyan na vybrofraktsyonnom separatore. *Problemy sel'skokhozyaystvennoho proyzvodstva na sovremennom étape y puty ykh reshenyya: Materyaly X Mezhdunar. nauch.-proyzv. konf*., 15-19 maya 2006. Belhorod. T.II.

10. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості.

DSTU 4138-2002. Nasinnya sil′s′kohospodars′kykh kul′tur. Metody vyznachennya yakosti.

Богомолов 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.

Ірклієнко Віктор Іванович, канд. техн. наук, інженер кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, oipxv@ukr.net.

Irklienko Viktor, Candidat of Technical Sciences, engineer Department of Equipment and Engineering of Processing and Food Production State Biotechnological University, oipxv@ukr.net.

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.

Алферов Олексій Ігорович, д-р техн. наук, професор, в.о. директора Інституту овочівництва і баштанництва Національної академії аграрних наук України, alfogor@i.ua.

Alferov Oleksiy Igorovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Acting Director of the Institute of Vegetable and Melon Growing of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, alfogor@i.ua.

УДК 631.362

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ СЕПАРАЦІЇ НАСІННЯ ПРОСА НА ГРАВІТАЦІЙНОМУ ФРИКЦІЙНОМУ СЕПАРАТОРІ

О.В. Богомолов, В.М. Михайлов, О.О. Богомолов, В.О. Панов

Установлено, що більшість засмічувачів купи проса можна виділити на насіннєочисних машинах, у яких установлені решета з прямокутними та круглими отворами, але насіння курячого проса та мишію можна відокремити тільки частково. Це важковідокремлюване насіння бур'янів можна виділити на гравітаційному фрикційному сепараторі. Наведено результати експериментальних досліджень впливу кутів нахилу деки та живильника, а також подачі матеріалу на вихід очищених фракцій фрикційного сепаратора насіння проса та встановлено раціональні параметри його роботи.

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

STUDY OF PARAMETERS OF THE SEPARATION PROCESS OF MILLET SEEDS ON A GRAVITY FRICTION SEPARATOR

O. Bogomolov, V. Mikhailov, O. Bogomolov, V. Panov

The results of the analysis of the physical and mechanical properties of millet seeds and seeds of littering the heap after its collection are presented. It was found that most littering can be separated on seed cleaning machines, which are equipped with sieves with rectangular and round holes, but chickweed and mouseweed seeds can be separated only partially, so the results of the research are undoubtedly relevant. For cleaning the heap, general-purpose separators with pneumatic-sieve-trier working bodies are mainly used. Most littering and impurities that differ from millet seeds in size and aerodynamic properties are separated on such separators, but the seeds of difficult-to-separate weeds chickweed and mouseweed are close in size and aerodynamic properties to millet seeds. Therefore, it is impossible to separate them on these machines without significant costs of the main crop as waste. The purpose of the study is to determine the rational parameters of the process of separation of millet seeds on a gravitational friction separator using active planning of the experiment and conducting a graph-analytical analysis of the results obtained. Materials and methods of research. The article applies theoretical and computational-experimental methods based on the provisions of mathematical statistics, using the Compass 3D and MathCad program packages and the methodology for planning a multifactor experiment with conducting a graph-analytical analysis. Millet seeds of the 2023 harvest littered with weed seeds were taken as the material. To clean the millet heap from difficult-to-separate impurities, a simple design of a friction separator with a mixture feed perpendicularly inclined *separating deck installed at an angle to the horizon by an inclined feeder. The results of experimental studies of the influence of the angles of inclination of the deck and feeder, as well as the material supply on the output of purified fractions of the friction separator of millet seeds, are presented, and the rational parameters of its operation are determined using active planning of a multifactor experiment, which is noted in the conclusions of the work.*

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

Постановка проблеми в загальному вигляді. Просо є однією з найпоширеніших круп’яних культур. Посівні площі цієї культури у світі займають четверте місце серед основних культур. У багатьох країнах за минулі роки виробництво проса значно збільшилось, а в Україні зменшилось майже вдвічі, й зараз ця культура знаходиться на другорядних позиціях в сівозміні зернових, поступаючись пшениці, кукурудзі, житу, ячменю та іншим культурам. Проте в передвоєнні роки валовий збір проса був достатньо стабільний, у 2019–2020 роках він становив близько 240 тис. т. У 2021 році він скоротився до 191 тис. т, в основному через скорочення площ під посіви, у 2022 році валовий збір становив всього близько 101,8 тис. т теж через скорочення посівних площ, пов’язане в першу чергу з воєнними діями. Проте вже у 2023 році посівні площі проса відновились до довоєнного 2021 року, вдалось підняти і валовий збір до 180,2 тис. т [1, 2].

Просо – рослина теплолюбна, насіння його починає проростати при температурі 8–10ºС, а при зниженні температури нижче мінус 3ºС воно гине. Після появи сходів протягом 20–25 діб просо росте повільно і легко пригнічується бур’янами, боротьбу з якими треба починати з очищення посівного матеріалу [3]. Посіви проса засмічуються багатьма бур’янами, основні з них це мишій сизий, куряче просо, мар біла, березка тощо.

Останнім часом у зв’язку зі зниженням культури землеробства з різних причин збільшилася засміченість посівів проса бур’янами, насіння яких під час збирання врожаю потрапляє в купу з насінням проса. Потрапляє в купу проса і велика кількість органічних та мінеральних домішок.

Для очищення купи застосовують в основному сепаратори загального призначення, з пневмо-решетно-трієрними робочими органами [4, 10]. Більшість засмічувачів та домішок, які відрізняються від насіння проса розмірами та аеродинамічними властивостями, відсепаровуються на таких сепараторах, але насіння важковідокремлюваних бур’янів курячого проса та мишію близькі за розмірами й аеродинамічними властивостями до насіння проса. Тож виділити їх на цих машинах неможливо без значних витрат основної культури у відходи [2; 4, с. 110–118].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що насіння цих бур'янів відрізняється від насіння проса пружними властивостями, формою та коефіцієнтами тертя [1, 2]. У роботі [9, с. 132–143] показано можливість очищення насіння проса від курячого проса та мишію за комплексною ознакою фізико-механічних властивостей, коефіцієнтів тертя та відновлення швидкості під час удару граничними кутами підйому на вібраційних сепараторах із фрикційними робочими поверхнями. Такі сепаратори складні за конструкцією, мають багато регулювань, продуктивність їх невисока, питомі енерговитрати значні, тому вони розповсюджені тільки в дослідних зразках. Хороших результатів очищення насіння проса від важковідокремлюваних бур'янів можна досягти на гравітаційних ударних сепараторах із незначними втратами основної культури у відходи [4, с. 110–118]. Кращі результати при цьому досягаються при відділенні насіння курячого проса. Для доочищення насіння купи від залишкового насіння мишію нами запропоновано найпростішу конструкцію гравітаційного фрикційного сепаратора з подачею насіння на фрикційну похилу поверхню перпендикулярно лінії найбільшого скату за допомогою похилого живильника.

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

Матеріали і методи. У статті застосовані теоретичні та розрахунково-експериментальні методи на базі положень математичної статистики з використанням пакетів програм Компас 3D та MathCad і методики планування багатофакторного експерименту з проведенням графоаналітичного аналізу. Як матеріал узято насіння проса врожаю 2023 року, засмічене насінням бур'янів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для дослідження процесу сепарації насіння проса за фрикційними властивостями було виготовлено експериментальну установку, загальний вигляд якої представлено на рис. 1. Установка має регулювання кута нахилу α деки, кута нахилу β живильника і подачі Q вихідного матеріалу. З використанням цієї установки були проведені експериментальні дослідження встановлення впливу кута деки α, подачі матеріалу Q і кута нахилу живильника, що подає на масу M_3 виходу проса в лотку №3 і масу M_4 виходу проса в лотку №5. Для цього було використано некомпозиційний план Бокса–Бенкіна другого порядку для трьох чинників. Для визначення факторів, що найбільше впливають на критерій оптимізації, застосовано метод апріорного ранжування [11]. Верхній та нижній рівні факторів були призначені з конструктивних міркувань та за результатами теоретичних досліджень.

Під час планування експериментальних досліджень задавались такими параметрами: надійність результатів експериментів – 0,95; допустима похибка ε = ±σ; число повторювань – 3. Для усунення помилок використовували критерій Стьюдента.

Рис. 1. Загальний вигляд експериментальної установки:
1 – завантажувальний бункер живильника; 2 – живильник; 3 – лоток;
4 – пульт управління; 5 – ваги ТВЕ-0,6; 6 – ємності для збирання зерна;
7 – дека, що сепарує

Експерименти проводились у наступній послідовності. Зерно завантажували в бункер 1. Подачу зерна регулювали шляхом зміни обертів на валу живильника за допомогою частотного перетворювача 4 і направляли в лоток і далі на деку. Час проведення кожного досліду фіксували секундоміром. Зважування вмісту ємностей здійснювали вагами ТВЕ-0,6.

Матрицю плану та результати експериментів наведено в табл. 1.

У цій таблиці x_1 – кут нахилу деки (x_1 = –1 (30°), x = 0 (35°),

x_1 = +1 (40°); x_2 – подача матеріалу *Q (x_2 = –1 (75 г/хв.), x_2 = 0 (150 г/хв), x_2 = +1 (225 г/хв), x_3* – кут нахилу живильника *β (x_3 = –1 (25°), x_3 = 0 (35°), x_3 = +1 (45°)*

Таблиця 1

Матриця плану Бокса–Бенкина

№ з/п	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$\mathbf{x_1^2}$	$\mathbf{x_2^2}$	$\mathbf{x_3^2}$	$\boldsymbol{y_3}$	$\boldsymbol{y_4}$
1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	19,52	
2	-1	-1	0	1	0	0	1	1	0	18,22	
3	1	-1	0	-1	0	0	1	1	0	19,16	
4	-1	1	0	-1	0	0	1	1	0	16,72	
5	1	0	1	0	1	0	1	0	1	17,78	
6	-1	0	-1	0	1	0	1	0	1	17,44	
7	1	0	-1	0	-1	0	1	0	1	16,29	
8	-1	0	1	0	-1	0	1	0	1	16,76	
9	0	1	1	0	0	1	0	1	1	21,07	
10	0	-1	-1	0	0	1	0	1	1	21,00	
11	0	1	-1	0	0	-1	0	1	1	16,61	
12	0	-1	1	0	0	-1	0	1	1	16,56	
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21,86	
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21,36	
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21,68	

Кодування рівнів факторів проводилось за формулою:

$$x_\mathrm{i} = \frac{\mathrm{X_i - X_{0i}}}{\varepsilon_\mathrm{i}}, \tag{1}$$

де x_i – кодоване значення фактора;

$\mathrm{X_i}$ – натуральне значення фактора;

$\mathrm{X_{0i}}$ – натуральне значення фактора на нульовому рівні;

ε_i – натуральне значення інтервалу варіювання відповідного фактора.

Як параметр оптимізації у були обрані маса проса *M_3* в лотку №3 і маса проса *M_4* в лотку №4.

Помилка експерименту S_y та дисперсія відтворюваності S_y^2 знаходяться за результатами трьох дослідів на нульовому рівні факторів табл. 1 (досліди 13–15). Вони відповідно становлять S_y = 0,0981 та S_y^2 = 0,0096.

У результаті проведених розрахунків було отримано такі коефіцієнти рівняння:

– для параметра оптимізації M_3:

b_0 = 21,63; b_1 = 0,4504; b_2 = -0,1270; b_3 = 0,1032; b_{12} = 0,4632;
b_{13} = 0,5436; b_{23} = 2,2230; b_{11} = –2,4878; b_{22} = –0,7427; b_{33} = –2,0803;

– для параметра оптимізації M_4:

b_0 =14,92; b_1 =0,15; b_2 =0,04; b_3= –0,1; b_{12}=0,23; b_{13} =0,11; b_{23} =1,29;
b_{11} = –1,92; b_{22} = –0,4; b_{33} = –1,67.

Значення коефіцієнтів визначається за формулою:

$$b_i = \pm t \cdot S_{b_i}, \quad (2)$$

де t – табличні значення критерію Стьюдента при заданому рівні довіри (значущості) α і ступеня свободи f;

S – помилка відтворюваності (t = 4,3 при α = 0,05);

S_{bi} – помилка визначення коефіцієнтів b_i, яка визначається за формулою:

$$S_{bi} = S_{b_i} = \sqrt{S_{b_i}^2}, \quad (3)$$

де $S_{b_i}^2$ – дисперсія щодо коефіцієнтів [11].

Таблиця 2

Значення коефіцієнтів для параметра оптимізації *M₃*

	b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{13}	b_{23}	b_{11}	b_{22}	b_{33}
b_i	21,6348	0,4504	-0,1270	0,1032	0,4632	0,5436	2,2230	-2,4878	-0,7427	-2,0803
S_{b_i}	0,2988		0,1829			0,2587			0,3423	
b*	21,6348	0,4504	0,0000	0,0000	0,4632	0,5436	2,2230	-2,4878	-0,7427	-2,0803

Таблиця 3

Значення коефіцієнтів параметра оптимізації *M₄*

	b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{13}	b_{23}	b_{11}	b_{22}	b_{33}
b_i	14,923	0,1505	-0,0401	-0,0957	0,2342	0,1115	1,2859	-1,9155	-0,3995	-1,6661
S_{b_i}	0,1279		0,0783			0,1108			0,1466	
b*	14,9230	0,1505	0,0000	-0,0957	0,2342	0,1115	1,2859	-1,9155	-0,3995	-1,6661

У результаті розрахунків коефіцієнти b_2, b_3 визнані незначними у рівнянні оптимізації y_3 та коефіцієнти b_2, b_3 у рівнянні оптимізації y_4.

Рівняння мають такий вигляд:

$$y_3= 21,63+0,45x_1+0,46x_1x_2+0,54x_1x_3+2,22x_2x_3-2,49x_1^2-0,74x_2^2-2,08x_3^2; \quad (3)$$

$$y_4=14,92+0,15x_1-0,10x_3+0,23x_1x_2+0,11x_1x_3+1,29x_2x_3-1,92x_1^2-0,4x_2^2-1,67x_3^2 \quad (4)$$

Перевірку адекватності цих рівнянь здійснювали за критерієм Фішера, результати перевірки наведено в табл. 4.

Таблиця 4

Перевірка адекватності рівнянь за критерієм Фішера

Функція оптимізації	Табличне значення критерію Фішера F табл.	Розрахункове значення критерію Фішера F розр.
y_3	3,8625	0,3014
y_4	3,8625	0,6589

У результаті отриманих розрахунків $F_{табл.} > F_{розр.}$ Отже, рівняння (3) та (4) адекватні (табл. 4). Аналіз рівнянь (3) та (4) показує, що найбільший вплив збільшення маси M_3 і M_4 надає кут нахилу деки α. Для розрахунку значень факторів, що забезпечують максимальне завантаження лотків №3 та №4, складено системи диференціальних рівнянь та проведено їх канонічне перетворення.

Результати канонічних перетворень рівнянь регресії для двовимірних зв’язків наведено в табл. 5.

Таблиця 5

Результати канонічних перетворень рівнянь регресій для двовимірних перетинів поверхонь відгуків

	Не відомі	B1	B2	Xs1	Xs2	Xs3	Y	α, град Дека	Q, г/хв.	β, град Живильник	a
M_3, г	x_1=0	-0,92	-1,91		0,00	0,00	21,63	-	150,00	25,00	9
	x_2=0	-1,96	-2,35	-0,19		0,05	21,45	34,04	-	25,25	39
	x_3=0	-2,42	-0,81	-0,20	0,13		21,41	33,98	159,58	-	22
M_4, г	x_1=0	-0,38	-1,69		-0,12	0,04	14,90		140,66	25,19	13
	x_2=0	-1,73	-1,88	-0,08		-0,05	14,90	34,62		24,74	21
	x_3=0	-0,52	-1,80	-0,08	0,05		14,89	34,58	153,72		21

Використовуючи дані розрахунку з табл. 5, побудували двовимірні перерізи поверхонь відгуку: маса в лотку №3 і маса в лотку №4.

Для побудови графіків використовували програми MathCad v14 та Компас 3D V15. Графіки представлені на рис. 2–4.

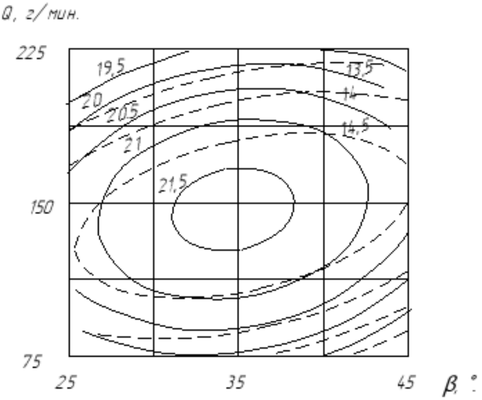


Рис. 2. Двовимірні перерізи поверхонь відгуку, що характеризують вплив кута лотка β (фактор x_3) та подачі зерна Q г/хв (фактор x_2) на масу зерна в лотку №3 (суцільна лінія) та масу зерна в лотку №4 (пунктирна лінія)

Із графіків на рис. 2 випливає, що максимальне значення маси зерна в лотку №3 і лотку №4 має місце при значенні кута живильника β = 35° і подачі зерна Q = 150 г/хв. На підставі цього рисунка можна також зробити висновок, що допустимі значення аналізованих факторів (при допустимому значенні маси №3 і маси №4) можуть бути в межах: кута живильника від 32° до 38° і подача зерна *Q* від 130 до 169 г/хв.

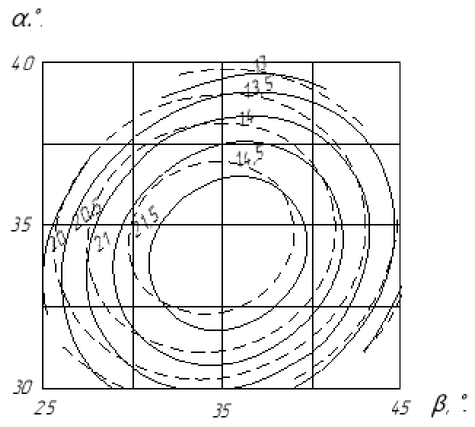


Рис. 3. Двовимірні перерізи поверхонь відгуку, що характеризують вплив кута живильника β (фактор x3) та кута деки α (фактор x1) на масу зерна в лотку №3 (суцільна лінія) та масу зерна в лотку №4 (пунктирна лінія)

Із графіків на рис. 3 випливає, що максимальне значення маси зерна в лотках №3 і №4 має місце при значенні кута живильника β = 35° і кута деки α = 34°.

На підставі рисунка 3 можна також зробити висновок, що допустимі значення факторів, що розглядаються (при допустимому значенні маси №3 і маси №4) можуть знаходитися в межах: кут живильника β від 32° до 38° і кут деки α від 32° до 37°.

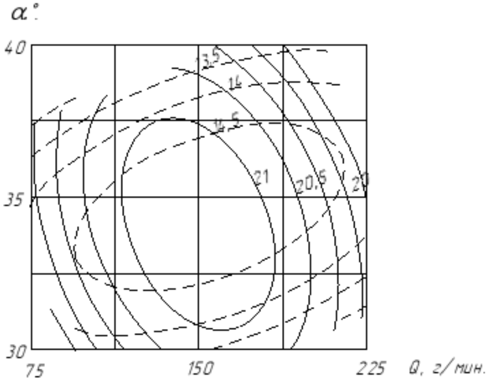


Рис. 4. Двовимірні перерізи поверхонь відгуку, що характеризують вплив подачі зерна Q г/хв (фактор x2) та кута деки α (фактор x1) на масу зерна в лотку №3 (суцільна лінія) та масу зерна в лотку №4 (пунктирна лінія)

Із графіків на рис. 4 випливає, що максимальне значення маси зерна в лотках №3 та №4 має місце при значенні подачі зерна Q = 159,6 г/хв та кута деки α = 34°. Із цього рисунка можна також зробити висновок, що допустимі значення аналізованих чинників (при допустимому значенні маси №3 і маси №4) можуть бути в межах: подача зерна Q від 112 до 167 г/хв і кут деки від 32° до 37°.

Висновки. За результатами аналізу двовимірних перерізів поверхонь відгуку прийнято компромісне рішення та визначено раціональні значення досліджуваних факторів за умови досягнення максимальної маси зерна в ємностях №3 і №4, а саме кут деки α = 34,2° (фактор x1), подача Q=160 г/хв (фактор x2), кут живильника дорівнює 32,6° (фактор x3).

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*. 2024.

Вип. 1(35).

Bohomolov, O.O. (2024). Separatsiya nasinnya prosa za dalnistyu vidskoku pislya udaru ob pokhylu vidbyvnu poverkhnyu. *Prohresyvni tekhnika ta tekhnolohiyi kharchovykh vyrobnytstv, restorannoho hospodarstva ta torhivli*, 1(35).

2. Богомолов О.В., Михайлов В.М., Богомолов О.О. та ін. Визначення раціональних параметрів сепарації насіння проса на гравітаційному ударному сепараторі. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства та торгівлі*. 2024. Вип. 1(35).

Bohomolov, O.V., Mykhaylov, V.M., Bohomolov, O.O., et al. (2024). Vyznachennya ratsionalnykh parametriv separatsiyi nasinnya prosa na hravitatsiynomu udarnomu separatori. *Prohresyvni tekhnika ta tekhnolohiyi kharchovykh vyrobnytstv, restorannoho hospodarstva ta torhivli*, 1(35).

3. Технология производства продукции растениеводства / И.П. Фирсов, А.М. Соловьев, О.А. Раскутин и др. М.: Агропромиздат. 1989. 432 с.

3. Fyrsov, Y.P., Solov′ev, A.M., Raskutyn, O.A., et al. (1989). Tekhnolohyya proyzvodstva produktsyy rastenyevodstva. M.: Ahropromyzdat. 432.

4. Бакум М.В., Мацієнко В.С., Кісь В.М. До обґрунтування способів очищення насіння проса від насіння бур’янів. *Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка*. Харків: ХНТУСГ, 2016. Вип. 173: Механізація с.г. виробництва. С. 110–118.

Bakum, M.V., Matsiyenko, V.S., Kis′, V.M. (2016). Do obhruntuvannya sposobiv ochyshchennya nasinnya prosa vid nasinnya buryaniv. *Visnyk KHNTUS·H im. P. Vasylenka*. Kharkiv: KHNTUS·H. 173: Mekhanizatsiya s.h. vyrobnytstva, 110-118.

5. Li, J., et al. (2020). Optical Sorting Technology in Millet Processing: Enhancing Quality and Reducing Losses. *Journal of Agricultural Machinery and Technology*.

6. Zhang, X., et al. (2019). Innovative Pneumatic and Optical Sorting System for Small Graine Seeds. *International Journal of Agricultural machinery and Technology*.

7. Ali, M., et al. (2021). Pneumatic Separation of Millet Seed: Comparative Efficiency of Mechanical and Airflow System. *Agricultural Technology Research*.

8. Gupta, A., et al. (2020). Energy Efficiency in Seed Processing and Modern Equipment. *Journal of Sustainable Agricultural Systems*.

9. Богомолов А.В. Сепарация трудноразделяемых сыпучих смесей: монография. Х.: ХНТУСХ им. П..Василенко. 2013. 308 с.

Bohomolov, A.V. (2013). Separatsyya trudnorazdelyaemykh sypuchykh smesey: monohrafyya. Kharkiv: KHNTUSKH ym. P.Vasylenko, 308.

10. Бредихін В.В., Богомолов О.В., Сліпченко М.В., Кісь-Коркіщенко Л.В., Іващенко С.Г., Ірклієнко В.І., Черняєв О.О., Тікунов С.Р. Наукові основи ощадливої підготовки насіння з поліпшеним біологічних 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. (2023). Naukovi osnovy oshchadlyvoyi pidhotovky nasinnya z polipshenym biolohichnykh potentsialom: Monohrafiya. Kharkiv: Disa+, 408.

11. Кононюк А.Е. Основи научных исследований. Том 1-4. Киев: Изд-во «КТН», 2010.

Kononyuk, A.E. (2010). Osnovy nauchnykh yssledovanyy, tom 1-4. Kyev: Yzdatelʹstvo «KTN».

Богомолов 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.

Михайлов Валерій Михайлович, д-р техн. наук, професор, проректор з наукової роботи, професор кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, vami2209@gmail.com.

Mykhailov Valeriy, Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-rector for Scientific Work, Professor Department of Equipment and Engineering of Processing and Food Production, State Biotechnological University, vami2209@gmail.com.

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, oipxv@ukr.net.

Panov Vitaliy, PhD student Department of equipment and engineering of processing and food production, State Biotechnological University, oipxv@ukr.net.

ЗМІСТ

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

ХАРЧОВІ ІНГРЕДІЄНТИ ТА ДОБАВКИ

ХАРЧОВА БЕЗПЕКА ТА ЕКСПЕРТИЗА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

CONTENTS

FOOD INGREDIENTS AND ADDITIVES

FOOD SAFETY AND FOOD TESTING

ENGINEERING AND TECHNICAL SUPPORT OF FOOD INDUSTRY TECHNOLOGIES

ПРОГРЕСИВНІ ТЕХНІКА ТА ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ РЕСТОРАННОГО ГОСПОДАРСТВА І ТОРГІВЛІ

Збірник наукових праць

Видається з 2005 року

Випускається 2 рази на рік

Випуск 1 (37)

Відповідальний за випуск: В. М. Михайлов

Тех. редактор: Л. Ю. Кротченко

Комп'ютерна верстка: С. В. Прасол

Підп. до друку 30.05.2025 р. Формат 60х84 1/16. Папір офсет.
Ум. друк. арк. 12,6. Тираж 100 прим.

Державний біотехнологічний університет
вул. Алчевських, 44, Харків, 61002.