

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова праця на
правах рукопису

ДЕМИДОВА ЄВГЕНІЯ В'ЯЧЕСЛАВІВНА

УДК: 664.8.047.014

ДИСЕРТАЦІЯ

**РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ ПЛОДІВ
ДИКОРОСЛИХ РОСЛИН НА ПОРОШКОВІ ХАРЧОВІ
ДОБАВКИ**

Спеціальності 181 - Харчові технології
Галузь знань 18 – Виробництво та технології

Подається на здобуття наукового ступеня доктор філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело



Євгенія ДЕМИДОВА

Науковий керівник:
Марина САМІЛИК,
доктор технічних наук, професор

Суми – 2024

АНОТАЦІЯ

Демидова Євгенія В'ячеславівна. Розробка технології переробки плодів дикорослих рослин на порошкові харчові добавки. Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 181 «Харчові технології», Сумський національний аграрний університет. Суми, 2025. Дисертаційну роботу присвячено науковому обґрунтуванню та розробці інноваційних способів переробки дикорослої рослинної сировини на порошкові харчові добавки.

У вступі зазначено актуальність дисертаційної роботи, сформовано мету та завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є наукове обґрунтування та розробка технології порошкових харчових добавок (ПХД) на основі плодів дикорослих рослин із наступним їх використанням у виробництві харчових продуктів з доданою вартістю.

У першому розділі «Перспективи використання нетрадиційної рослинної сировини для виробництва порошкових харчових добавок» систематизовано дані сучасних інформаційних джерел щодо використання харчової рослинної сировини як джерела біологічно-активних сполук, зазначені сучасні способи переробки харчової рослинної сировини та проаналізовано досвід застосування рослинних порошків у виробництві харчових продуктів. Обґрунтовано доцільність застосування плодів дикорослих рослин у виробництві ПХД.

У розділі 2 «Об'єкти та методи досліджень» розроблено детальний план експериментальних досліджень, спрямований на розробку та наукове обґрунтування технології виробництва ПХД із плодів дикорослих рослин (обліпихи, калини, бузини, горобини червоноплідної). Визначено об'єкт, предмет та методи дослідження. Для оцінки фізико-хімічних, реологічних, органолептичних та мікробіологічних показників якості ПХД та продуктів на їх основі було проведено підбір відповідного обладнання та методів дослідження.

У розділі 3 «Технологія виробництва та показники якості порошкових харчових добавок із плодів дикорослих рослин» розроблена технологія

виробництва ПХД із плодів дикорослих рослин (обліпихи, калини, бузини, горобини червоноплідної) та досліджено показники якості ПХД. Встановлено, що раціональним способом обробки плодів є поєднання осмотичного зневоднення та подальшого сушіння в інфрачервоних сушарках. Запропоновані режими термічної обробки забезпечують максимальне збереження біологічної цінності всіх продуктів переробки ягід. Визначено оптимальний режим сушіння плодів із дикорослих рослин в інфрачервоних сушарках: температура сушіння – 50°C, тривалість процесу – 2 год. Запропонована технологія є маловідходною, доведено енергоефективність застосування осмотичної дегідратації за рахунок скорочення тривалості зневоднення плодів на 300 хв. Експериментальним шляхом проаналізовано хімічний склад ПХД із плодів дикорослих рослин, визначено їх органолептичні, фізико-хімічні, мікробіологічні показники та показники безпечності, розрахована біологічна цінність. Результати дослідження підтверджують доцільність використання ПХД як багатофункціональних інгредієнтів у харчовій промисловості.

У розділі 4 «Моделювання та оптимізація процесу виробництва порошкових харчових добавок» розроблено математичну модель сушіння плодів дикорослих рослин, яка містить взаємозв'язок між керуючими факторами: температурою, тривалістю сушіння та контрольними параметрами процесу: вологістю, вмістом вітаміну, зовнішнім виглядом. Високі значення коефіцієнтів детермізації підтверджують, що досліджувані матмоделі адекватні і придатні для розрахунку оптимальних значень керуючих факторів. Визначено оптимальні раціональні параметри сушіння, які забезпечують мінімальну тривалість та енергоємність процесу і дозволяє на виході отримувати продукт з максимально високими технологічними властивостями, харчовою та біологічною цінністю.

Розділ 5 «Рекомендації щодо практичного використання результатів дослідження» присвячений детальному обґрунтуванню та розробці технологій виготовлення харчових продуктів на основі ПХД та дослідженню показників їх якості. Розроблено рецептуру та технологічну схему виробництва хліба з пшеничного борошна з додаванням горобинової порошкової харчової добавки

(ГПХД). Використання цієї технології дозволяє скоротити час приготування хліба на 30 хвилин та підвищити термін його зберігання до 15 діб.

Доведена доцільність застосування бузинової порошкової харчової добавки (БПХД) у виробництві йогуртів. Результати досліджень показують, що завдяки збільшенню вмісту сухих речовин і стабілізуючим властивостям добавки, зберігаються структурно-механічні властивості йогурту протягом всього терміну зберігання. Внесення в йогурт БПХД має також консервуючий вплив і сприяє подовженню терміну зберігання продукту до 21 доби.

Обґрунтована рецептура та технологія виробництва здобних булочок з обліпиховою порошковою харчовою добавкою (ОПХД), яка дозволяє збільшити їх термін зберігання до 5 діб та покращити органолептичні властивості.

Запропоновано раціональну рецептуру та технологію виготовлення м'якого морозива з калиновою порошковою харчовою добавкою (КПХД). Додавання КПХД сприяє покращенню органолептичних показників та текстури, впливає на покращення харчової цінності м'якого морозива внаслідок збільшення вмісту білків та жирів у розроблених зразках.

Розроблені рецептури та технологія макаронних виробів з КПХД, БПХД, ГПХД, ОПХД. Додавання ПХД із дикорослих ягід зменшує вміст білків, жирів і вуглеводів у макаронних виробах, що призводить до зниження загальної калорійності продукту. Основна зміна стосується підвищення їх біологічної цінності за рахунок зростання вмісту вітамінів, мікроелементів та харчових волокон. Розроблені технології пройшли апробацію на діючих підприємствах м.Суми та м.Кривого Рогу. Розроблені технічні умови «Порошки із дикорослих рослин», «Хліб пшеничний з подовженим терміном зберігання», «Вироби макаронні з підвищеним вмістом харчових волокон», які представлені у додатках.

Ключові слова: технологія, осмотична дегідrataція, масообмін, рослинна сировина, харчова добавка, порошок, функціональне харчування, борошняні вироби, органолептичні властивості, мікробіологічні показники, мікроструктурні властивості, харчова цінність, антиоксидантна активність,

вторинна сировина, математична модель.

ANNOTATION

Demydova Evgeniia V. Development of the technology of processing wild plant fruits into powdered food additives. Qualification of scientific work on the rights of manuscript.

Dissertation for the Doctor of Philosophy degree in the speciality 181 "Food Technologies", Sumy National Agrarian University. Sumy, 2025. The dissertation is devoted to the scientific substantiation and development of innovative methods of processing wild plant raw materials into powdered food additives.

The introduction indicates the dissertation's relevance and the study's purpose and objectives. The dissertation aims to scientifically substantiate and develop the technology of powdered food additives (PFAs) based on wild plant fruits with their subsequent use in producing value-added food products.

The first chapter, "Prospects for the use of non-traditional plant raw materials for the production of powdered food additives", systematizes the data from modern information sources on the use of food plant raw materials as a source of biologically active compounds, indicates modern methods of processing food plant raw materials, and analyzes the experience of using plant powders in food production. The expediency of using wild plant fruits in the production of PCBs is substantiated.

In Chapter 2, "Objects and methods of research", a detailed plan of experimental research aimed at developing and scientifically substantiating the technology for the production of PCBs from wild plant fruits (sea buckthorn, viburnum, elderberry, and red-fruited mountain ash) is created. The object, subject and methods of the study were determined. The appropriate equipment and research methods were selected to evaluate the physicochemical, rheological, organoleptic, and microbiological quality indicators of PCBs and products based on them.

In Chapter 3, "Production technology and quality indicators of powdered food additives from wild plants", the technology for the production of PCA from wild plant fruits (sea buckthorn, viburnum, elderberry, and red-fruited mountain ash) was

developed, and the quality indicators of PCA were investigated. It was found that the rational way to process fruits is to combine osmotic dehydration and subsequent drying in infrared dryers. The proposed heat treatment modes ensure maximum preservation of the biological value of all berry products. The optimal mode of drying fruits from wild plants in infrared dryers was determined: drying temperature – 50°C, process duration – 2 hours. The proposed technology is low-waste, and the energy efficiency of osmotic dehydration has been proven by reducing the duration of fruit dehydration by 300 minutes. The chemical composition of PCBs from wild fruits was analyzed experimentally, their organoleptic, physicochemical, microbiological, and safety characteristics were determined, and their biological value was calculated. The study's results confirm the feasibility of using PCBs as multifunctional ingredients in the food industry.

In Chapter 4, "Modeling and optimization of the production process of powdered food additives", a mathematical model of drying wild plant fruits was developed, which contains the relationship between the controlling factors: temperature, drying time, and control parameters of the process: humidity, vitamin content, and appearance. The high values of the determination coefficients confirm that the studied mathematical models are adequate and suitable for calculating the optimal values of the control factors. The optimal rational drying parameters were determined, which ensure the minimum duration and energy intensity of the process and allow obtaining a product with the highest possible technological properties and nutritional and biological value.

Chapter 5, "Recommendations for the practical use of the research results", is devoted to the detailed substantiation and development of food products based on powdered food additives and the study of their quality indicators. A recipe and a technological scheme for the production of bread from wheat flour with the addition of GPCD have been developed. The use of this technology allows to reduce the time of bread preparation by 30 minutes and increase the shelf life of bread up to 15 days.

The results of the research show that due to the increase in the solids content and stabilizing properties of the BPCF, no syneresis is observed within 15 days, and

the rheological properties of the product confirm the preservation of the yoghurt structure during the entire shelf life. Adding BPA to yoghurt also has a preservative effect and helps extend the product's shelf life by up to 21 days. The formulation and technological scheme for the production of butter buns with sea buckthorn powder food additive (SBFA) have been substantiated, which allows to increase their shelf life up to 5 days and improve their organoleptic properties. A rational recipe and technology for the production of soft ice cream with viburnum powder food additive (VFA) have been proposed. The addition of VPCF improves organoleptic characteristics and texture and improves the nutritional value of soft ice cream by increasing the content of proteins and fats in the developed samples. Formulations and technology of pasta products with CPCP, BPCP, GPCP, and OPCP have been developed. The addition of PCBs from wild berries reduces the content of proteins, fats and carbohydrates in pasta products, which leads to a decrease in the total calorie content of the product, but the main change concerns the increase in their biological value due to vitamins, microelements and dietary fibre. The developed technologies have been tested at existing enterprises in Sumy and Kryvyi Rih. The technical specifications "Powders from wild plants", "Wheat bread with extended shelf life", "and Pasta products with a high content of dietary fibre" have been developed.

Keywords: technology, osmotic dehydration, mass transfer, vegetable raw materials, food additive, powder, functional food, flour products, organoleptic properties, microbiological parameters, microstructural properties, nutritional value, antioxidant activity, secondary raw materials, mathematical model.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Монографії

1. Samilyk M. M. Sustainable food chain and safety through science, knowledge and business (Powders from derivatives of wild plant fruit processing): Scientific monograph / Samilyk M. M. **Demydova Ye. V.** – Riga, Latvia : “Baltija Publishing”. 2023. P. 471-493. ISBN 978-9934-26-328-6. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934->

26-328-6-21. (Особистий внесок – огляд літературних джерел, проведення експериментальних досліджень та розрахунків, узагальнення отриманих результатів, участь автора –90%).

2. Samilyk M., **Evgenia D.**, Tetiana S. Optimisation of drying of sorbus aucuparia fruit processing derivatives using the response surface methodology. Applied, technical and agricultural sciences: introduction of the latest technologies into use. 2024. P. 38–52. DOI: https://doi.org/10.46299/isg.2024.mono_.tech_.3.3.1 (Особистий внесок – огляд літературних джерел, проведення експериментальних досліджень та розрахунків, узагальнення отриманих результатів, участь автора – 85 %).

**Статті у фахових виданнях, що індексуються у міжнародних
наукометричних базах Scopus, Web of Science**

3. Samilyk M., **Demidova E.**, Bolgova N., Savenko O., Cherniavska T. Development of bread technology with high biological value and increased shelf life. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2022. Vol. 2, No 11 (116). P. 52–57. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.255605> (Журнал «EEJET» входить до затвердженого МОН переліку наукових фахових видань України з технічних наук категорії «А», індексується в Scopus, CrossRef, Index Copernicus International, Journals Master List, Applied Science & Technology Source, CAplus, Computers & Applied Sciences Complete, Google Scholar, DOAJ та ін.). (Особистий внесок – огляд літературних джерел, проведення експериментальних досліджень та розрахунків, участь у узагальненні отриманих результатів, участь автора – 70%).

4. Marina M. Samilyk, **Evgenia V. Demidova**, Natalia V. Bolgova. Waste-free technology of processing wild plant raw materials. *Journal of Chemistry and Technologies*. 2022. Vol. 30, No 3. P. 394–403. <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v30i3.256924> (Журнал «Journal of Chemistry and Technologies» входить до затвердженого МОН переліку наукових фахових видань України з технічних наук категорії «А», індексується в Scopus, Web of Science, Index Copernicus International, Chemical Abstract Service, BASE, OCLC

WorldCat, CrossRef, CiteFactor, Open Academic Journals Index, Worldwide Scientific and Educational Library та ін.). (Особистий внесок – огляд літературних джерел, проведення експериментальних досліджень та розрахунків, узагальнення отриманих результатів, участь автора – 85 %).

5. Samilyk M., **Demidova E.**, Nazarenko Y., Tymoshenko A., Ryzhkova T., Severin R., Hnoievyi I., Yatsenko I. (2023). Formation of the quality and shelf life of bread through the additive of powder from rowanberry. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2023. Vol.3, No (11 (123)). P. 42–49. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.278799> (Журнал «EEJET» входить до затвердженого МОН переліку наукових фахових видань України з технічних наук категорії «А», індексується в Scopus, CrossRef, Index Copernicus International, Journals Master List, Applied Science & Technology Source, CAplus, Computers & Applied Sciences Complete, Google Scholar, DOAJ та ін.). (Особистий внесок – огляд літературних джерел, проведення експериментальних досліджень та розрахунків, участь у узагальненні отриманих результатів, участь автора – 70%)

6. **Demidova E.**, Samilyk M. Rospects for the use of wild berry processing products as functional food ingredients. *Food science and technology*. 2023. Vol. 17, no. 4. URL: <https://doi.org/10.15673/fst.v17i4.2780>. Науково-виробниче видання «Харчова наука і технологія» включено до категорії "А" Переліку наукових фахових видань України, індексується в ESCI, Core Collection Web of Science (WoS), Food Science and Technology Abstracts, WorldCat, Google Scholar, AGRIS, CrossRef та ін.). (Особистий внесок – огляд літературних джерел, проведення експериментальних досліджень та розрахунків, узагальнення отриманих результатів, участь автора – 90%).

Статті у фахових міжнародних виданнях країн ЄС

7. Samilyk M., Demidova E., Bolgova N., Kapitonenko A., Cherniavska T. Influence of adding wild berry powders on the quality of pasta products. «EUREKA: Life Sciences». 2022. Vol. 2. P. 28–35. <https://doi.org/10.21303/2504->

5695.2022.002410 (Журнал «EUREKA: Life Sciences» індексується в Index Copernicus International, Google Scholar, WorldCat, DOAJ, Ulrich's Periodicals Directory, Neliti та ін.). (Особистий внесок – огляд літературних джерел, проведення експериментальних досліджень та розрахунків, участь у узагальненні отриманих результатів, участь автора – 70%).

8. Samilyk M., Korniienko D., Demidova E., Tymoshenko A., Bolgova N., Yeskova O. Substantiation of the efficiency of the method for processing viburnum by the method of osmotic dehydration. EUREKA: Life Sciences. 2022. Vol. 6. P. 60–68. <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2022.002693> (Журнал «EUREKA: Life Sciences» індексується в Index Copernicus International, Google Scholar, WorldCat, DOAJ, Ulrich's Periodicals Directory, Neliti та ін.). (Особистий внесок – огляд літературних джерел, проведення експериментальних досліджень та розрахунків, участь у узагальненні отриманих результатів, участь автора – 70%).

Статті у фахових виданнях України категорії Б

9. Самілик М. М., Демидова Є. В. Використання похідних продуктів переробки обліпихи у виробництві здобних булочок. Таврійський науковий вісник. Серія: *Технічні науки*. 2022. Вип. 4. С. 94–101. <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2022.4.12> (Журнал «ТНУ. Серія: Технічні науки» внесений до затвердженого МОН переліку фахових видань України категорії «Б», індексується в CrossRef). (Особистий внесок – огляд літературних джерел, проведення експериментальних досліджень та розрахунків, узагальнення отриманих результатів, участь автора – 90 %).

10. Самілик М., Демидова Є. Використання нетрадиційної сировини у технології виробництва йогурту. *Ресторанний і готельний консалтинг. Інновації*. 2022. Вип. 5, №2. С. 281–291. <https://doi.org/10.31866/2616-7468.5.2.2022.270113> (Науковий журнал «Ресторанний і готельний консалтинг. Інновації» є науковим рецензованим виданням відкритого доступу, внесений до затвердженого МОН переліку фахових видань України категорії «Б»). (Особистий внесок – огляд літературних джерел, проведення експериментальних досліджень та

розрахунків, узагальнення отриманих результатів, участь автора – 90 %).

11. **Демидова Є.,** Самілик М. Розробка порошкоподібної харчової добавки на основі плодів обліпихи. *Науковий вісник ЛНУ ветеринарної медицини та біотехнологій. Серія: Харчові технології.* 2023. Вип. 25, №100. С. 88–93. <https://doi.org/10.32718/nvlvet-f10014> (Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій внесений до затвердженого МОН переліку фахових видань України категорії «Б», індексується Google Scholar та РІНЦ, є науковим рецензованим виданням відкритого доступу). *(Особистий внесок – огляд літературних джерел, проведення експериментальних досліджень та розрахунків, узагальнення отриманих результатів, участь автора – 90%).*

Тези доповідей та матеріали конференцій

12. **Демидова Є. В.,** Самілик М. М. Технологія порошкових харчових добавок на основі похідних переробки дикорослих ягід. Всеукраїнська науково-практична конференція «Інноваційні та ресурсозберігаючі технології харчових виробництв»: мат. всеукр. наук.-практ. конф. «Інноваційні та ресурсозберігаючі технології харчових виробництв». м. Полтава, 21 груд. 2021. С. 79–83. *(Особистий внесок – збір даних, узагальнення отриманих результатів, участь автора – 90%).*

13. **Маландій Є. В.,** Самілик М. М. Доцільність використання похідних переробки рослин у харчовій промисловості. І Всеукраїнська науково-практична конференція здобувачів вищої освіти, аспірантів та молодих вчених «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально- економічного розвитку регіонів України» : мат. І всеукр. наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти, аспірантів та молодих вчених «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України». Запоріжжя, 19–21 жовт. 2021. С.484–485. *(Особистий внесок – збір даних, узагальнення отриманих результатів, участь автора – 90%).*

14. **Маландій Є.В.**, Самілик М. М. Обґрунтування доцільності виробництва йогуртів із похідних переробки рослин. Матеріали Всеукраїнської наукової конференції студентів та аспірантів, присвяченої Міжнародному дню студента, м. Суми, 15-19 лист. 2021 р. С. 498. *(Особистий внесок – збір даних, узагальнення отриманих результатів, участь автора – 90%).*
15. **Демидова Є. В.**, Самілик М. М. Йогурти із похідних переробки бузини. II Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Інформаційні та інноваційні технології у готельно-ресторанному бізнесі, туризмі та дизайні»: мат. II Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. «Інформаційні та інноваційні технології у готельноресторанному бізнесі, туризмі та дизайні». м. Дніпро, 1–2 груд. 2021 року. С. 35–36. *(Особистий внесок – збір даних, узагальнення отриманих результатів, участь автора – 90%).*
16. **Демидова Є. В.**, Самілик М. М. Використання похідних переробки ягід бузини у виробництві кисломолочних продуктів. Міжнародна наукова інтернет-конференція Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення (випуск 70): матеріали Міжнародної наукової інтернет-конференції, м. Тернопіль, Україна – м. Переворськ, Польща, 22–23 вер. 2022. С. 149–151. ISSN 2522-932X. *(Особистий внесок – збір даних, узагальнення отриманих результатів, участь автора – 90%).*
17. **Демидова Є.В.** (Маландій Є.В.) Технологія виробництва функціональних порошків Sorbus L. Матеріали Всеукраїнської наукової конференції студентів і аспірантів, присвяченої Міжнародному дню студента, м. Суми, 14–18 лист. 2022 р. С. 325. *(Особистий внесок – збір даних, узагальнення отриманих результатів, участь автора – 90%).*
18. **Демидова Є. В.**, Самілик М. М. Технологія переробки ягід обліпихи. Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції : програма та тези матеріалів XI Міжнародної науково-технічної конференції, м. Київ: НУХТ, 8 лист. 2022. С. 149–153. *(Особистий внесок – збір даних, узагальнення отриманих результатів, участь автора – 90%).*
19. **Демидова Є. В.**, Тимошенко А. Ю., Самілик М. М. Оцінка якості хліба із

додаванням горобинового порошку. Актуальні проблеми теорії і практики експертизи товарів : матеріали X Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, м. Полтава: ПУЕТ, 24 березня 2023 року. С. 149–151. *(Особистий внесок – збір даних, узагальнення отриманих результатів, участь автора – 90%).*

20. Демидова Є. В., Самілик М. М. Вплив порошоків із ягід бузини на органолептичні властивості макаронних виробів. Інновації, гостинність, туризм: наука, освіта, практика : матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів і студентів, м. Львів: ЛДУФК ім. І. Боберського, 18 травня 2023 року. С. 276–277. *(Особистий внесок – збір даних, узагальнення отриманих результатів, участь автора – 90%).*

21. Демидова Є. В., Самілик М. М. Технологія макаронних виробів, збагачених продуктами переробки обліпихи. Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека: матеріали Міжнар.наук.-практ. конф., м. Київ. 16 лист. 2023 р. С. 97–99. *(Особистий внесок – збір даних, узагальнення отриманих результатів, участь автора – 90%).*

22. Демидова Є. В., Самілик М. М. Розробка технології хліба з підвищеною біологічною цінністю та подовженим терміном зберігання. Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції : програма та тези матеріалів XI Міжнар. наук.-техн. конф. м. Київ, 7 листопада 2023 р. С. 93–95. *(Особистий внесок – збір даних, узагальнення отриманих результатів, участь автора – 90%).*

23. Демидова Є. В., Самілик М. М., Буяло Є. Використання порошку Sorbus аусурагіа при виробництві органічного грисіні. Матеріали 90-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів "Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті". Київ, 11–12 квіт. 2024 р. С. 65. *(Особистий внесок – збір даних, узагальнення отриманих результатів, участь автора – 85%).*

24. Демидова Є. В., Суханов Д. А. Перспективи використання порошку з калини у виробництві м'якого морозива. Матеріали науково-практичної конференції

викладачів, аспірантів та студентів Сумського НАУ, м.Суми, 14–16 трав. 2024 р. С. 571. *(Особистий внесок – збір даних, узагальнення отриманих результатів, участь автора – 85%).*

25. **Демидова Є. В.**, Самілик М. М Перспективи використання калинової порошкової добавки для збагачення макаронних виробів. The 3st International scientific and practical conference “Eurasian Scientific Discussions: Collaboration and Development”. Львів, 07–09 жовт. 2024 року. С. 13–17. *(Особистий внесок – збір даних, узагальнення отриманих результатів, участь автора – 90%).*

26. **Демидова Є. В.**, Самілик М. М., Суханов Д. А. Технологія м'якого морозива з порошковою харчовою добавкою із калини. V Всеукраїнська науково-практична конференція «Інноваційні технології та підвищення ефективності виробництва харчових продуктів», м. Умань, 21 жовт. 2024 р. *(Особистий внесок – збір даних, узагальнення отриманих результатів, участь автора – 85%).*

27. **Демидова Є. В.**, Самілик М. М. Перспективи використання харчової добавки із бузини у макаронних виробках. Modern Movement of Science: Proceedings of the 16th International Scientific and Practical Internet Conference. м. Дніпро, 14–15 жовт. 2024 р. С. 148–149. *(Особистий внесок – збір даних, узагальнення отриманих результатів, участь автора – 90%).*

ЗМІСТ

СПИСОК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	17
ВСТУП.....	18
РОЗДІЛ 1. ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ НЕТРАДИЦІЙНОЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПОРОШКОВИХ ХАРЧОВИХ ДОБАВОК.....	26
1.1 Доцільність застосування плодів дикорослих рослин у виробництві порошкових харчових добавок.....	26
1.2 Сучасні способи переробки харчової рослинної сировини.....	34
1.3 Застосування рослинних порошків у виробництві харчових продуктів.....	47
Висновки до розділу 1.....	50
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	51
2.1 Об'єкт, предмет та матеріали дослідження.....	51
2.2 Методи дослідження порошкових харчових добавок із плодів дикорослих рослин.....	56
2.3 Методи дослідження харчових продуктів, виготовлених на основі порошкових харчових добавок із плодів дикорослих рослин.....	58
2.4 Впровадження отриманих технологій.....	61
2.5 Статистична обробка результатів досліджень.....	61
Висновки до розділу 2.....	61
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ТА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ПОРОШКОВИХ ХАРЧОВИХ ДОБАВОК ІЗ ПЛОДІВ ДИКОРΟΣЛИХ РОСЛИН.....	62
3.1 Технологія виробництва порошкових харчових добавок із плодів дикорослих рослин.....	62
3.2 Результати дослідження показників якості порошкових харчових добавок із плодів дикорослих рослин.....	65
3.2.1 Органолептичні показники.....	65
3.2.2 Фізико-хімічні показники.....	67
3.2.3. Мікроструктура та мінеральний склад.....	68
3.2.4 Амінокислотний склад.....	73
3.2.5 Вміст вітамінів.....	78
3.2.6 Антиоксидантні властивості.....	81
3.2.7 Мікробіологічні показники.....	82
3.2.8 Показники безпечності.....	84
3.3 Харчова цінність порошкових харчових добавок із плодів дикорослих рослин.....	84
Висновки до розділу 3.....	88

РОЗДІЛ 4. МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ПОРОШКОВИХ ХАРЧОВИХ ДОБАВОК.....	92
Висновки до розділу 4.....	104
РОЗДІЛ 5. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	106
5.1 Застосування горобинової порошкової добавки у технології хліба.....	106
5.2 Застосування бузинової порошкової добавки у виробництві йогуртів.....	114
5.3 Застосування обліпихової порошкової добавки у виробництві здобних булочок.....	124
5.4 Застосування калинової порошкової добавки у виробництві м'якого морозива.....	131
5.5 Застосування порошкових харчових добавок (калинової, обліпихової, бузинової, горобинової) у виробництві макаронних виробів.....	138
Висновки до розділу 5.....	148
ВИСНОВКИ.....	150
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	153
ДОДАТКИ	
Додаток А. Технічні умови «Порошки із дикорослих плодів»	
Додаток Б. Технічні умови «Хліб з подовженим терміном зберігання»	
Додаток В. Технічні умови «Вироби макаронні з підвищеним вмістом харчових волокон»	
Додаток Г. Акт впровадження дослідно-промислової партії житнього хліба з використанням порошку горобини <i>Sorbus aucuparia</i>	
Додаток Д. Акт впровадження дослідно-промислової партії хліба подовженим терміном придатності на основі порошку горобини	
Додаток Є. Акт впровадження дослідно-промислової партії макаронних виробів із використанням порошку із бузини	
Додаток Ж. Акт виробки дослідно-промислової партії здобних булочок із додаванням порошків із похідних продуктів обліпихи	
Додаток З. Акт впровадження дослідно-промислової партії м'якого морозива	
Додаток К. Акт впровадження дослідно-промислової партії макаронних виробів із підвищеним вмістом харчових волокон	
Додаток Л. Акт впровадження дослідно-промислової партії макаронних виробів із використанням порошку із калини	
Додаток М. Акт впровадження дослідно-промислової партії макаронних виробів із використанням порошку із обліпихи	

СПИСОК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ПДР	Плоди дикорослих рослин
ОД	Осмотична дегідратація
ПХД	Порошкові харчові добавки
ОБХД	Обліпихова порошкова харчова добавка
БПХД	Бузинова порошкова харчова добавка
ГПХД	Горобинова порошкова харчова добавка
КПХД	Калинова порошкова харчова добавка
ХВ	Харчові волокна
МАФАМ	Мезофільні аеробні і факультативно-анаеробні мікроорганізми
КУО	Колонієутворюючі одиниці
БГКП	Бактерії груп кишкової палички
ВЕРХ	Високоефективна рідинна хроматографія
НЗАК	Незамінні амінокислоти
ЗАК	Замінні амінокислоти
АК	Амінокислоти
МКБ	Молочно кислі бактерії

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження. Вибір продуктів харчування, зроблений споживачами, має великий вплив на їх здоров'я та діяльність. Важливість збалансованого харчування загально відома. Окрім енергії та поживних речовин, харчові продукти також слід оцінювати з точки зору безпечності, стійкості та впливу на навколишнє середовище, що, у свою чергу, може вплинути на сталий розвиток.

Для покращення якості та безпечності харчових продуктів під час обробки, зберігання та пакування широко використовуються харчові добавки та барвники. У харчовій промисловості застосовується, в основному, три способи отримання харчових добавок: вилучення із природних джерел, хімічний синтез та біовиробництво, причому перші два використовуються найбільше. Зростаючі вимоги до стійкості, безпечності та «натуральності» продуктів посилюють інтерес до використання методів виробництва добавок на основі натуральної рослинної сировини. Виробництво натуральних харчових добавок і барвників є актуальним дослідженням і представляє зростаючу тенденцію у виробництві продуктів харчування з доданою вартістю.

Харчові добавки включають широкий спектр функціональних категорій, таких як антиоксиданти, загусники, стабілізатори, емульгатори, консерванти, ароматизатори, підсолоджувачі та барвники [1]. В найширшому розумінні вони визначаються як речовини, що додаються до харчових продуктів або харчових інгредієнтів для збереження аромату, покращення смаку та/або зміни зовнішнього вигляду. Окремим класом добавок є барвники – пігменти або речовини, які при додаванні до харчових продуктів, ліків чи косметики здатні, окремо або через реакції з іншими речовинами, створювати певне забарвлення. Разом ці добавки та барвники є критично важливими компонентами, які підвищують безпечність харчових продуктів, якість і зовнішній вигляд протягом усього життєвого циклу від обробки до споживання. Крім того, вони також можуть містити речовини (антиоксиданти, мінеральні речовини, вітаміни, харчові волокна тощо), додавання яких підвищуватиме харчову та біологічну

цінність продуктів. Надавати їм певних функціональних властивостей. Збагачені харчові продукти, в тому числі харчовими волокнами, можуть попереджувати захворювання, викликані антиаліментарним фактором харчування, а також шкідливими факторами навколишнього середовища.

Мало дослідженими та представленими є матеріали теоретичного та експериментального обґрунтування використання регіональних біоактивних добавок до їжі, а саме, виготовлених на основі дикорослих рослини, дозволених до використання у харчовій промисловості. Особливий інтерес викликає харчова рослинна сировина регіонального значення. Зокрема, плоди обліпихи (*Hippophae rhamnoides* L.), калини (*Viburnum opulus*), бузини чорної (*Sambucus nigra*) та горобини звичайної (*Sorbus aucuparia*), які можна використовувати у виробництві функціональних продуктів харчування завдяки їх високій біологічній цінності. Якість життя на фоні зниження рівня здоров'я населення, в умовах існуючих екологічних ризиків та економічної кризи, можна покращити шляхом збагачення харчових продуктів біологічно-активними речовинами рослинного походження.

Застосування в їжу продуктів, збагачених харчовими добавками, виготовленими із плодів дикорослих рослин, є перспективою для регулювання їх складу та біологічної цінності. Як наслідок – зміцнення здоров'я нації. Зазначені рослинні інгредієнти можна розглядати як важливий ресурс для харчування у різних регіонах України, зокрема, у технологіях функціональних харчових продуктів. При цьому важливим є правильний вибір обробки рослинної сировини та раціональне її використання.

Питанням доцільності переробки та застосування плодів дикорослих рослин займалися вітчизняні та закордонні науковці. Суттєвих результатів в даному напрямку було досягнуто: Павлюк Р. Ю. (Харківський державний університет харчування та торгівлі), Хомич Г.П., Дібрівською Н. В. (Полтавський університет економіки і торгівлі), Погарською В. В. (Державний біотехнологічний університет), Пилипенко Л.М. (Одеський національний технологічний університет).

Одним із раціональних способів переробки рослинної сировини є зневоднення. Сушіння у поєднанні із осмотичною дегідратацією, є найбільш прийнятним способом обробки, який дозволяє зберегти не лише біологічну цінність, а й високі органолептичні показники, які є важливим індикатором якості харчових добавок. Крім того, такий спосіб є енергоефективним [2].

Таким чином, доцільно дослідити якість харчових добавок, виготовлених на основі плодів дикорослих рослин, отриманих методом зневоднення (сушінням та осмотичною дегідратацією), та встановити їх функціональні властивості при виробництві різноманітних харчових продуктів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалася в межах науково-технічних робіт кафедри технології та безпеки харчових продуктів: 0122U200866 «Розроблення технологій комплексної переробки рослинної сировини на харчові продукти» (2022–2023 рр.) за науковим напрямом «Раціональне природокористування»; 0124U002836 «Розробка технологій виробництва харчових продуктів з доданою вартістю на принципах сталого розвитку» (2024–2028) за науковим напрямком «Технологічне оновлення та розвиток агропромислового комплексу».

Мета і задачі досліджень. Метою дисертаційної роботи є наукове обґрунтування та розробка технології порошкових харчових добавок на основі плодів дикорослих рослин із наступним їх використанням у виробництві харчових продуктів з доданою вартістю.

У відповідності з поставленою метою було сформульовано наступні завдання досліджень:

- проаналізувати біологічну цінність та шляхи використання дикорослої рослинної сировини: обліпихи (*Hippophae rhamnoides* L.), калини (*Viburnum opulus*), бузини чорної (*Sambucus nigra*) та горобини звичайної (*Sorbus aucuparia*);
- розробити раціональну технологію виробництва харчових добавок з плодів дикорослих рослин;
- визначити органолептичні, фізико-хімічні, мікробіологічні та показники

безпе́чності харчових добавок, виготовлених із пло́дів ди́корослих рослин;

- до́слідити амі́нокислотний склад харчових добавок, виготовлених із пло́дів ди́корослих рослин;
- ви́значити міне́ральний склад та структу́ру харчових добавок, виготовлених із пло́дів ди́корослих рослин;
- ви́значити вмі́ст віта́мінів С, Е, В₆ та β -ка́ротину у харчових добавках, виготовлених із пло́дів ди́корослих рослин;
- до́слідити антиоксидантні властивості порошкових харчових добавок із пло́дів ди́корослих рослин;
- про́вести розра́хунок задово́лення фізіологі́чних потре́б органі́зму в різни́х нутріє́нтах при ви́користанні харчових добавок, виготовлених із пло́дів ди́корослих рослин;
- про́вести оптиміза́цію техноло́гії ви́робництва харчових добавок із пло́дів ди́корослих рослин;
- за́пропонува́ти спосо́би застосува́ння харчових добавок із пло́дів ди́корослих рослин у ви́робництві харчових продукті́в з до́даною ва́ртістю;
- до́слідити показни́ки яко́сті продукті́в, виготовлених із ви́користанням харчових добавок з пло́дів ди́корослих рослин.

Об’є́кт до́слідження – техноло́гія ви́робництва та застосува́ння порошкових харчових добавок на осно́ві пло́дів ди́корослих рослин.

Предме́том до́слідження є: пло́ди облі́пихи (*Hippophae rhamnoides* L.), кали́ни (*Viburnum opulus*), бу́зини чо́рної (*Sambucus nigra*) та горо́бини звича́йної (*Sorbus aucuparia*); порошкові харчові добавки із пло́дів облі́пихи, кали́ни, бу́зини, горо́бини; харчові продукти, виготовленні на осно́ві порошкових харчових добавок із пло́дів ди́корослих рослин.

Мето́ди до́слідження – за́гальнопри́йняті фі́зичні, хі́мічні, мікробіологі́чні мето́ди, матема́тичне моде́лювання та оптиміза́ція, пла́нування експе́рименту та обро́бки експе́риментальни́х дани́х. Обро́блення експе́риментальни́х дани́х та розра́хунки ви́конували́сь із застосува́нням сучасни́х інтегровани́х систем

програм Microsoft Office Excel та Statistica 10, редактора векторної графіки Microsoft Visio.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у тому, що вперше:

- на основі теоретичних та експериментальних досліджень розроблено технологію виробництва порошкових харчових добавок із плодів дикорослих рослин, яка дозволяє зберегти їх біологічну цінність та органолептичні властивості;

- досліджено вміст нативних речовин, органолептичні, фізико-хімічні, мікробіологічні та показники безпечності порошкових харчових добавок із плодів клени, бузини, обліпихи, горобини;

- досліджено антиоксидантні властивості порошкових харчових добавок із плодів клени, бузини, обліпихи, горобини;

- отримано нові експериментальні дані та встановлено закономірності впливу горобинової порошкової харчової добавки на терміни зберігання хліба;

- отримано нові експериментальні дані та встановлено закономірності впливу бузинової порошкової харчової добавки на колір та структурно-механічні властивості йогуртів;

- отримано нові експериментальні дані та встановлено закономірності впливу обліпихової порошкової харчової добавки на органолептичні, фізико-хімічні властивості тіста та готових хлібобулочних виробів;

- отримано нові експериментальні дані та встановлено закономірності впливу калинової порошкової харчової добавки на органолептичні та фізико-хімічні властивості м'якого морозива;

- отримано нові експериментальні дані та встановлено закономірності впливу порошкових харчових добавок «Горобина», «Калина», «Обліпиха», «Бузина» на біологічну цінність та показники якості макаронних виробів;

- розширено уявлення та науково обґрунтовано позитивний вплив осмотичної дегідратації на збереження вмісту вітамінів С, Е, В₆ та β -каротину у порошкових харчових добавках, який підтверджено математичною обробкою даних.

Набули подальшого розвитку дані щодо хімічного складу і функціонально-технологічних властивостей порошкових харчових добавок із плодів дикорослих рослин регіонального значення (калини, обліпихи, бузини, горобини), уявлення про формування якості та харчової цінності продуктів, виготовлених на їх основі.

Практичне значення одержаних результатів. Незважаючи на високу біологічну та харчову цінність, значне поширення по всій території України, плоди дикорослих рослин практично не використовуються у виробництві харчових продуктів. У даному дослідженні представлено раціональну технологію виробництва порошкових харчових добавок на основі регіональної дикорослої рослинної сировини та напрями їх застосування у технологіях різноманітних харчових продуктів. Запропоновано технології застосування порошкових харчових добавок можуть бути реалізовані в умовах крафтових та великосерійних виробництв. Розроблені технічні умови на виготовлення продуктів із застосуванням порошкових харчових добавок на основі плодів дикорослих рослин можуть бути використані виробниками харчових продуктів. Запропонована технологія виготовлення харчових добавок є маловідходною, що позитивно впливає на довкілля. Продукти, збагачені порошковими харчовими добавками за вмістом деяких нативних речовин відповідають фізіологічним добовим потребам організму.

Реалізація роботи. Науково-технологічні розробки упроваджено: ТОВ «ПАН ШЕФ» акти від 10.09.2023, 20.09.2023, 25.09.2023; ТОВ «Сумська паляниця» акти від 28.08.2023, 31.08.2023, ФОП «Нагорний Я.В.» (ТМ Пан Пекар) акти від 31.08.2024, ФОП «Суханов Д.А.» акти від 31.08.2024.

Особистий внесок здобувача полягає в розробці експерименту, організації та проведенні аналітичного та експериментального дослідження у лабораторних та виробничих умовах, а також аналізі, обробці та узагальненні результатів. Автором особисто сформульовано висновки та рекомендації, підготовлено матеріали до публікацій, у співавторстві з керівником розроблено

нормативну документацію на виготовлення харчових продуктів з покращеними функціональними властивостями.

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень, що включені до дисертації, було оприлюднено на: Всеукраїнській науковій конференції студентів та аспірантів, присвяченій Міжнародному дню студента (Суми, 15–19 листопада 2021 р., 14–18 листопада 2022 р.); I Всеукраїнській науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти, аспірантів та молодих вчених «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України» (Запоріжжя, 19–21 жовтня 2021 р.); II Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Інформаційні та інноваційні технології у готельно-ресторанному бізнесі, туризмі та дизайні» (Дніпро, 1–2 грудня 2021 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Інноваційні та ресурсозберігаючі технології харчових виробництв» (Полтава, 21 грудня 2021 р.); Міжнародній науковій інтернет-конференції, (м. Тернопіль, Україна – м. Переворськ, Польща, 22–23 вересня 2022 р.); XI Міжнародній науково-технічній конференції «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції» (Київ, 8 листопада 2022 р.); X Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні проблеми теорії і практики експертизи товарів» (Полтава, 24 березня 2023 р.); III Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих учених, аспірантів і студентів з міжнародною участю «Інновації, гостинність, туризм: наука, освіта, практика» (Львів, Україна, 18 травня 2023); Міжнародній науково-технічній конференції «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції» (Київ, 7 листопада 2023 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека» (Київ, 16 листопада 2023 р.); 90-ї Міжнародній науковій конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті» (Київ, 11–12 квітня 2024 р.); науково-практичній конференції викладачів, аспірантів та студентів Сумського НАУ (Суми, 14–16 травня 2024 р.); III Міжнародній

науково-практичній конференції «Eurasian Scientific Discussions: Collaboration and Development» (Львів, 07–09 жовтня 2024 р.); V Всеукраїнській науково-практичній конференції «Інноваційні технології та підвищення ефективності виробництва харчових продуктів» (Умань, 21 жовтня 2024 р.); XVI Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Modern movement of science» (Дніпро, 14–15 жовтня 2024 р.).

Публікації. Основні матеріали дисертаційної роботи опубліковано у 27 наукових працях, у тому числі: 2 розділи у колективній міжнародній монографії, 9 статей, серед яких 4 у виданнях, що включені до міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science, 3 у наукових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України категорії «Б», 2 статей у наукових періодичних виданнях іншої держави із напрямку, з якого підготовлено дисертацію; 16 тез доповідей та матеріалів конференцій. Подано 1 заявку на отримання Патенту України на винахід.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел, що включає 269 найменування, в т.ч. 203 іноземних, та 11 додатків. Обсяг основного тексту викладено на 152 сторінках, містить 31 рисунків та 44 таблиць.

РОЗДІЛ 1 ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ НЕТРАДИЦІЙНОЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПОРОШКОВИХ ХАРЧОВИХ ДОБАВОК

1.1 Доцільність застосування плодів дикорослих рослин у виробництві порошкових харчових добавок

Одним із шляхів розвитку харчової промисловості є пошук нетрадиційних сировинних ресурсів з високим вмістом фізіологічно корисних поживних речовин. Перспективним напрямком отримання біологічно важливої сировини є вторинні та похідні продукти рослинного походження. Цікавими для вивчення є плоди дикорослих рослин, які є відомими суперфудами, але при цьому практично не використовуються в харчовій промисловості України.

Біля 100 видів дикорослих ягід ростуть на території України. Вони включають у себе широкий асортимент корисних рослин, таких як горобина чорноплідна та червоноплідна, лохина, бузина чорна, обліпіха, калина звичайна та інші. Ці рослини мають значний поживний потенціал та містять різноманітні корисні речовини: вітаміни С та Е, які мають антиоксидантні властивості та сприяють підтримці імунної системи; β -каротин, фенольні сполуки, мінеральні та дубильні речовини, пектини [3]. Розробка продуктів харчування з використанням дикорослої сировини є важливим напрямом розвитку сучасної харчової промисловості. Дикорослі рослини, такі як лісові ягоди володіють великим потенціалом для створення екологічно безпечних та біологічно цінних харчових продуктів.

Ягоди мають багато корисних речовин, але особливо важливі вони через наявність флавоноїдів. Дослідження показали, що флавоноїди можуть захищати організм від вільних радикалів та допомагати їх виведенню. Ці речовини мають широке коло корисних властивостей, зокрема, вони можуть брати участь у багатьох процесах, таких як боротьба з окисним стресом, поглинання УФ-світла, а також мають седативний та діуретичний ефект. Флавоноїди можуть захищати організм від токсинів, сприяючи одужанню та відновленню клітин при

захворюваннях. Середнє споживання флавоноїдів для дорослої людини складає приблизно 25–50 мг на добу [4]. Встановлено, що споживання в раціоні дикорослих ягід з високим вмістом жирів сприяє їх кращому засвоєнню мікрофлорою кишечника та запобігає перекисному окисненню ліпідів [5]. Завдяки наявності природних антиоксидантів, особливо антоціанів, споживання свіжих ягід або сухих препаратів з них сприяє профілактиці захворювань, основними з яких є серцево-судинні та онкологічні [6, 7].

Барбарис (*Berberis Vulgaris*) широко розповсюджений по всьому світу і визнаний цінною рослиною. Рослини барбарису мають плоди, квіти, листя, стебла та коріння. Всі частини містять дуже важливі сполуки, такі як антоціани, алкалоїди, флавоноїди, фенольні сполуки, вітаміни та мінерали тощо [8]. Однією з найважливіших функціональних сполук барбарису є берберин, який міститься в різних його частинах [9]. Літературні дані свідчать, що барбарис має багато терапевтичних ефектів, які включають гіпоглікемічну [10], гіполіпідемічну [11], антиоксидантну [12], жарознижувальну, протизапальну [13], протиракову [14], антимікробну, антидепресивну, кардіопротекторну, гепатопротекторну та багато інших фармакологічних властивостей [15]. Згідно з дослідженнями, похідні барбарису можуть розглядатися як корисні добавки та функціональні сполуки в різних галузях промисловості, особливо в харчовій (виробництво желе, нектари, газовані напої, соуси, натуральних харчових барвників) [16,17]. Мінеральний склад плодів барбарису показав різноманітність мінералів у різних кількостях – кальцій (2,7 мг/г), натрій (0,8 мг/г), калій (11,1 мг/г), магній (0,99 мг/г), мідь (0,02 мг/г), цинк (0,01 мг/г) , марганець (0,03 мг/г), залізо (0,33 мг/г) [17]. Основними цукрами плодів барбарису є глюкоза (8,84 мг/100 г) і фруктоза (61,2 мг/100 г), домінуючими органічними кислотами – яблучна (75,9 мг/г) і лимонна (13,4 мг/г) [18]. Плоди барбарису мають низький вміст білка та жирів, але мають високий вміст клітковини [19].

Плоди лохини вважаються джерелом біологічно активних сполук, але її промислове застосування обмежене через її низьку стабільність [20]. Лохина високоросла – це невеликі плоди з інтенсивним темно-синім кольором,

твердістю і приємним солодким смаком та корисними для здоров'я властивостями, які пояснюються значною кількістю біологічно активних сполук, які мають антиоксидантну, протипухлинну, антимуtagenну, антидіабетичну дію та запобігають серцево-судинним захворюванням. Вже розроблена технологія отримання порошку з соку лохини шляхом сублімаційного сушіння [21]. Лохина є багатим джерелом вітамінів, антоціанів та інших фенольних сполук, таких як флавоноли, хлорогенова кислота та проціанідини, які мають високу антиоксидантну активність [22, 23, 24]. Вміст цукрів у плодах лохини становить близько 14%, переважно представлений глюкозою і фруктозою [25]. Це дає можливість використовувати лохину для виробництва продуктів з низьким вмістом цукру, що важливо, наприклад, для діабетиків та у педіатрії. Також плоди лохини містять до 5,5% жирних і органічних кислот, серед яких відзначається значна кількість різноманітних карбонових кислот. Вміст пектинових речовин у плодах лохини може досягати 6,6%, що робить їх корисними для підтримки здоров'я шлунково-кишкового тракту [26].

Чорниця є багатим джерелом біологічно активних сполук, включаючи фолати, флавоноїди, фенольні сполуки і особливо антоціани, які є водорозчинними пігментами і відповідають за яскраве забарвлення плодів і листя. В екстрактах чорниці виявлено приблизно 22 види антоціанів. Вони, як правило, містяться в шкірці плодів, особливо в плодах [27, 28]. Найпоширенішими флавонолами, які містяться в чорниці, є кверцетин, мірицетин і кемпферол, тоді як флаваноли представлені катехіном, епікатехіном і галокатехіном [29]. Користь чорниці для здоров'я проявляється у зниженні ризику ішемічної хвороби серця, покращенні зору, нервової системи, антимуtagenних та протизапальних ефектах [30, 31, 32]. У ряді робіт науково обґрунтовано високу харчову цінність чорниці [33, 34, 35, 36]. В плодах містяться органічні кислоти (лимонна, аскорбінова, фенолкарбонові кислоти та дубильними речовинами) [37], мінерали, вітаміни (С, Е, А, та К, вітаміни комплексу В), харчові волокна та пектини [33, 34]. Загальний вміст вуглеводів у чорниці станове 93,37%, білків 4,10% [38]. Аргінін був виявлений як основна

амінокислота, присутня в стиглих плодах чорниці. Повідомляється, що вміст аргініну, аспарагінової кислоти, серину та валіну зростає зі збільшенням зрілості плодів [39].

Калина (*Viburnum opulus*) є цінною декоративною, лікарською та харчовою рослиною з природним джерелом ряду сполук з антиоксидантними властивостями, таких як аскорбінова кислота (вітамін С), альфа-токоферол (вітамін Е), каротиноїди, хлорофіл та фенольні сполуки. В Україні червоні плоди, незважаючи на їхній терпкий-гірко-кислий смак, використовуються в традиційній кухні, як додатковий компонент для мармеладів, джемів, наливки, пирогів «Калинників», трав'яних чаїв [40, 41]. Ягоди калини відрізняються високою кислотністю із-за великого вмісту органічних кислот – хінної, лимонної, винної, яблучної [42]. Також до складу плодів калини входять цукри – глюкоза, фруктоза та сахароза [43]. У плодах калини виявлено 27 мінеральних речовин – Na, Mg, Ba, Ca, Al, Ni, Cd, P, Cr, Pb, S, Cu, Se, Fe, K, Sr, Li, Z, V, Ag, Bi, Co, Mn, B, Ga, In, Ti. Найбільше вона містить – калію, магнію, фосфору [44]. Для використання калини в харчовій промисловості важливим є метод її обробки. Зазвичай з калини отримують екстракти, що зберігають більшість біологічно активних компонентів, наявних у клітинах [45]. Зазвичай, використовуються етанольні та водні розчини, які за своїми властивостями не використовуються для виробництва харчових продуктів. Крім того, вичавки, утворені після екстрагування продуктів переробки калини утилізуються, що негативно впливає на екосистему [46]. Після переробки плодів калини на протерту масу залишається близько 30–35 % відходів, таких як шкірка та насіння. Порошок з цих вичавків, завдяки високому вмісту катехінів, може використовуватися як стабілізатор основного пігменту для отримання червоного харчового барвника. Цей барвник зберігає свою стійкість у кондитерських виробках незалежно від рівня рН. Олія калини належить до фракції нейтральних ліпідів і містить 0,015 % вітаміну Е, 0,005 % каротиноїдів, з яких 0,002 % становить β -каротин [47].

Ягоди калини мають характерний запах та специфічну гіркоту, які, на жаль, не подобаються споживачам. Однак під час термічного оброблення кількість її значно зменшується. Летючі компоненти, виявлені у плодах, належать до наступних класів органічних сполук: спирти, терпеноїди, феноли, кетони, альдегіди, складні ефіри, розгалужені жирні кислоти та кислоти [48]. Основними жирними кислотами в калині є олеїнова, лінолева та пальмітинова [49]. Встановлено, що плоди калини маю антимікробну дію на 15 культур мікроорганізмів [50].

Горобина (*Sorbus aucuparia*) традиційно використовуються в раціоні європейців у різних перероблених продуктах, таких як джеми, желе та напої, які мають високий поживний та оздоровчий потенціал [51, 52, 53]. Наукові дослідження довели протизапальну [54], антиоксидантну [55], протидіабетичну дію [56], що зумовлено унікальним складом біологічно активних сполук – значною кількістю аскорбінової кислоти, фенольних сполук, каротиноїдів, а також органічних кислот і цукрів. Аскорбінова кислота, каротиноїди, флавоноїди, антоціани і особливо фенольні кислоти значною мірою сприяють антиоксидантній активності [57]. Плоди горобини мають гіркий смак, а свіжі плоди можуть бути токсичні через парасорбінову кислоту та ціаністий водень. Токсичність руйнується при нагріванні, сушінні або витримуванні в слабкому розчині оцту [58]. Глюкоза є основним цукром у плодах горобини [59]. Крім того, ягоди горобини містять цукор сорбіт, який має солодкий смак і повільно метаболізується в організмі людини, що робить його придатним підсолоджувачем для людей, які страждають на діабет [60, 61]. Екстракти плодів горобини також багаті на органічні кислоти. У значних кількостях міститься яблучна кислота (333,70 мг/100 г), за нею слідують лимонна (19,32 мг/100 г) і бурштинова (12,84 мг/100 г) кислоти. Аскорбінова кислота міститься в незначній кількості (2,08 мг/100 г). Плоди горобини багаті на каротиноїди [61].

Серед каротиноїдів β -каротин – червоно-оранжевий пігмент, є основним каротиноїдом, як повідомляють багато досліджень. Інші каротиноїди з горобини – це в основному криптоксантин [62], а також зеаксантин, β -криптоксантин, весь

транс-каротин і γ -каротин [61, 63]. Яскраво-червоні плоди також відомі своїм високим вмістом калію, кальцію та фосфору, хоча повідомлялося про відмінності в концентрації через регіон вирощування та кліматичні умови [64]. Загальний вміст фенолів, антоціанів, та антиоксидантна активність варіюються в межах 123–189 мг/100 г, 18–57 мг/100 г, та 3,36–6,92 мМ тролоксового еквіваленту на 100 г сирої маси. Отримані результати свідчать про можливість використання плодів горобини у виробництві функціональних продуктів харчування з високими біологічно активними властивостями [65]. Препарати з ягід горобини знижують рівень холестерину в крові, а порошок горобини підвищує опір кровоносних судин. У науковій медицині плоди горобини застосовуються як полівітамінний засіб [66].

Обліпіха – природне джерело вітамінів і ряду інших біоактивних сполук, таких як каротиноїди і флавоноїди, які, як стверджується, знижують рівень холестерину, кров'яний тиск і рівень цукру у крові [67]. Плоди обліпіхи багаті на обліпіховий жовтий пігмент, основними компонентами якого є флавоноїди та β -каротин [68]. Основними типами флавоноїдів в обліпісі є ізорафетин, кверцетин, кемпферол, катехін, епікатехін, мірицетині, білий антоціанін [69]. Основними цукрами в плодах обліпіхи є фруктоза і глюкоза [70]. Ягоди обліпіхи також містять багато органічних кислот. Дослідження підтвердило, що діапазон загальних органічних кислот у соку обліпіхи становить від 3,1 до 3,6 г/100 г [71]. Плід обліпіхи має унікальний кислуватий і в'язучий смак. Кислинка в основному обумовлена високим вмістом яблучної кислоти (0,8–3,2 г/100 мл). Також основними органічними кислотами є яблучна (від 1940 до 4600 мг/100г), хінна (від 810 до 2820 мг/100г) та лимонна кислота (90–160 мг/100г) [72]. Мінеральний склад представлений такими елементами (мг/100 г): калій (180–220), кальцій (9–16), магній (7–12), фосфор (12–17), залізо (6–14), а також містяться цинк, марганець, алюміній, титан і кремній [73].

Обліпіха також містить ліпіди [74]. Зазвичай із обліпіхи виробляють олію, яка містить гліцериди олеїнової, лінолевої, стеаринової та пальмітинової кислот, вітамін Е (160 мг/100 г), каротин та інші каротиноїди (314 до

2139 мг/100 г) [75]. Антиоксидантна активність є важливою функцією обліпихи, яка зумовлена вмістом флавонолів, вітаміну С, вітаміну Е та каротиноїдів. Також в обліписі містяться вітаміни В₁, В₂, С, Р, РР, білки, вуглеводи. Плоди також містять цінні компоненти: 1,54% пектинових речовин, 50,5% клітковини, 19,98% целюлози, 10,69% геміцелюлози та 18,36% лігніну, ці елементи мають важливу здатність до поглинання [76].

Ягоди бузини (*Sambucus nigra* L.) – джерело важливих і цінних сполук. Цінність цих плодів полягає в наявності великої кількості низькомолекулярних фенольних сполук і поліфенолів (59–60 мг/%), більшість з яких антоціани. У плодах міститься 18,2% сухих речовин, з них цукрів 5,2–7,4%, пектинових речовин 1%, кислот 1,3%. Слід зазначити, що цукристість бузини чорної, вирощеної в Україні, виражається лише в глюкозі [3]. Вміст білка варіюється в межах 2,7–2,97 г/100 г сирої маси, включаючи дев'ять незамінних амінокислот із шістнадцяти ідентифікованих амінокислот [77]. Вуліч та ін. [78] ідентифікували 2,84 г білків, з яких найважливішими амінокислотами були глютамінова кислота (0,311%), аспарагінова кислота (0,303%), аланін (0,238%), лейцин (0,205%) та тирозин (0,198%). Бузина багата на вуглеводи (18%) – переважно прості цукри [79], клітковину (7%), білки (3%) та ліпіди (0,35%) [80]. Плоди бузини містять 0,01 г/100 г ефірної олії, яка складається з понад 30 різних сполук, у тому числі фенілових альдегідів (3–25,8% від складу олії) та фурфуролу (18%) [81]. Різноманітність ліпідів дуже висока: 12,96–14,21 г/100 г мононенасичених жирних кислот, 75,15–77,69 г/100 г поліненасичених жирних кислот, а кількість насичених жирних кислот досягає 9,35–10,64 г/100 г. Лінолева та ліноленові кислоти є основними незамінними жирними кислотами в ягодах бузини, що становить 38–39 % від загальної кількості жирних кислот [82, 83, 84, 85]. Бузина містить значну кількість мінеральних речовин та вітамінів С, α-токоферолу, β-каротину [86], В₂, В₃, В₅, В₆, В₉ та антиоксидантів. Є результати, що порошок з насіння бузини є джерелом α-токоферолу, який має найвищу біологічну активність вітаміну Е, а також γ-токоферолу, який демонструє кращий антиоксидантний потенціал [79]. Найважливішими біоактивними

сполуками, які сприяють антиоксидантним властивостям ягід бузини, є поліфеноли. Серед основних поліфенолів у ягодах бузини антиоксидантні властивості визначаються антоціанами, а також флавонолами та фенолокислотами [87]. Ягоди бузини та продукти їх переробки є потенційними барвниками та антиоксидантами, які можна використовувати в харчовій промисловості. Однак, незважаючи на чудові фарбувальні властивості завдяки високому вмісту антоціанів, а також високій антиоксидантній здатності (поліфеноли, вітаміни тощо), цей продукт використовується недостатньо [88].

Чорноплідна горобина (*Aronia melanocarpa*) є одним з найбагатших джерел поліфенолів [89, 90]. Основною групою біологічно активних компонентів ягід є поліфенольні речовини (40–70 мг/г сухої ваги) і більшість з яких є антоціанами (понад 50%): ціанідин-3-глюкозид, ціанідин-3-галактозид, ціанідин-3-арабінозид та ціанідин-3-ксилозид [91]. Чорноплідна горобина, крім поліфенолів, є джерелом глюкози, фруктози, сахарози, сорбіту та пектину. Аналізи показали, що фрукти містять відносно велику кількість K і Zn, а також певну кількість Na, Ca, Mg і Fe. Крім мінералів, були виявлені інші речовини, такі як вітаміни B₁, B₂, B₆ і C, ніацин, пантотенова кислота, фолієва кислота, альфа- і бета-токоферол і каротиноїди. Органічні кислоти, що містяться у плодах, включають лимонну, яблучну та аскорбінову [92]. Антиоксидантний потенціал був підтверджений численними дослідженнями, де він часто асоціювався з іншими лікувальними властивостями. Іншими доведеними ефектами є антигіпертензивний, гіполіпідемічний і протизапальний ефекти чорноплідної горобини. Також горобина корисна під час лікування захворювань серцево-судинної системи та травного тракту завдяки високому вмісту біологічно активних сполук. [90, 93, 94]. Через гіркий смак чорноплідну горобину не вживають у сирому вигляді, а переважно переробляють у соки, терпкий смак яких менш відчутний. Високий вміст пектину дає змогу переробляти чорноплідну горобину на джеми, желе та мармелад. Своєю чергою, завдяки високому вмісту антоціанів, чорноплідна горобина може бути використана для виробництва натурального харчового барвника [95].

На українському ринку дуже мало продуктів, виготовлених на основі дикорослої ягідної сировини. Цей сегмент ринку ще не є добре розвиненим через кілька причин: дикорослі ягоди ростуть у природних умовах, і їх збір часто є сезонним та географічно обмеженим, а це ускладнює забезпечення стабільного постачання сировини; багато споживачів не обізнані про корисні властивості дикорослих ягід і не мають достатньої інформації про такі продукти, це знижує попит на них.

Щоб збільшити присутність таких продуктів на ринку, необхідно розвивати інфраструктуру для збору та зберігання дикорослої ягідної сировини, підвищувати обізнаність споживачів про користь таких продуктів, а також підтримувати малі та середні підприємства, які займаються їх виробництвом. Серед продуктів переробки дикорослих ягід особливе значення мають добавки у вигляді паст та пюре. Вони служать джерелом натуральних біологічно активних речовин, барвників і структуроутворювачів, які застосовуються у виробництві збагачених харчових продуктів [96]. Ягоди вважаються суперфруктами завдяки високому вмісту вітамінів, мінералів, фітохімічних речовин та харчових волокон [97].

Таким чином, горобина, бузина, обліпіха та калина відзначаються високим вмістом біологічно активних речовин, особливо фенольних сполук. Для ягід характерні лікувально-профілактичні властивості, тому вони можуть бути основою для створення функціональних порошків. Потребує додаткового дослідження виявлення застосування в харчових продуктах горобини, бузини, калини, шовковиці, терену, обліпіхи, чорниці, лохини. Предметом наших досліджень стали ягоди калини (*Viburnum opulus*), горобини (*Sorbus aucuparia*), обліпіхи (*Hippophae rhamnoides* L.) та бузини чорної (*Sambucus nigra*).

1.2 Сучасні способи переробки харчової рослинної сировини

Короткий термін зберігання свіжих фруктів та овочів, особливо ягід, є значною проблемою для агропродовольчої промисловості. Це зумовлено високою вологістю та ніжною структурою цих продуктів, що сприяє їх

швидкому псуванню. Проте існує кілька сучасних методів обробки та зберігання, які можуть суттєво подовжити термін їх придатності та зберегти їхні поживні властивості. Ягідні культури мають високий вміст води (80–90%) [98]. Окрім води, в ягодах міститься клітинний сік, що складається з нерозчинених в ньому поживних та БАР, азотистих речовин, вуглеводів, вітамінів, мінеральних солей та ароматичних сполук. Біля 10–15% води від загальної кількості утримується міцніше рослинними колоїдами і вимагає значних енерговитрат для її видалення [99]. Серед технологій, які найчастіше застосовуються для збереження харчових продуктів, найбільш поширеним є процес заморожування [100] і зневоднення, такі як сушіння [101, 102, 103, 104].

Заморожування харчових продуктів сприяє збереженню якості харчових продуктів протягом тривалого періоду зберігання [105]. Він полягає в тому, що продукти піддаються впливу температури нижче 0°C, що призводить до зниження рухливості та активності води (a_w) і, як наслідок, до зменшення хімічних і ферментативних реакцій та пригнічення росту мікроорганізмів [106, 107]. Однак під час процесу заморожування в рослинних клітинах об'єм клітинної води збільшується за рахунок утворення льоду. Після розморожування якість продукції у фруктах і овочах з дуже високим вмістом води погіршується через пошкодження клітин і втрату текстури [108].

На ступінь пошкодження фруктів і овочів під час заморожування впливають кілька факторів. За даними [105], вирішальним фактором, що призводить до пошкодження при заморожуванні, є поєднання температури і часу заморожування, тобто швидкість заморожування. Існують спроби оптимізувати процес заморожування з точки зору швидкості, що призводить до зменшення структурних пошкоджень, які виникають при звичайному заморожуванні [109].

Серед нових технологій заморожування за допомогою ультразвуку показало відмінні результати завдяки ефекту акустичної кавітації, який сприяє зародженню льоду мікробульбашками і утворенню дуже дрібних кристалів льоду [110]. Досить великої популярності набуло заморожування за допомогою магнітного поля, яке завдяки вібраційним рухам у молекулі води змушує воду

залишатися рідкою в переохолодженому стані і, крім того, пригнічує зародження великих кристалів льоду, сприяючи утворенню мікроскопічних кристалів [111]. Заморожування під високим тиском також є цікавою технологією з великим потенціалом, її вплив на хімічні та мікробіологічні аспекти харчових продуктів регулюється принципом Ле Шательє [112]. Заморожування за допомогою електромагнітних хвиль вважається технологією з великим потенціалом, яка викликає тертя між молекулами води, що призводить до нагрівального ефекту, таким чином, енергія розсіюється мікрохвильовим випромінюванням, індукуючи часткове танення кристалів льоду, оскільки дозволяє контролювати стадію утворення кристалів льоду під час процесу [113].

У сушених продуктах мікробіологічні процеси значно уповільнюються, завдяки чому поживні та біологічно цінні речовини зберігаються майже в незмінному вигляді. Однак смак і текстура продукту можуть суттєво змінюватися в залежності від методу сушіння, який використовується для обробки сировини. Спосіб сушіння впливає на вологість, щільність і органолептичні властивості кінцевого продукту, тому його вибір має вирішальне значення для якості харчових продуктів [114, 115]. Зневоднена сировина використовується в різних формах, основною з яких є порошок. Харчові порошки складають значну частку від загального обсягу перероблених харчових продуктів у світі. Це пов'язано з кількома причинами, такими як низька вага, тривалість та зручність зберігання, транспортування та різноманітні сфери застосування [116].

Відомі методи сушіння дикорослих ягід вимагають використання високих температур, що може спричинити значні втрати корисних речовин, які можуть становити від 20% до 80% [3]. Під час високотемпературної термічної обробки відбуваються зміни фізико-хімічних, структурно-механічних, хімічних, біохімічних, мікробіологічних та органолептичних показників, а також у харчовій і біологічній цінності сировини [117]. Серед методів сушіння найбільш поширеними методами, які застосовуються в харчовій промисловості є конвективне сушіння [118, 119], вакуумне [120], мікрохвильове [121, 122],

сонячне та сублімаційне [123, 124]. Всі перераховані методи мають різні принципи та механізми та мають свої переваги і недоліки [125].

Сушіння на сонці – це спосіб сушіння продукції за допомогою прямого впливу сонця [126]. Перевагою цього методу є економія коштів та енергії. Однак, оскільки він використовує природну енергію, він сильно залежить від погодних змін, які є нестабільними [127]. Отримані продукти, порівняно з необробленими продуктами, загалом характеризуються низькою пористістю, високою щільністю і зниженою якістю [128, 129].

У сучасній практиці для сушіння харчових продуктів все частіше використовують інфрачервоні сушарки, що мають кілька переваг. Серед них – скорочення тривалості процесу завдяки високій швидкості сушіння, економія енергії, більший контроль над температурним режимом, підвищена якість продукції, менший екологічний вплив на навколишнє середовище, а також можливість комбінування з іншими методами зневоднення. Поєднання інфрачервоного випромінювання з іншими методами сушіння є дуже перспективним напрямком, оскільки це не лише прискорює процес, а й зберігає якість виробів [130]. Метод інфрачервоного сушіння базується на використанні інфрачервоного випромінювання, яке є безпечним для людини і навколишнього середовища. Промені певної довжини хвилі поглинаються не тканинами плодів, а водою в них, що дозволяє видаляти вологу при низьких температурах (до 50°C). Це запобігає руйнуванню клітин і зберігає до 90% вітамінів та біологічно активних речовин. Також метод сприяє збереженню природного аромату та кольору продукту [131]. Вже є дослідження щодо впливу різних умов сушіння на якість полуниці. Час сушіння скорочувався зі збільшенням потужності інфрачервоного випромінювання, температури та швидкості повітря. Збільшення потужності з 100 Вт до 300 Вт, температури з 60 до 80°C і швидкості з 1,0 м/с¹ до 2,0 м/с¹ зменшило індекс якості кольору плодів. За загальним вмістом фенолу та антоціанів 300 Вт, 60°C та 1,0 м/с¹ переважали інші експериментальні умови. Процеси сушіння збільшили вміст N, P і K і зменшили вміст Mn, Ca, Mg, Zn, Fe,

і Cu. Оптимальними умовами для збереження поживних речовин при інфрачервоному сушінні полуниці були 200 Вт, 100°C і 1,5 м.с¹ [132].

В роботі [133] випробування ІЧ-сушіння проводилися при температурах 60, 70, 80 і 90°C, щоб оцінити швидкість сушіння, а також колір і текстуру готового продукту. Також є дослідження ягід мурти *Ugni molinae Turcz* з метою визначення характеристик сушіння та порівняння якості висушеного продукту в конвективних і комбінованих конвективно-інфрачервоних умовах за температур 40, 50 і 60°C та потужності 400–800 Вт [134]. Також є результати дослідження, де оптимальними умовами сушіння винограду та ягід годжі були ІЧ-нагрівання за температури 65°C, тривалість сушіння становить близько 720 хвилин для винограду та 450 хвилин для ягід годжі [135].

Експериментальне дослідження [136] сушіння ягід калини при різних температурах сушильного агента (55, 70 і 85°C) і швидкості циркуляції повітря (0,5 м/с) показало, що отримані зразки майже не відрізнялись у більшості фізичних властивостей, за винятком твердості шкірки та еластичності. Проте, істотна відмінність виявилась у часі сушіння ягід. При швидкості гарячого повітря 0,5 м/с тривалість сушіння плодів калини становила понад 44 години при температурі 55°C і приблизно 7 годин при 85°C.

Спектр наукових напрямів і методів дослідження вакуумного сушіння наразі дуже великий у всьому світі. Вакуумне сушіння здійснюється в умовах низького тиску. Ефект теплопередачі здійснюється конвекційним або радіаційним методом. Використання вакууму забезпечує щадний вплив на продукт, що висушується, завдяки низьким значенням температур сушіння. У 2010-х роках група вчених у складі Боркес, Каналес та Редон провели дослідження з сушіння малини за низького тиску протягом чотирьох годин. В результаті було отримано непошкоджений висушений продукт (7,8% вологості) з високими органолептичними показниками [137].

Ще одне дослідження було проведено в 2010 році китайськими вченими Шень Пінъян, Лю Чжюань, Хаун Кайчжун та Сяо Цюнь, які досліджували ефективність вакуумного сушіння [138]. В результаті вакуумного сушіння

отримані продукти демонструють кращу якість щодо збереження поживних речовин та ароматичних сполук порівняно зі звичайним сушінням. Сублімаційне сушіння засноване на видаленні води шляхом сублімації замороженого продукту [139]. Порошки, отримані після сублімаційного сушіння, зазвичай характеризуються низькою насипною щільністю, високою пористістю, а також гарним збереженням аромату і смаку [131]. Однак недоліком цього процесу є тривалий час сушіння і, як наслідок, високе споживання енергії [140]. Порівняння в промислових масштабах показало, що процес сублімаційного сушіння в 4–5 разів дорожчий порівняно з розпилювальним сушінням і приблизно в дев'ять разів дорожчий, ніж одноступеневе випаровування [141]. Слід зазначити, що високотехнологічні технології можуть значно знизити витрати на ці процеси.

Сублімаційне сушіння вимагає дуже низького тиску або високого вакууму для досягнення задовільної швидкості сушіння. Стадія заморожування є першим етапом розділення в процесі сублімаційного сушіння, і від неї значною мірою залежить продуктивність всього процесу сублімаційного сушіння. У промислових сублімаційних сушарках заморожування продукту зазвичай проводиться в тій же установці, де відбувається сушіння [142].

Розпилювальне сушіння – це одностадійна технологічна операція з мінімальним навантаженням, при якій рідкі продукти перетворюються безпосередньо на дрібнодисперсні порошки [143]. Цей процес широко застосовується у виробництві фруктових порошоків. Перевагами отриманих порошоків є висока якість і низька активність води [142]. Але, цей вид сушіння може мати і деякі негативні аспекти, а саме: липкість, гігроскопічність і розчинність, через присутність низькомолекулярних цукрів і кислот [143]. Тому вони можуть прилипати до стінок сушильної камери під час сушіння, що призводить до низького виходу продукту та проблем з експлуатацією. Щоб мінімізувати проблему липкості під час розпилювального сушіння додають різні сушильні агенти такі як, мальтодекстрини, камедь, модифіковані крохмалі перед розпиленням, щоб підвищити температуру сушіння [144]. Ці допоміжні засоби

для сушіння не тільки долають проблему липкості та зменшують гігроскопічність порошку, але й зберігають чутливі інгредієнти сировини, включаючи феноли, вітаміни та каротиноїди [145].

Зазвичай використовують як сушильне середовище в процесі розпилювального сушіння атмосферне повітря. Під час процесу розпилювального сушіння атмосферне повітря фільтрується через систему фільтрації, а потім попередньо підігрівається відповідно до робочих параметрів. Іноді також використовують азот або інші інертні гази, виходячи з особливостей продукту, що сушиться, та його нестабільності або чутливості до кисню [146]. Загалом, якість зневоднених продуктів здебільшого характеризується фізичними властивостями, такими як зовнішній вигляд, текстура, колір і пористість, а також збереженням поживних речовин, присутніх у необроблених фруктах [131, 147].

Загально відомо, що процеси сушіння провокують зміни в якості та кількості біологічно активних сполук та їх антиоксидантної здатності. Варто зазначити, що інформація про точні зміни хімічного складу фруктів, які піддаються процесам сушіння, все ще обмежена. Складність цього питання пов'язана з широким спектром методів сушіння, включаючи їх різні варіанти. Сучасна промисловість пропонує широкий спектр сушильного обладнання, яке дозволяє суттєво інтенсифікувати процес сушіння без втрати якості продукту, що висушується. Щоб зберегти функціональні властивості та якісні характеристики сушеної плодоовочевої продукції, максимально наближені до свіжих зразків, необхідно вибрати найвідповідніший спосіб зневоднення [148].

Одним з методів підготовки сировини перед сушінням, який допомагає покращити якість висушеного продукту, а також зберегти його сенсорні властивості та біологічну цінність, є осмотична дегідратація [149]. При осмотичній дегідратації рослинну сировину занурюють у гіпертонічний розчин, де вони поглинають екзогенну рідину. Цей процес дозволяє частково видалити воду з клітин, що полегшує подальше видалення вологи під час сушіння [150]. Осмотичне зневоднення являє собою багатокомпонентний процес дифузії [151], який включає в себе явища масообміну: відтік води з тканини харчового

продукту; перенесення розчиненої речовини з осмотичного розчину в продукт; вимиваються низькомолекулярні речовини, такі як вітаміни, органічні кислоти, сахариди або мінеральні солі. Під час такого складного процесу масообміну одночасно зменшується вміст води та збільшується вміст сухої речовини, що змінює хімічний склад зневодненої сировини [152]. Масообмін при осмотичній дегідратації значною мірою залежить від типу середовища дегідратації, температури та часу. Підвищення температури збільшує швидкість масообміну, але занадто висока температура може викликати несприятливі зміни в зневодненому матеріалі, пов'язані зі зниженням вмісту компонентів, чутливих до підвищення температури. При оптимізації умов процесу використовується принцип скорочення часу зневоднення при високих температурах. Найчастіше температура дегідратації помірна, як правило, в діапазоні 40–50 °C [122, 153]. Клітинні мембрани харчових тканин є напівпроникними за своєю природою і складаються з живих біологічних одиниць, які вільно пропускають молекули розчинника (води), але меншою мірою пропускають молекули розчиненої речовини [154]. Рушійною силою для видалення води є різниця осмотичного тиску між рослинною тканиною та розчином, що її оточує [155].

Осмотична дегідратація знайшла широке застосування в консервації харчових продуктів, оскільки знижує активність води фруктів і овочів. У звичайному процесі сушіння харчовий матеріал піддається фазовому переходу через поєднання високої температури і часу. Висока температура впливає на смак, колір і текстуру кінцевого продукту. Стадію осмотичної дегідратації можна проводити перед звичайним процесом сушіння, щоб підвищити швидкість масопереносу або скоротити тривалість сушіння. Цей метод допомагає зберегти загальні витрати на електроенергію порівняно з іншими процедурами сушіння [156]. Техніку осмотичного зневоднення здебільшого використовують для розроблення нових продуктів, оскільки вона впливає на харчові та сенсорні властивості свіжих фруктів, плодів і ягід, максимізує відношення цукру до кислоти і підвищує стабільність пігментів і текстури під час сушіння та зберігання [157]. На втрату води під час осмотичної дегідратації

здебільшого впливають типи осмотичних розчинів та їхня концентрація [156, 157, 158, 159]. Крім того, використання таких процесів, як імпульсне електричне поле, високий тиск, гамма-опромінення, вакуум, мікрохвильове випромінювання, відцентрова сила або ультразвук, у поєднанні з осмотичною дегідратацією, прискорює масоперенос і швидкість висушування завдяки проникності у клітинні мембрани [160]. Дослідженням процесу осмотичного зневоднення займалися багато закордонних науковців. Вивчаючи осмос автори зосередили увагу на дослідженнях швидкого та ефективного видалення бажаної кількості води з фруктів, плодів та ягід шляхом коригування таких параметрів як використання високої концентрації осмотичного розчину та вивчення температур попередньої обробки [160–180].

Таблиця 1.1 – Напрямки дослідження ефективності процесу осмотичної дегідратації

Осмотичні агенти	Вплив на сировину	Джерело
Сіль	Переважно використовується для овочів, оскільки затримує окислювальні та ферментативні потемніння. Збільшує рушійну силу сушіння.	[166, 167]
Хлорид кальцію	Підвищує пружність плодів і зберігає текстуру під час зберігання. Взаємодія з аскорбіновою кислотою та діоксидом сірки запобігає потемнінню плодів. Використання вище ніж 0,5% надає кращого смаку.	[160-165]
Фруктоза	Збільшує вміст сухої речовини на 50% порівняно з сахарозою, у зв'язку з більш високим рівнем проникнення. Активність води кінцевого продукту нижча.	[168, 169]
Лактоза	Має набагато нижчий рівень солодкості, ніж сахароза. Низька розчинність у водному розчині	[170, 171]
Кукурудзяний сироп	Втрати води і значення твердого посилення нижчі, ніж оброблені в розчині сахарози, через в'язку консистенцію і молекулярну масу.	[170]
Інвертний цукор	Ефективний і практично не робить великої різниці з сахарозою у швидкості осмотичного зневоднення плодів за однакової концентрації та температури. Не становить великої різниці з сахарозою у швидкості осмотичного зневоднення плодів при однаковій концентрації і температурі	[170]

Продовження таблиці 1.1

Осмотичні агенти	Вплив на сировину	Джерело
Мальтодекстрин	Може бути використаний в якості осмосу, але при більш високій концентрації або спільно з іншими агентами. Менш ефективний, ніж сахароза з тією ж концентрацією. Має більш високу молекулярну масу, він може бути абсорбований так само добре, як і глюкоза. Високе тверде посилення під час використання пояснюється високою характеристикою поглинання.	[172, 173]
Сорбіт	Має молекулярну масу меншу за сахарозу. Добре розчиняється у воді. Менш солодкий майже вдвічі, ніж глюкоза.	[170, 179]
Фрукто-олігосахарид	Осмотична поведінка відрізняється від сахарози. Це пов'язано з його вищою молекулярною масою порівняно з сахарозою, що призводить до зниження швидкості дифузії.	[169, 170, 174-178]
Кленовий сироп	Вакуумний розчин, що має рівень 30-40% кленового сиропу, призводить до кращого індексу відбілювання, текстурних атрибутів і зменшеної активності води у висушених плодах, ніж інші цукри	[170]
Кукурудзяний сироп	Втрати води і значення твердого посилення нижчі, ніж оброблені в розчині сахарози, через в'язку консистенцію і молекулярну масу.	[170]
Сахароза	Зменшує зміну кольору, запобігаючи доступу кисню, забезпечує стабільність пігментів і допомагає утримувати леткі сполуки під час сушіння осмотично обробленої сировини. Надає додаткових смакових якостей, покращує органолептичні показники і не змінює основний хімічний склад продукту. Активність води висока. Дозволяє тривало зберегти продукти. Має тенденцію кристалізуватися при сушінні. Є найкращим, найзручнішим та найефективнішим способом.	[168, 169, 170, 174]
Мед	Складається з фруктози, глюкози, мальтози, сахарози та інших вуглеводів. Порівняно з іншими розчинами цукру розчин меду має високу осмотичну витримку, що дає змогу швидко витягти воду. Він також забезпечує кращу пластифікуючу дію, тож оброблений рослинний матеріал має не крихку текстуру та покращує властивості регідrataції.	[174, 180]

У результаті наукових досліджень доведено, що одним із найбільш поширених осмотичних агентів є сахароза, однак можуть використовуватися інші цукри, а також хлорид натрію, сорбіт або інші речовини, які створюють високий осмотичний тиск і прийнятні для споживача [152, 159, 160]. Її також використовують як підсолоджувач. Останнім часом спостерігаються нові тенденції, такі як заміна цукрового розчину фруктовими сиропами та соками, збагаченими різними цінними інгредієнтами, з метою виробництва функціональних продуктів з високою доданою вартістю [181, 182]. Осмотичний агент може використовуватись в осмотичній дегідратації як самостійно, так і в комбінації [183]. Пойнтінг та ін. [184] були першими, хто розробив осмотичне зневоднення харчових продуктів. Віал [185], Хенг та ін. [186] вивчали кінетику осмотичного зневоднення папайї та ківі в розчинах сахарози та глюкози.

Тореджіані [187] досліджував якість осмотично обробленої вишні та проаналізував вміст цукру, колір, кислотність, вміст вітаміну С, рН та органолептичні показники. Перенесення маси під час осмотичного зневоднення ананаса вивчали Берістейн та ін. [188]. Прегеті та ін. [189] досліджували вплив методів сушіння на поживний склад зневоднених плодів амлі (*Embllica officinalis Garten*) під час зберігання. Плоди були висушені різними методами, а саме: сушіння на повітрі, пряме сонячне сушіння, непряме сонячне сушіння та сушіння в духовці. Було помічено, що метод сушіння на повітрі призвів до кращого збереження поживних речовин, таких як аскорбінова кислота та цукор.

Ель-Ауар та ін. [190] вивчали вплив двох різних осмотичних агентів (сахарози та кукурудзяного сиропу) на осмотичне зневоднення шматочків папайї (*Carica papaya L.*). Зневоднення в розчинах сахарози були вищими, ніж у розчинах кукурудзяного сиропу, що пояснюється їхньою вищою в'язкістю та вмістом полісахаридів. Наджафі та ін. [191] вивчали вплив процесу осмотичного зневоднення на масоперенос та якісні характеристики червоної пітаї (*Hylocereus polyrhizus*) з використанням розчину сахарози за температури (35°C). Розчин сахарози використовували у концентраціях 40, 50 та 60%. Було помічено, що збільшення концентрації сахарози та часу зневоднення призводить до м'якості

тканини зневодненого продукту та зміни кольору порівняно зі свіжою червоною пітаї.

Ібітвар та ін. [192] вивчали вплив різних осмотичних агентів (цукру та цукрового гліцерину) на збільшення сухих речовин та втрату води під час осмотичного зневоднення сливи. Сушіння проводили при 45, 55 та 65°C. Було виявлено, що осмотичне зневоднення з подальшим сушінням на повітрі призводить до скорочення періоду сушіння та зменшення загального часу конвективного зневоднення на 240 хв. і 120 хв. у цукровому та цукрово-гліцериновому розчині відповідно порівняно з конвективним сушінням на повітрі. Башир та ін. [193] досліджували вплив різних методів сушіння на загальний вміст цукрів та титровану кислотність томатів. Дослідження показало вищу титровану кислотність (0,75%) у томатах, висушених на повітрі, що свідчить про меншу втрату вітаміну С, порівняно з томатами, висушеними на сонці. Нішад та Мадхаї [194] провели дослідження характеристик осмотичного зневоднення редьки в різних концентраціях осмотичних розчинів, таких як сольові 3, 6, 9 % і цукрові 30, 40, 50 %. Встановлено, що у випадку вмісту вологи та сухої речовини цукровий розчин є більш ефективним, тоді як у випадку коефіцієнту регідратації кращі результати показав розчин солі. Було зроблено висновок, що використання комбінації цих осмотичних агентів збільшує ефект зневоднення. Оптимальною концентрацією осмотичних агентів при кімнатній температурі є 6 % відсотків для розчину солі.

Таким чином, можна виділити наступні переваги осмотичного зневоднення:

1. Це низькотемпературний процес видалення води, і, отже, відбувається мінімальна втрата кольору і смаку.
2. Смак зберігається краще, коли в якості осмотичного агента використовується цукор або цукровий сироп.
3. Ферментативне та окислювальне підрум'янення запобігається, оскільки шматочки фруктів оточені цукром, що дозволяє зберегти гарний колір з невеликим використанням діоксиду сірки або без нього.

4. Видалення кислоти і поглинання цукру шматочками фруктів дає більш солодкий продукт, ніж традиційно висушений. При цьому частково видаляється вода і, таким чином, зменшується навантаження на сушарку для видалення води.

5. Споживання енергії витрачається набагато менше, оскільки не відбувається фазових змін.

6. Збільшується щільність сухої речовини за рахунок поглинання твердої речовини і допомагає отримати продукт кращої якості при сублімаційному сушінні.

7. Текстурна якість продукту покращується після відновлення.

8. Термін зберігання продукту значно збільшується.

9. Для процесу потрібне просте обладнання.

Але попри всі вищеперераховані переваги, цей процес має також деякі недоліки [195]:

1. Зниження рівня кислотності зменшує характерний смак деяких продуктів, але цього можна уникнути додаванням фруктової кислоти в розчин.

2. Утворення цукрового нальоту на деяких продуктах є небажаним, тому після обробки може знадобитися швидке промивання у воді.

3. Осмотичне зневоднення з іншими комбінованими процесами, такими як вакуумне сушіння, сушіння на повітрі або бланшування, виявилось дорогим.

4. У продуктах, зневоднених осмотичним способом, активність води вища.

5. На цей процес необхідно додатковий час.

Аналізуючи переваги та недоліки осмотичної дегідратації різними розчинами можна зробити висновки, що він є найкращим в порівнянні з іншими методами так як в більшій мірі, зберігаються колір, аромат, поживні компоненти і цілісність харчового продукту, що є важливими показниками для переробленої плодово-ягідної сировини.

Аналіз літературних джерел свідчить, що в Україні дослідження осмотичної дегідратації з використанням осмотичних агентів проведено в обмеженому обсязі. Проте, цей метод демонструє значний потенціал для підготовки фруктів, плодів та ягід до подальшої переробки шляхом часткового

видалення вологи. Це не тільки сприяє зменшенню тривалості сушіння, але й суттєво покращує якість продукту, його органолептичні, споживчі та харчові характеристики. Застосування осмотичної дегідратації відкриває нові можливості для створення високоякісних продуктів із збереженням корисних властивостей.

1.3 Застосування рослинних порошків у виробництві харчових продуктів

Задоволення фізіологічної потреби в незамінних компонентах не може обмежуватися лише традиційними технологічними рішеннями. Важливим є пошук нових підходів, спрямованих на створення продуктів здорового харчування, попередньо оптимізованих за мікронутрієнтами. Для зниження енергетичної цінності та підвищення біологічної корисності харчових продуктів є доцільним використання рослинних порошків, які є джерелом харчових волокон, пектинових речовин та органічних кислот [196]. Подрібнення висушеної рослинної сировини дозволяє більш широко використовувати її у різних галузях виробництва.

Спектр застосування порошків із рослинної сировини залежить від ступеня їх дисперсності. Чим вища дисперсність, тим більше можливих напрямів застосування добавки на їх основі. Рослинні інгредієнти, такі як порошкові харчові добавки, наразі використовуються у виробництві харчових продуктів переважно як ароматизатори та барвники [197]. При аналізі наукової літератури є роботи по розробленню та дослідженню добавок, отриманих із побічних продуктів фруктів та овочів, до різних харчових продуктів, таких як кондитерські та хлібобулочні вироби, безалкогольні напої, м'ясні та молочні продукти, заморожені молочні продукти, макарони та супи.

Розроблена технологія порошків, багатих антиоксидантами та пігментами, з двох дикорослих ягід – чилійської виноградної ягоди (*Aristotelia chilensis*) та ожини середземноморської (*Rubus ulmifolius*) [198]. Досліджено використання порошку із акачули (*Ardisia compressa Kunt*) у фруктових снеках. Акачула надає

харчовим продуктам смак, колір і сприяє підвищенню їх антиоксидантних властивостей [199]. Додавання фруктових порошків із ягід ірги (*Amelanchier alnifolia*) до житнього хліба суттєво підвищує вміст поліфенолів та антиоксидантну активність у порівнянні з контрольними зразками. Це покращує не лише харчову цінність продукту, але й його здатність протистояти окисленню та мікробіологічним процесам [200]. Запропонована технологія збагачення житнього хліба 3% порошком із ірги також подовжує термін його зберігання, зменшуючи ризик утворення плісняви. Такий ефект досягається завдяки природним антимікробним властивостям компонентів ірги, які захищають хліб від пліснявіння [201].

У дослідженні [202] порошки андської чорниці були отримані методом розпилювального сушіння. Порошки мали низький вміст вологи ($<5,5\%$) і водну активність ($<0,40$), а також високу розчинність у воді ($>94\%$) і гарну сипучість. В роботі [203] розроблена технологія порошку з чорноплідної горобини, що є важливою функціональною харчовою добавкою методом розпилювального сушіння соку з мальтодекстриновим носієм. Існують дослідження, що підтверджують доцільність використання 25% порошку топінамбура, який має високі споживчі властивості, підвищений вміст білка, пектинових речовин, Са, Р та інших функціональних компонентів у виробництві хліба пшеничного [204]. Доведено, що хліб, збагачений різними порошковими добавками, позитивно впливає на здоров'я і сприяє профілактиці неінфекційних захворювань, пов'язаних зі способом життя [201, 205, 206].

У молочній промисловості було проведено дослідження, в якому гранатовий порошок додавали перед операцією ферментації для отримання йогурту. Дослідження показало, що порошок підвищує рН під час гелеутворення і скорочує час ферментації, при цьому йогурт має більш тверду і однорідну текстуру під час зберігання. Ці ефекти пояснюються желуючим ефектом пектинів, нерозчинних волокон, що виділяються в молоці [207]. Інші автори [208] використовували порошок з виноградних вичавок для підвищення харчової цінності та подовження терміну зберігання йогурту і заправки для салату.

Результати показали, що додавання порошку призвело до зниження вмісту перексиду на 35–65% у всіх зразках, а вміст харчових волокон у продуктах становив 0,94–3,6% (за масою).

У м'ясній промисловості отриманий яблучний порошок додавали до суміші м'яса буйвола, для приготування гамбургерів [209] та курячих ковбас [210]. Під час варіння спостерігалось зниження водоутримуючої здатності. Запропоновано використання бузинових порошоків для приготування гарячого напою «Бузина» («FITNE», Германія). Цей напій позиціонуються на фармацевтичному ринку, як полівітамінний засіб при дефіциті вітаміну С, для профілактики та супровіду вірусних та інфекційних захворювань, перевтомі, підвищених фізичних навантажень. На українському ринку практично відсутні харчові продукти, виготовлені з плодів дикорослих рослин. Розроблена технологія отримання кріопорошків із дикорослих ягід під керівництвом Павлюк Р. Ю. є значущим кроком у харчовій промисловості України. Ця технологія дозволяє зберігати та навіть підвищувати біологічну цінність ягід, роблячи продукти на їх основі особливо корисними для здоров'я. Заморожена сировина сушиться у вакуумних установках і подрібнюється до пилоподібного стану за допомогою спеціальних машин. На основі цієї технології створюються кріодобавки з кропиви, календули, яблук, смородини, горобини чорноплідної, цитрусових і тропічних фруктів [3].

Розроблено спосіб приготування порошкоподібного продукту на основі горобини та шипшини. Спосіб передбачає висушування в полі НВЧ з вакуумуванням за температури 40⁰С протягом 4–6 год. до залишкової вологості продукту 14–16%, висушений продукт розмелюється у порошок [211]. Голікова Т. П. [212] розробила та дослідила технологію макаронних виробів з порошками чорниці та горобини. Завдяки додаванню 6 % порошку горобини до макаронних виробів, при споживанні 100 г цих виробів добова потреба в β-каротині задовольняється на 11 %, а у вітаміні С – на 5 %. Це дозволяє класифікувати такі макаронні вироби як функціональні продукти харчування. Також розроблена

технологія бісквітних напівфабрикатів, яка передбачає використання порошків із калини, горобини та обліпихи [213].

Не дивлячись на досить велике різноманіття порошкових харчових добавок, зараз в Україні відсутнє жодне промислове виробництво продуктів на основі порошків, виготовлених із плодів з дикорослих рослин.

Висновки до розділу 1

1. Рослинна сировина за своєю біологічною цінністю є багатим джерелом біологічно активних компонентів. Проте, при її переробці утворюється велика кількість побічних продуктів, які практично не використовуються та накопичуються у вигляді твердих відходів.

2. Серед рослинної сировини до кінця не розглянуто питання доцільності використання та раціонального способу переробки плодів дикорослих рослин. Зокрема, перспективними для наукових досліджень є бузина, калина, обліпиха та горобина червоноплідна.

3. З метою подовження терміну придатності та збереження біологічної цінності рослинної сировини необхідно застосовувати раціональні способи її переробки. Сушіння – один із найбільш раціональних способів зневоднення рослинної сировини, але цей процес є енерговитратним і потребує удосконалення.

4. Застосування осмотичної дегідратації перед процесом сушіння дозволяє знизити енергозатрати та отримати похідні продукти із збільш високою біологічною цінністю, які можна переробляти на харчові функціональні добавки.

5. Порошки є універсальною формою функціональних добавок для виробництва різноманітних харчових продуктів.

6. З огляду на вище зазначене, виникає необхідність розробки раціональної технології виробництва харчових добавок на основі плодів дикорослих рослин та дослідження їх функціональних властивостей.

РОЗДІЛ 2 ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Об'єкт, предмет та матеріали дослідження

Об'єктом досліджень дисертаційної роботи є технологія виробництва та застосування порошкових харчових добавок на основі плодів дикорослих рослин (ПДР).

Предметом дослідження є: плоди обліпихи *Hippophae rhamnoides* L., плоди бузини чорної *Sambucus nigra*, плоди калини *Viburnum opulus*, плоди горобини звичайної *Sorbus aucuparia*; порошкові харчові добавки (ПХД) із плодів обліпихи (ОПХД), калини (КПХД), бузини (БПХД), горобини (ГПХД); харчові продукти, виготовленні на основі ПХД із плодів дикорослих рослин.

Методи дослідження – загальноприйняті фізичні, хімічні, мікробіологічні методи, математичне моделювання та оптимізація, планування експерименту та обробки експериментальних даних.

Для обробки експериментальних даних та розрахунків застосовувалися сучасні інтегровані системи та програмні засоби:

- Statistica 10 для виконання складних математичних розрахунків та аналізу даних;
- Microsoft Office Excel для обробки великого обсягу даних, побудови графіків та статистичного аналізу;
- Microsoft Visio для створення наочних схем, створення векторної графіки та візуалізації результатів досліджень.

Ці інструменти забезпечили високу точність та наочність експериментальних даних, що сприяло отриманню достовірних і коректних результатів. Вся сировина (табл. 2.1), використана у дослідженнях, відповідала чинній нормативній документації в Україні та схвалена до використання Міністерством охорони здоров'я України для забезпечення належного рівня якості та безпечності продуктів та матеріалів.

Таблиця 2.1 – Сировина та матеріали

Найменування	Нормативний документ	Виробник
Цукор білий	ДСТУ 4623:2023	«Diamant», Україна
Сіль кухонна	ДСТУ 3583:2015	ТОВ «Український продукт», Україна
Олія соняшникова	ДСТУ 4492:2005	ВАТ «Одеський олійно-жировий комбінат», Україна
Дріжджі хлібопекарські пресовані	ДСТУ 4812:2007	«Ензим», Львів
Борошно пшеничне	ГСТУ 46.004-99	«Київ млин», Україна
Борошно житнє	ДСТУ 8791:2018	«Хуторок», Україна
Борошно з твердих сортів пшениці	ТУ У 82.9-4560700-002:2014	La Pasta Per Primi, Україна
Плоди горобини звичайної свіжі	РСТ УССР 1764-89	зібрані власноруч
Плоди калини звичайної свіжі	ДСТУ 8474:2015	зібрані власноруч
Плоди обліпихи свіжі	РСТ УССР 1984-88	зібрані власноруч
Плоди бузини свіжі	ДСТУ 2789-94	зібрані власноруч
Закваска «Vivo»	ТУ У 1 5.5-3060300036-001:2009	Технологічний інститут молока та м'яса (Державне дослідне підприємство бактеріальних заквасок), Україна
Вода	ТУ У 15.9-32367564-001:2011	ТОВ «Завод «Іволжанські води», Україна
Яйця курячі	ДСТУ 5028:2008	ТОВ «Авіс-Україна»
Маргарин	ДСТУ 4465:2005	ТОВ «Щедро» (Запорізький ОЖК)
Молоко коров'яче незбиране	ДСТУ 3662:2018	від корів державного підприємства «Дослідне господарство Інституту сільського господарства Північного Сходу Національної академії аграрних наук України» (Сумська область, с.Сад, Україна)
Суміш для виготовлення м'якого морозива «Молочна преміум»	ДСТУ 8686.1.2016	ТОВ «АЙС-КРІМ Сервіс» (Україна, м. Львів)

У роботі для проведення досліджень використовували наступний посуд та реактиви: чашки Петрі, скляні палички, мірні колби об'ємом 100 та 250 см³, воронки Бюхнера, насос Комовського, тиглі фарфорові, пробірки різного об'єму, піпетки, колба Ерленмейера об'ємом 250 см³, промивалки, колба Бунзена, фільтри, металеві бюкси з кришками; кислоти: сірчана кислота концентрована, соляна, хлоридна, фосфорна; оцтова кислота 2%, аміловий спирт 1,25%, гідроксид натрію 33%, 200 та 10 г/дм³, фенолфталеїн 1%, ефіри: діетиловий, петролейний; буферний розчин, спиртово-ефірна суміш, дистильована вода, карбонат натрію, оцтово-кислий свинець, метилоранж, поживні середовища: соєво-казеїновий агар, сабурodeкстрозний агар, тоацетамідний реагент, метанол, 2,2-дифеніл-1-пікрилгідрозил, алюміній хлорид, 1 М розчин калій-ацетату, ацетонітрил, дигідрофосфат калію.

Сировиною для виробництва ПХД є плоди дикорослих рослин: калини (*Viburnum opulus*), бузини чорної (*Sambucus nigra*), обліпихи (*Hippophae rhamnoides* L.), горобини звичайної (*Sorbus aucuparia*), які було зібрано на території Сумської області восени 2021, 2022 та 2023 року.

Плоди дикорослих рослин за зовнішнім виглядом повинні відповідати показникам представленим в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Вимоги до ПДР

Найменування	Характеристика	НД
 Плоди <i>Hippophae rhamnoides</i> L.	Жовті та жовто-гарячі плоди одного терміну дозрівання, від кулястої до подовжено-еліпсоподібної форми, свіжі, чисті, цілком розвинені, знімної зрілості, без стороннього запаху та смаку, з плодоніжкою або без неї	Згідно чинної НД
 Плоди <i>Viburnum opulus</i>	Червоні та червоно-бурі плоди завдовжки від 6,5 до 14 мм та завширшки 4,5–12 мм, які містять плоску тверду кісточку	ДСТУ 8474:2015 [214]

Закінчення таблиці 2.2

Найменування	Характеристика	НД
 Плоди <i>Sorbus aucuparia</i>	Свіжі помаранчево-червоні плоди без ознак в'янення, чисті, сухі, без цвілі	Згідно чинної НД
 Плоди <i>Sambucus nigra</i>	Чорно-фіолетові округло-подовжені ягодоподібні плоди яйцевидної або довгастої форми довжиною близько 4 мм, шириною - 2 мм.	Згідно чинної НД

Плоди спочатку мили для видалення бруду, пилу та інших забруднень з поверхні. Промиті плоди просушували у конвективних сушарках при температурі $20 \pm 2^\circ\text{C}$ для видалення поверхневої вологи. Після просушування плоди фасували у поліетиленові дріп-пакети по 100 г та заморожували у побутовій морозильній камері при температурі $-18 \pm 2^\circ\text{C}$. Метою заморожування було – запобігання мікробіологічного псування плодів, накопичення потрібної кількості сировини та покращення органолептичних властивостей за рахунок зменшення гіркоти. Перед експериментом потрібну кількість плодів дефростували за температури $20 \pm 2^\circ\text{C}$ в конвективних сушарках. Відокремлений в процесі дефростації клітинний сік відокремлювали, фіксуючи його кількість. Дефростовані ПДР змішували у співвідношенні 1:1 з 70%-м розчином сахарози, нагрітим до $65 \pm 2^\circ\text{C}$. Осмотичну дегідратацію проводили при постійній температурі $50 \pm 5^\circ\text{C}$ протягом 1 години в лабораторній установці із магнітною мішалкою, розробленій д.т.н., професором Самілик М. М. [215]. Після чого направляли їх на висушування в інфрачервоній лабораторній сушарці при 50°C . Тривалість процесу сушіння становила 2 год. Висушені плоди подрібнювали. За допомогою дробарки-млина Vektor HR-3000 до розміру частинок, що забезпечує повний прохід через набір плетених латунних сит з розмірами осередків 0,16,

0,25 та 0,35 мм. ПХД різного ступеня подрібнення аналізували та використовували для виробництва лабораторних та практичних зразків збагачених харчових продуктів.

Схема проведення теоретичних та експериментальних досліджень представлена на рис. 2.1.

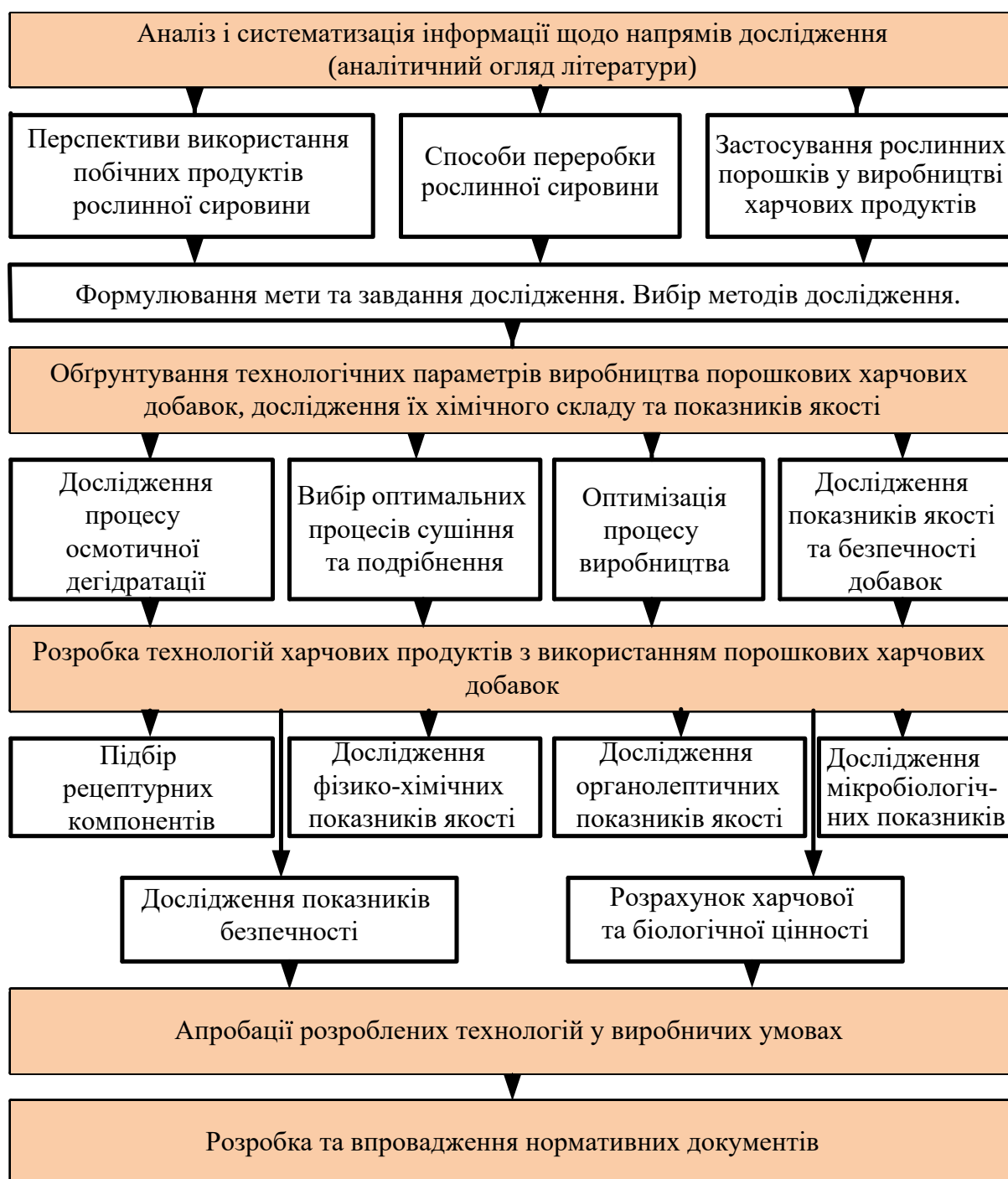


Рис. 2.1 – Схема проведення теоретичних та експериментальних досліджень

Експериментальна частина роботи проведена в лабораторіях Сумського національного аграрного університету.

2.2 Методи дослідження порошкових харчових добавок із плодів дикорослих рослин

Органолептичну оцінку ПХД із плодів дикорослих рослин проводили за наступними дескрипторами: кольором, запахом, смаком та зовнішнім виглядом. Вміст клітковини в ПХД визначали за методом Вінда відповідно до ДСТУ ISO 5498:2004 (ISO 5498:1981, IDT) [216]. Масову частку вологи визначали згідно ДСТУ 8004:2015 [217]. Масову частку загального цукру визначали перманганатним методом [218]. Титровану кислотність визначали згідно ДСТУ 4957 [219]. Визначення загальної кількості мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів (МАФАМ) проводили методом посіву на поживних середовищах. Безпечність ПХД із плодів дикорослих ягід, контролювали за вмістом токсичних елементів та радіонуклідів методом озолення [220]. Для ідентифікації амінокислотного спектра використовували метод іонообмінної колонкової хроматографії за допомогою амінокислотного аналізатора «BIOTRONIK» з Німеччини. Масовий вміст мікроелементів у досліджуваних зразках визначали методом рентгенівського мікроскопіювання за допомогою детектора SEM та EDS на основі мікроскопа SEO-SEM Inspect S50-B.

Для вивільнення *вітаміну E* використовували хроматограф Agilent Technologies 1200 з UV-Vis детектором, налаштованим на детекцію при $\lambda=290$ нм, та колонку C18 (Zorbax SB-C18 4,6×150 мм, 5 мкм). Мобільна фаза складалась з метанолу і ультрачистої води для HPLC у співвідношенні 95:5. Для вивільнення *вітаміну C* застосовували хроматограф Agilent Technologies 1200 з UV-Vis детектором, налаштованим на довжини хвиль $\lambda=240$ і 300 нм, та колонку C18 (Zorbax SB-C18 4,6×150 мм, 5 мкм). Мобільна фаза складалась з метанолу та 0,02М розчину KH_2PO_4 у співвідношенні 20:80. Визначення β -каротину проводили на хроматографі ВЕРХ з UV-Vis детектором, колонка C18. Мобільна

фаза складалась з метанолу та ацетонітрилу у співвідношенні 70:30 при швидкості елюювання 1 мл/хв, довжина хвилі 450 нм. Вітамін В₆ (піридоксин) визначали за допомогою хроматографа ВЕРХ з флуоресцентним детектором, колонка С18. Мобільна фаза складалась з метанолу та води у співвідношенні 75:25 при швидкості елюювання 1 мл/хв. Кількість β-каротину та В₆ розраховували за допомогою калібрувального графіка. Для визначення антоціанів використовували метод ВЕРХ з діодним масивом детектора (DAD) при довжині хвилі 520 нм. Рухомі фази складались з води з 5% формієвою кислотою (фаза А) та метанол або ацетонітрил з 5% формієвою кислотою (фаза В), колонка С18 зворотньо-фазова, розмір часток 5 мкм, довжина 150 мм, діаметр 4.6 мм. Для визначення флавоноїдів у ПХД використовували спектрофотометричний метод. Для визначення антиоксидантної активності використовували DPPH (2,2-дифеніл-1-пікрилгідразил) тест. Він базується на вимірюванні здатності антиоксидантів нейтралізувати вільні радикали DPPH.

Антиоксидантну активність обчислювали за формулою:

$$\% \text{ інгібування} = \frac{(A_{\text{контроль}} - A_{\text{зразок}})}{A_{\text{контроль}}} \times 100 \quad (2.1)$$

де $A_{\text{контроль}}$ — оптична густина контрольного розчину (DPPH без екстракту),

$A_{\text{зразок}}$ — оптична густина зразка.

Енергетичну цінність продукту розраховували, виходячи зі суми калорій, які виділяються з 1 г нутрієнтів. Сумарну енергетичну цінність продукту розраховували, як суму калорій, які отримуються з білків, жирів і вуглеводів. Розрахунковим методом визначено забезпечення потреб організму нутрієнтами під час при вживання 100 г порошків з дикорослих ягід.

Для дослідження взаємозалежностей технологічних параметрів та визначення оптимальних умов технологічних процесів було застосовано метод математичного моделювання, зокрема методологію поверхні відгуку. Моделювання та обробка експериментальних даних проводились за допомогою програмного пакета Statistica 10. Адекватність моделей перевіряли через дисперсійний аналіз (ANOVA). Для визнання моделі адекватною рівень значущості втрати узгодженості повинен бути не більше $p \leq 0,05$, коефіцієнти

детермінації (R^2 та R^2_{adj}) мають бути максимально наближеними до 1, що свідчить про високу пояснювальну здатність моделі. Критерій Фішера ($F_{розр.}$) повинен бути вищим за табличний ($F_{таб.}$), що підтверджує статистичну значущість моделі.

2.3 Методи дослідження харчових продуктів, виготовлених на основі порошкових харчових добавок із плодів дикорослих рослин

Визначення таких показників хліба та хлібобулочних виробів, як вологість, кислотність, пористість та масова частка хлористого натрію, проводили згідно з ДСТУ 7045 [221]. Визначення кількості клейковини визначали шляхом виділення її з тіста промиванням водою і подальшим зважуванням. Якість клейковини оцінювали за її розтяжністю, пружністю та еластичністю. Дослідженням формоутримуючої здатності тіста визначали методом розпливання тістової кульки вагою 100 г протягом 3 годин ферментації при температурі 30 °C. Для оцінки пружно-еластичних властивостей тіста проводили вимірюванням його питомого об'єму. Для об'єктивної оцінки органолептичних показників хліба з додаванням ГПХД та булочок з ОПХД використовували метод профільного аналізу. Для об'єктивності аналізу використовували базовий зразок для порівняння, який слугує гіпотетичним "ідеальним" зразком, що максимально відповідає вимогам споживачів цільової групи. Профілі створювали згідно з ДСТУ ISO 6564:2005 [222]. Дегустацію проводила комісія з 9 осіб, яка після аналізу даних складала профіль флейвору зразків хліба та контрольного зразка. Для визначення терміну придатності хліба пшеничного зразки зберігали при кімнатній температурі, без доступу світла, у поліетиленових пакетах протягом 15 діб, булочок – 5 діб.

Кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів (МАФАМ) визначали згідно з ДСТУ ISO 4833 [223], а наявність бактерій групи кишкової палички (БГКП) – згідно з ДСТУ ISO 4832 [224]. Наявність *Salmonella* та *L. monocytogenes* визначали згідно з ДСТУ EN 12824 [225], ДСТУ ISO 11290-1 [226]. Дріжджі та плісневі гриби контролювали згідно

з ДСТУ ISO 7954 [227]. Випробування за вмістом токсичних елементів досліджували згідно з ДСТУ 7670:2014 [220], пестицидів (гептахлор, алдрин) – ДСТУ EN 12393-1:2003 [228]; ДСТУ EN 12393-2:2003 [229]; ДСТУ EN 12393-3:2003 [230]; мікотоксинів – МУ 2273 [231].

Йогурт із БПХД розробляли відповідно до ДСТУ 3946–2000 «СРПП. Продукція харчова. Основні положення» [232]. Відбір проб йогурту та їх підготовку до аналізів проводили згідно з ДСТУ 4343:2004 [233]. Підготовку проб молока та їх розведення здійснювали за ДСТУ IDF 122C:2003 [234]. Визначення органолептичних показників готових зразків йогурту здійснювалися за оцінкою зовнішнього вигляду, смаку, аромату, консистенції та кольору за розробленою нами десятибальною шкалою. Дегустацію проводила комісія з 10 осіб. Титруєму кислотність готового продукту визначали відповідно до ДСТУ ISO 11869 [235], а активну кислотність – за допомогою рН-метра. Масову частку жиру визначали згідно з ДСТУ ISO 1211 [236], а масову частку білка – формольним методом. Наявність фосфатази (для оцінки ефективності пастеризації) встановлювали за ДСТУ 7380 [237]. Умовну в'язкість продукту вимірювали за допомогою віскозиметра Освальда, визначаючи час безперервного витікання продукту в секундах. Ступінь синерезису визначали за кількістю виділеної сироватки (мл) після 10 хвилин центрифугування. Вологоутримуючу здатність визначали гравіметричним методом. Зразок йогурту зважували до і після випаровування води. Різниця у вазі до і після випаровування показує кількість утримуваної вологи. Визначення кількості характерних мікроорганізмів у йогурті проводили за методом підрахунку колоній при температурі 37°C відповідно до ДСТУ IDF 9232 [238].

Відбір проб м'якого морозива із КПХД та підготовка їх до дослідження проводили згідно з ДСТУ ISO 707, ДСТУ ISO 5538, ДСТУ ISO 8197 [239, 240, 241]. Зовнішній вигляд та колір, консистенцію перевіряли візуально згідно ДСТУ 8686.1:2016 [242]. Органолептично визначали консистенцію, структуру і смак. Для визначення титрованої кислотності морозива з урахуванням впливу природних пігментів та барвників, які містяться в КПХД використовували

методику встановлення моменту зміни забарвлення. Для визначення масової частки жиру в м'якому морозиві з наповнювачем застосовується метод кислотного гідролізу з подальшою екстракцією жиру. Масову частку сухих речовин визначали згідно з ДСТУ ISO 3728:2005 [243]. Масову частку загального цукру в морозиві з частковою заміною порошком калини визначали згідно методу Бертрана. Масову частку сахарози визначали згідно йодометричного методу. Визначення збитості м'якого морозива проводиться для оцінки об'єму повітря, який було введено в продукт під час його приготування. Збитість морозива визначають шляхом порівняння маси морозива з масою суміші. Масову частку наповнювачів визначали по фактичній закладці згідно з рецептурою розрахунковим шляхом. Формостійкість морозива перевіряли шляхом вимірювання його здатності зберігати форму при певних умовах, таких як температура і час ($t - 25^{\circ}\text{C}$). Мікробіологічні дослідження проводили згідно з ДСТУ IDF 122C [234], ДСТУ 7357 [244] та ДСТУ 8447 [245].

Органолептичні показники зразків макаронних виробів визначали згідно ДСТУ 7043:2020 [246]. Аналіз ґрунтується на визначенні якості експериментальних зразків макаронних виробів описовим та сенсорно-профільним методом експертною групою із 9 осіб. При проведенні сенсорного аналізу комісією експертів було охарактеризовано зовнішній вигляд, колір, смак та запах, форму макаронних виробів, а також їх сенсорні характеристики після приготування (варіння).

Визначення основних фізико-хімічних показників досліджуваних зразків макаронних виробів проводили згідно ДСТУ 7348:2013 [247]. Готування проб для визначення мікробіологічних показників здійснюють згідно з ДСТУ 8051:2015, ДСТУ ISO 6887-1 [248, 249]. Мікробіологічні дослідження проводили згідно з ДСТУ 8446 [250], ДСТУ ISO 4833 [223], ДСТУ ISO 4831 [251], ДСТУ ISO 4832 [224], ДСТУ EN 12824:2004, ДСТУ ISO 11290-1 [226].

2.4 Впровадження отриманих технологій

Розробка нормативної та технологічної документації для виробництва продуктів проводилася згідно з ДСТУ 3946:2018 [232], ДСТУ 1.1:2015 [252] та чинних нормативних документів. Впровадження технології та асортименту продукції здійснювалося на підприємствах галузі відповідно до вимог чинних нормативних документів.

2.5 Статистична обробка результатів досліджень

Математично-статистична обробка одержаних результатів здійснена на ЕОМ з використанням програмного забезпечення Excel з пакету Microsoft Office 2016. Застосовано метод кореляційно-регресивного аналізу, загальноприйнятим методом із визначенням середньоарифметичного та середньоквадратичного відхилення. Визначена величина достовірності відхилення (p) не перевищує 0,05, що свідчить про значення показника точності (P) результатів більше 0,95.

Висновки до розділу 2

Для досягнення мети та завдань роботи був розроблений план проведення теоретичних та експериментальних досліджень, який спрямований на розробку та наукове обґрунтування технології виробництва ПХД із ПДР.

Визначено предмет та матеріали дослідження. Для визначення органолептичних, фізико-хімічних, мікробіологічних показників та показників безпечності було проведено підбір методів дослідження. Було розроблено план експерименту та математичну обробку експериментальних даних з використанням комп'ютерних програм, які забезпечують високий рівень вірогідності результатів дослідження.

РОЗДІЛ 3 ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ТА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ПОРОШКОВИХ ХАРЧОВИХ ДОБАВОК ІЗ ПЛОДІВ ДИКОРΟΣЛИХ РОСЛИН

3.1 Технологія виробництва порошкових харчових добавок із плодів дикорослих рослин

В основі більшості технологій отримання рослинних порошків лежить процес зневоднення. Особливістю запропонованої технології виготовлення ПХД із плодів дикорослих рослин є проведення багатоступеневого зневоднення. Технологічна схема виготовлення ПХД із плодів дикорослих рослин представлена на рис. 3.1.

Згідно запропонованої технології кондиційні плоди дикорослих рослин, очищуються чистою проточною водою температурою 10–15°C у машинах для делікатного миття ягід. Некондиційні плоди направляються на утилізацію, а чисті плоди потрібної якості – на заморожування (-18 ± 2)°C. Метою заморожування є не лише зберігання сировини, а й зменшення гіркоти та терпкості плодів [72, 253]. При дефростації тканина втрачає тургор, пружність, клітини втрачають здатність до скорочення або збільшення опору під впливом гіпертонічних або гіпотонічних розчинів. Має місце пошкодження тканин кристалами льоду. Як наслідок – частина клітинного соку виділяється із плодів. Вільна вода, яка знаходиться між клітинами, розчиняє органічні сполуки і мінеральні речовини, які містяться в плодах. Тому, виділений із дефростованих плодів сік доцільно змішувати із відпрацьованим розчином, утвореним при осмотичній дегідратації плодів. Для зменшення втрат біологічно активних компонентів в процесі дефростації доцільно використовувати мікрохвильовий дефростер [254], який забезпечує швидке і маловідходне розморожування. Рекомендована температура дефростації 4 ± 2 °C. Після дефростації плоди направляються на осмотичну дегідратацію в дегідратор. Осмотичну дегідратацію рекомендовано проводити в апараті із магнітною мішалкою [255].

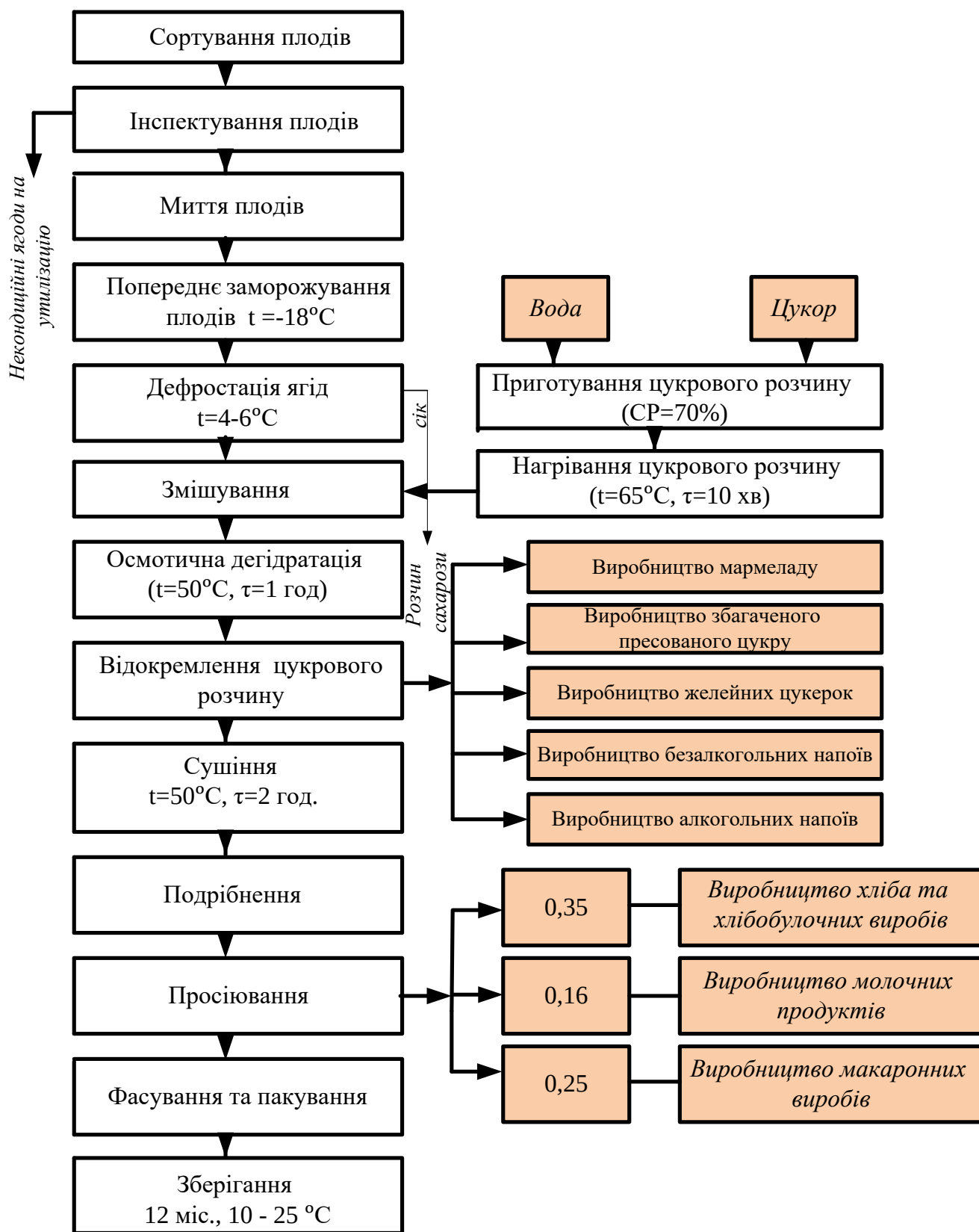


Рис. 3.1 – Технологічна схема виробництва та застосування ПХД із плодів дикорослих рослин

В якості осмотичного агенту слід застосовувати 70%-й розчин сахарози

температурою $50 \pm 5^\circ\text{C}$, гідромодуль – 1. Рациональна тривалість зневоднення плодів 1 година [256].

Процес осмотичного зневоднення ґрунтується на підвищенні осмотичного тиску в клітинах за рахунок збільшення концентрації сухих речовин. Осмотичне зневоднення виконує дві функції одночасно. По-перше, скорочується тривалість сушіння, оскільки із плодів видаляється 10–15% вологи. По-друге, обробка розчином цукру попереджає процес ферментативного окислення, завдяки чому зберігаються органічні властивості похідних продуктів. Частково зневоднені плоди відокремлюються від відпрацьованого осмотичного розчину і направляються на висушування. В разі застосування інфрачервоних сушарок тривалість процесу становить 110–120 хв. при температурі $(50 \pm 5)^\circ\text{C}$. Для встановлення раціональної тривалості процесу зневоднення розраховано матеріальний баланс на кожному етапі. Результати представлено на рис. 3.2.

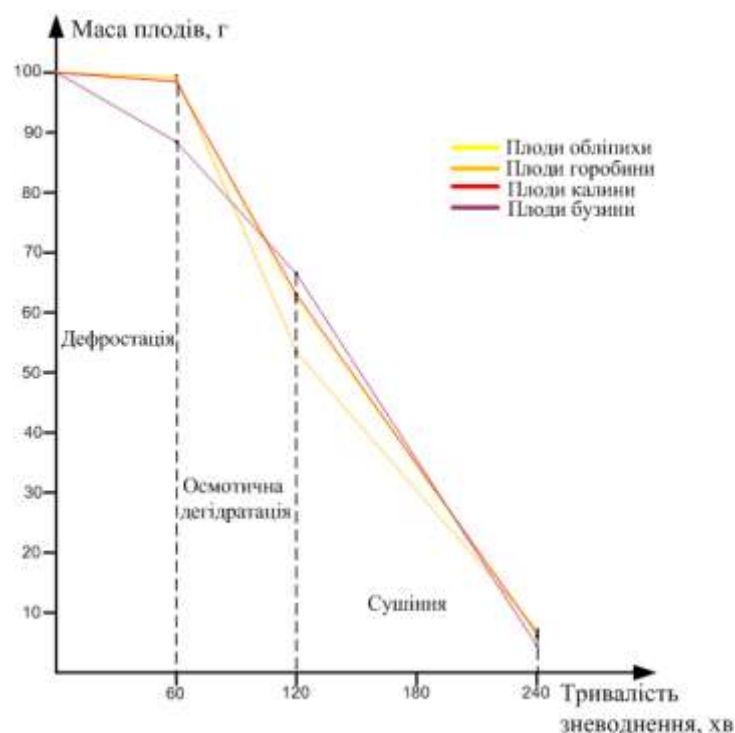


Рис. 3.2 – Втрати маси плодів на кожному етапі зневоднення

Для сушіння можна використовувати, також, сушарки інших конструкцій (конвективні, вакуумні, сублимаційні). При запропонованій температурі сушіння

($50 \pm 5^\circ\text{C}$) зберігається біологічна цінність похідних продуктів. Висушені плоди подрібнюються у молоткових дробарках і сортуються на фракції за різним ступенем подрібнення. Для просіювання рекомендується використовувати сита з діаметром отворів 0,35, 0,25 та 0,16 мм. Готові ПХД фасуються, маркуються та пакуються згідно чинного законодавства (додаток А). Зберігати ПХД слід при температурі $10\text{--}25^\circ\text{C}$ та відносній вологості повітря 60–65% не більше 12 місяців.

Важливою особливістю запропонованої технології є те, що осмотичний розчин рекомендується не утилізувати чи повторно використовувати для зневоднення плодів, а застосовувати в якості смако-ароматичної добавки при виробництві різноманітних харчових продуктів, зокрема збагаченого цукру.

Перевагами запропонованої схеми є:

- зменшення енерговитрат на процес зневоднення;
- зберігання сировини протягом тривалого періоду, не залежно від сезону;
- технологія є маловідходною і передбачає комплексну переробку всіх похідних продуктів;
- за рахунок застосування невисоких температур термічної обробки зберігається біологічна цінність продуктів переробки;
- отримані порошки можуть стати натуральними смако-ароматичними добавками для виробництва багатьох харчових продуктів [257, 258];
- зменшується вплив на довкілля.

3.2 Результати дослідження показників якості порошкових харчових добавок із плодів дикорослих рослин

3.2.1 Органолептичні показники

Органолептичні показники харчових добавок є вирішальними у формуванні споживчого інтересу до них. Для потенційних виробників продуктів із використанням харчових добавок важливим є колір, смак та аромат. Зовнішній вигляд ПХД був властивий сировині, із якої вони були виготовлені (рис. 3.3).

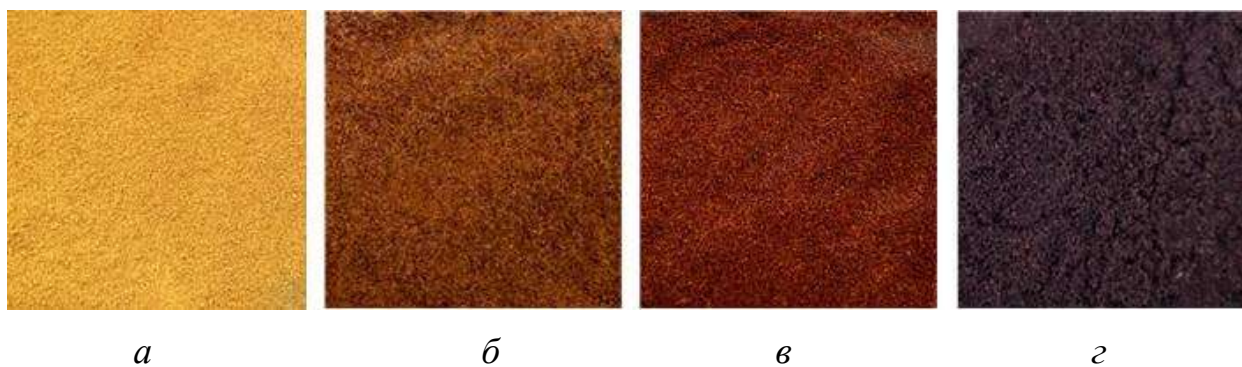


Рис. 3.3 – ПХД із плодів дикорослих рослин: *а* – обліпихи; *б* – горобини;
в – калини; *г* – бузини

Результати органолептичної оцінки ПХД із плодів дикорослих рослин представлено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Органолептичні показники ПХД

Найменування	Характерні особливості
1	2
ОПХД	
Зовнішній вигляд	Однорідний, сипкий, дрібнодисперсний порошок, без грудочок та домішок
Колір	Від світло-жовтого до гірчичного, забарвлення натуральне, достатньо виражене, відповідає кольоровим характеристикам сушених плодів обліпихи
Смак	Кисло-солодкий смак
Запах	Легкий обліпиховий аромат
ГПХД	
Зовнішній вигляд	Однорідний, сипкий, дрібнодисперсний порошок, без грудочок та домішок
Колір	Від світло- до темно-помаранчевого забарвлення, достатньо виражене, відповідає кольоровим характеристикам плодів горобини
Смак	Приємний, злегка терпкуватий смак, без сторонніх присмаків
Запах	Легкий аромат, притаманний плодам горобини
КПХД	
Зовнішній вигляд	Однорідний, сипкий, дрібнодисперсний порошок, без грудочок та домішок
Колір	Від темно-помаранчевого до темно-червоного забарвлення, достатньо виражене, відповідає кольоровим характеристикам плодів калини

Закінчення таблиці 3.1

1	2
Смак	Приємний, виражений смак з легким терпким, кисло-солодким присмаком, без сторонніх присмаків
Запах	Притаманний плодам калини
БХПД	
Зовнішній вигляд	Однорідний, сипкий, дрібнодисперсний порошок, без грудочок та домішок
Колір	Від світло-фіолетового до темно-фіолетового забарвлення, достатньо виражене, відповідає кольоровим характеристикам плодів бузини
Смак	Солодкуватий та виражений смак притаманний плодам бузини, без сторонніх присмаків
Запах	Приємний, легкий аромат, притаманний плодам бузини

Аналіз органолептичних показників ПХД із обліпихи, горобини, калини та бузини показав, що вони мають однорідну консистенцію, привабливий зовнішній вигляд, виразний смак та аромат, притаманні сировині із якої вони були виготовлені. Варто зазначити, що колір добавок обумовлено натуральними пігментами, які є стійкими за рахунок застосування осмотичної дегідратації та висушування при температурі не вище $(50 \pm 5)^\circ\text{C}$. За рахунок цього отримані порошки можна використовувати не лише в якості смако-ароматичних харчових добавок, а й в якості натуральних барвників, які надають продуктам унікальне забарвлення.

3.2.2 Фізико-хімічні показники

Фізико-хімічні властивості ПХД (табл. 3.2) впливають на структурно-механічні властивості продуктів, виготовлених на їх основі.

Таблиця 3.2 – Фізико-хімічні показники якості ПХД

Найменування показників	Значення			
	ОПХД	ГПХД	КПХД	БПХД
Масова частка вологи, %	$7,46 \pm 0,05$	$5,77 \pm 0,05$	$6,14 \pm 0,05$	$4,44 \pm 0,05$
Дисперсність, мм	$<0,35$	$<0,35$	$<0,35$	$<0,35$
Активна кислотність, рН	$4,15 + 0,01$	$4,65 + 0,01$	$4,23 + 0,01$	$4,71 + 0,01$
Масова частка редукувальних цукрів, %	$29,9 + 0,5$	$37,9 + 0,5$	$37,1 + 0,5$	$50,0 + 0,5$

Вміст води є основним показником, який впливає на термін придатності рослинних порошків. Запропонований спосіб зневоднення плодів дикорослих рослин дозволяє отримати ПХД із низьким вмістом води (4,44–7,46%). Найвищий вміст води спостерігався у ОБХД. При застосуванні запропонованої технології дисперсність порошків не перевищує 0,35 мм. При цьому не спостерігається злипання та грудкування частинок, що сприяє їх швидкому розчиненню та рівномірному змішуванню з іншими компонентами рецептурної суміші. Оскільки для осмотичного зневоднення плодів дикорослих рослин застосовується розчин сахарози, було досліджено масову частку редукувальних цукрів. Встановлено, що БПХД містить найбільшу кількість редукуючих цукрів ($50,0 \pm 0,5\%$), що робить його найсолодшим серед зразків і впливає на його смакові характеристики. Це також може покращити споживчу привабливість ПХД. Найнижчий вміст цукрів ($29,9 \pm 0,5\%$) містить ОПХД, що підкреслює її виражену кислуватість.

3.2.3 Мікроструктура та мінеральний склад

Мікроструктура порошкоподібних матеріалів (рис. 3.4) відіграє важливу роль у формуванні стабільності продукту.

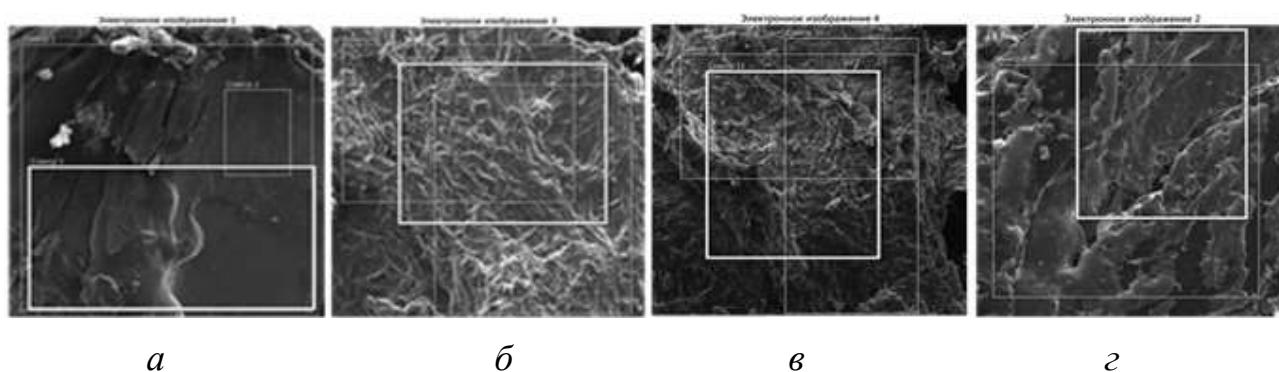


Рис. 3.4 – Мікроструктура порошкових харчових добавок із плодів дикорослих рослин: *а* – обліпихи; *б* – горобини; *в* – калини; *г* – бузини
(кратність збільшення 500 μ m)

З рисунку 3.4а видно, що ОПХД є полідисперсною системою, яка містить кристалічні частинки різних форм і розмірів. Кожна частинка представлена у вигляді комірок, утворених з механічної та провідної трубчастої тканини. Завдяки ситовидним трубочкам провідної тканини, рідкі середовища можуть вільно переміщуватися крізь них і утримуватися всередині комірок. Незважаючи на однакові умови помелу, діаметр частинок значно варіювався, що можна пояснити різною структурою плодів безнасінної фракції висушених порошків. Провідна тканина порошків обліпихи частково руйнується під час сушіння, що, ймовірно, пов'язано з частковою денатурацією тканин під впливом температурної обробки. Тому було обрано режим сушіння при $t=(45-50)^{\circ}\text{C}$ і тривалістю 2 години, щоб мінімізувати інтенсивність цього процесу.

Використання порошку з обліпихи в харчовій промисловості може бути ефективним для створення продуктів із покращеними функціональними характеристиками, такими як збільшена в'язкість, краща стабільність емульсій і гелів. Мікроструктура ГПХД зображена на рис. 3.4б. Частинки порошку мають нерівномірну, розривисту поверхню. Це вказує на те, що порошок отриманий шляхом механічного подрібнення, що сприяє утворенню нерегулярних форм. Поверхня частинок має складну текстуру з численними виступами і заглибинами, що може вказувати на високий ступінь подрібнення і наявність харчових волокон.

Складна морфологія поверхні (рис. 3.4в) розкриває текстуру і структурну цілісність висушеної КПХД. Наявність волокнистих і нерегулярних структур може свідчити про те, що процес сушіння зберіг більшу частину первісної структури тканини, що може бути корисним для збереження поживних і функціональних властивостей порошку. Висока пористість, як правило, покращує здатність до регідратації, що робить порошок корисним для різних застосувань у харчовій та фармацевтичній промисловості. Аналізуючи специфічні спектри (спектр 9–11) можна визначити утримання біологічно активних сполук, таких як вітаміни, амінокислоти та антиоксиданти. Це має вирішальне значення для оцінки поживної якості порошку. Наявність певних

пиків у спектрах вказує на утримання важливих сполук, таких як вітамін С, фенольні кислоти або флавоноїди. Забезпечення процесу сушіння, що зберігає основні поживні речовини і біологічно активні сполуки, робить порошок придатним для використання в харчових добавках.

Аналіз мікроструктури (рис. 3.4d) виявив неоднорідну текстуру та пористість, що характерно для подрібнених рослинних матеріалів, де клітинні стінки, судини та інші компоненти не мають чітко вираженої форми після обробки. На зображенні видно дрібні фрагменти клітинної стінки, що свідчить про процес подрібнення та сушіння. ПХД, отримані з дикорослих ягід, мають вагоме значення у харчовій промисловості через їхні унікальні властивості, такі як висока пористість та гідрофільність. Ці властивості роблять їх привабливими для використання у різноманітних продуктах харчування. Пористість порошоків грає ключову роль у їхньому застосуванні. Висока пористість сприяє збільшенню об'єму вільного простору між частинками порошку, що дозволяє їм поглинати рідину та забезпечувати вологоутримання у продуктах. Також це може полегшити розчинення порошоків у рідині та сприяти створенню стабільних емульсій. З урахуванням гідрофільних властивостей ПХД із плодів дикорослих ягід, їх можна успішно використовувати як стабілізатори структури, емульгатори, вологоутримувачі та згущувачі у виробництві харчових продуктів. Наприклад, вони можуть бути використані для поліпшення текстури, стабільності та якості продуктів, таких як соуси, напої, десерти та інші продукти.

Важливим показником біологічної цінності ПХД із плодів дикорослих ягід є вміст клітковини. Харчові волокна (ХВ) відіграють ключову роль у нормальному функціонуванні людського організму, сприяючи покращенню травлення, нормалізації рівня цукру в крові, зниженню рівня холестерину та підтриманню здорової мікрофлори кишківника.

Результати дослідження масової частки клітковини у ПХД представлено на рисунку 3.5.

Найбільша кількість сирової клітковини міститься в БПХД (18,2% до 18,7%), найменша – в ГПД (6,75% до 6,95%).

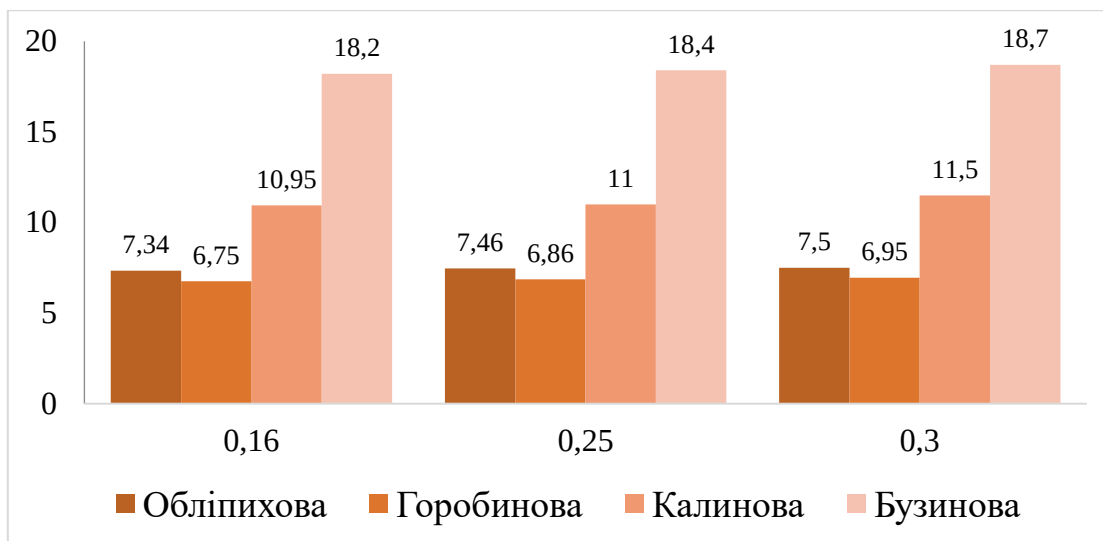


Рис. 3.5 – Масова частка сирі клітковини у ПХД

Зі збільшенням ступеня подрібнення знижується вміст клітковини – цей аспект необхідно враховувати при виборі відповідної фракції для виробництва різних харчових продуктів, оскільки більші частинки забезпечують вищий вміст клітковини, що є важливим для підтримки здоров'я споживачів. Незначне коливання значень свідчить про однорідність зразків та про добре контрольований технологічний процес виробництва порошкових харчових добавок. Дикорослі ягоди містять велику кількість мінеральних речовин. Мінерали відіграють ключову роль у регуляції водного, мінерального, білкового, жирового та вуглеводного обмінів в організмі, забезпечуючи нормальне функціонування всіх систем.

Вміст мінеральних речовин у ПХД, виготовлених із плодів дикорослих ягід представлено на рис. 3.6. ОПХД містить калій, кальцій, фосфор, алюміній, сірку, хлор та кремній. Найбільший вміст у ОПХД калію (35 мг/100 г). Вміст сірки та кремнію у ОПХД становить 7 мг/100 г. В наших дослідженнях поступово зменшується $K > Ca > P > Cl > S, Si > Al$. Згідно з іншими дослідженням в обліписі виявлено Fe, Ca, P та K та ще 35 елементів [259]. Калій є найпоширенішим з усіх визначених мікроелементів [259, 260, 261]. Почергово зменшувався вміст 4 основних металів і фосфору: $K > Ca > P > Mg > Na$ [259].

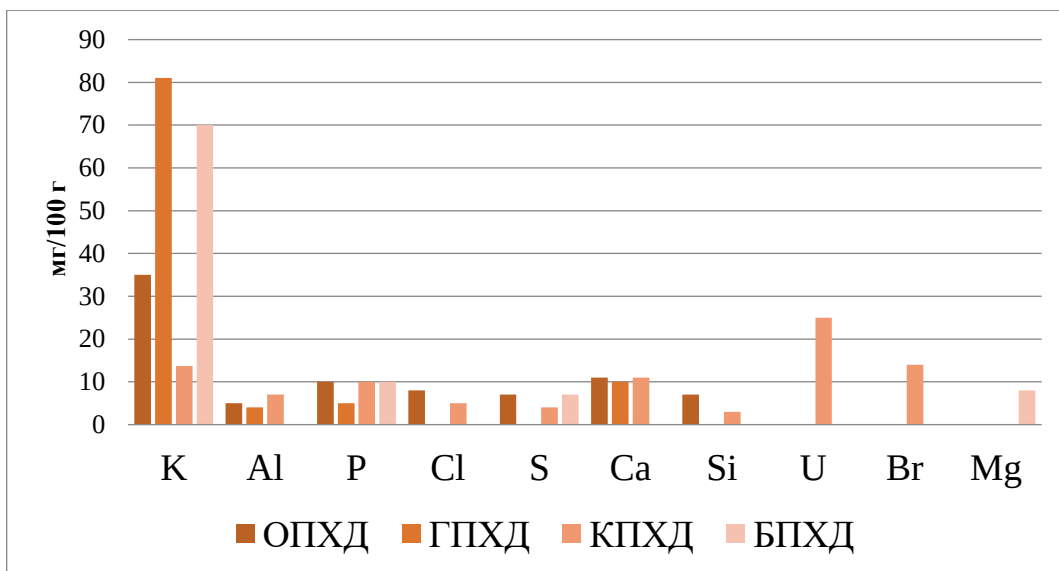


Рис. 3.6 – Вміст мінеральних речовин у ПХД

ГПХД містить важливі мінеральні елементи, такі як калій, алюміній, фосфор і кальцій. Калій (81 мг/100 г) є найпоширенішим елементом у складі ГПХД і необхідний для нормального функціонування серця та кровоносної системи. Кальцій (10 мг/100 г) відіграє важливу роль у забезпеченні міцності кісток і зубів, регулює тонус м'язів, роботу кровоносних судин і активність нервової системи. Фосфор (5 мг/100 г) бере участь у більшості обмінних процесів організму та є незамінним елементом для формування нервової тканини. Алюміній (4 мг/100 г) впливає на формування епітеліальних клітин і сполучної тканини, а також на обмін фосфатів.

У КПХД було виявлено K, U, Br, Al, P, Cl, S, Ca, Si. Найбільше у зразках було виявлено Br – 14 мг, K – 13,7 мг та U – 25. Бром впливає на правильну активність щитовидної залози, бере участь у функціонуванні ЦНС, підсилює процеси гальмування. Вміст Ca становив 11 мг, P – 10 мг, найменше в плодах знайдено Si. БПХД містять у своєму складі калій, фосфор, алюміній, сірку та магній, найбільший вміст калію (70 мг/100 г). Вміст сірки та магнію майже однаковий та становить 7 та 8 мг/100 г відповідно. Також в порошках міститься фосфор – 10 мг/100 г.

3.2.4 Амінокислотний склад

Плоди дикорослих ягід є якісним джерелом білка. Досліджено амінокислотний склад плодів та ОПХД (рис. 3.7 – 3.10).

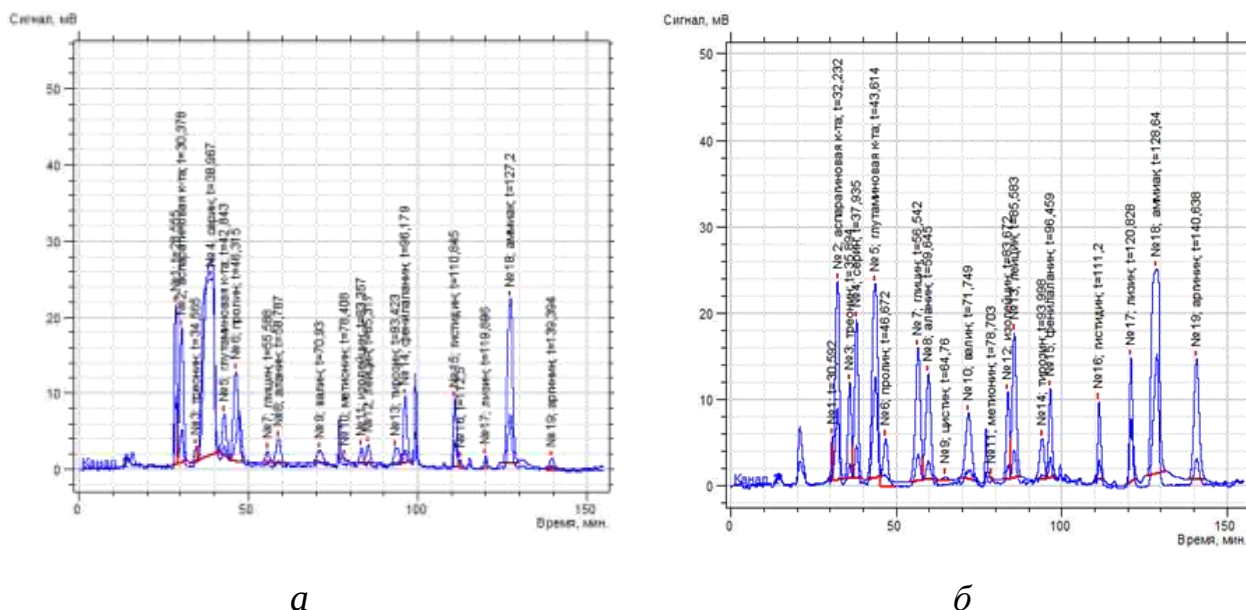


Рис. 3.7 – Аналіз амінокислотного спектру: *а* – плодів обліпихи; *б* – ОПХД

Хроматограми показують велику кількість піків, що свідчить про багатий амінокислотний склад порошку з обліпихи. Основними компонентами білка плодів обліпихи є глобулін і альбумін, а також містять багато небілкового азоту (0,19 г/100 г). Найбільша кількість серину міститься у плодах обліпихи (84,35 мг на 100 г) і важливий для біосинтезу білків та формування біохімічних сполук. Пролін також присутній у великій кількості (21,93 мг на 100 г), що важливо для утворення колагену - основної складової з'єднуючих тканин. У плодах обліпихи значні кількості аспарагінової кислоти (12,22 мг на 100 г) та лізину (0,42 мг на 100 г), які відповідають за стимуляцію синтезу білка та рівень аміаку в крові, відповідно. Виявлено, що ОПХД містить 17 амінокислот на 100 г продукту, загальна кількість складає 7,29 г. Із цих амінокислот шість є незамінними, з кількістю 2,17 г на 100 г продукту, включаючи ізолейцин (0,28 г), лейцин (0,52 г), лізін (0,42 г), фенілаланін (0,32 г), треонін (0,3 г) та валін (0,33 г).

У ОПХД основними амінокислотами є аспарагінова (0,88 г на 100 г) та глутамінова (1,29 г на 100 г), за ними слідують аргінін (0,84 г на 100 г) та лейцин (0,52 г/100 г). Треонін (0,30 г на 100 г), сприяє зміцненню імунної системи та

енергетичному обміну в організмі. Ці амінокислоти є критично важливими для підтримки життєво важливих функцій організму та оптимального обміну речовин. Процес осмотичного зневоднення має значний вплив на збереження амінокислот в порошках обліпихи. Дослідження показало, що у отриманому порошку концентрація амінокислот збільшується на 0,4 % внаслідок видалення із плодів вологи.

Калина є багатим джерелом амінокислот, включаючи незамінні амінокислоти, які необхідні для нормального функціонування організму. У 100 г свіжих плодів калини міститься 13 амінокислот у кількості 10,79 мг/100 г, з них незамінних амінокислот – 1,63 мг. Валін, лейцин та ізолейцин є основними джерелами енергії для м'язів і становлять половину щоденного споживання білка. Найбільша кількість у плодах калини – серину (3,42 мг/100 г), аспарагінової кислоти (2,18 мг/100 г) та глютамінової кислоти (1,85 мг/100 г). Найменша кількість – гліцину (0,04 мг/100 г).

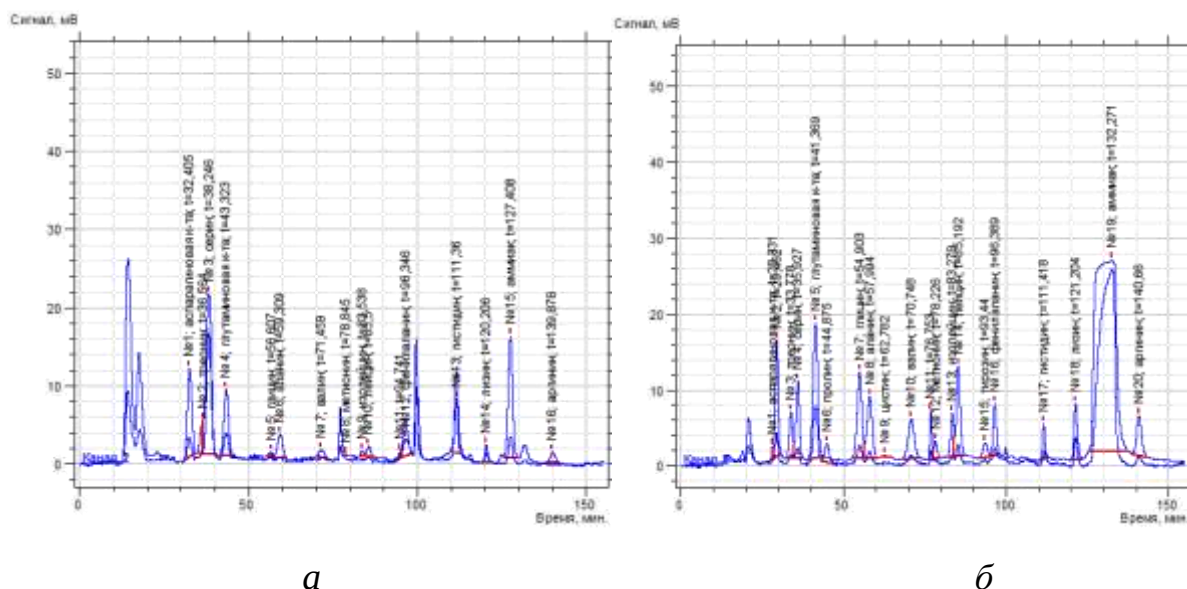


Рис. 3.8 – Аналіз амінокислотного спектру: *а* – плодів калини; *б* – КПХД

У 100 г КПХД міститься 17 амінокислот масою 4,63 г, з яких 1,5 г припадає на незамінні амінокислоти: ізолейцин – 0,17 г, лейцин – 0,37 г, лізин – 0,24 г, метіонін – 0,07 г, фенілаланін – 0,23 г, треонін – 0,19 г, валін – 0,23. Також виявлено незамінну амінокислоту метіонін у кількості 0,07 г/100г. У КПХД міститься пролін у кількості 0,22 мг/100 г, цистин – 0,02 мг/100 г та тирозин –

0,10 мг/100 г, але ці амінокислоти відсутні в плодах. Найбільша кількість у КПХД міститься глютамінової кислоти – 0,92 г/100 г, найменше аспарагінової кислоти та цистину, їх кількість 0,02 г/100 г. Вміст аланіну у порошку збільшений порівняно з ягодами у 6 разів (з 0,00049 до 0,23 г). У плодах горобини міститься 17 амінокислот у 0,16242 г/100 г. Найбільше у плодах горобини міститься серину (0,06541 г), проліну (0,03582 г), аспарагінової (0,02007 г) та глютамінової (0,01496 г) та кислот, найменша кількість незамінної амінокислоти – метіоніну (0,00004 г). Виявлено, що ГПХД містить 16 амінокислот на 100 г продукту, загальна кількість складає 6,94 г. Із цих амінокислот сім є незамінними, з кількістю 0,01385 г на 100 г продукту, включаючи ізолейцин, лейцин, лізин, метіонін, фенілаланін, треонін та валін.

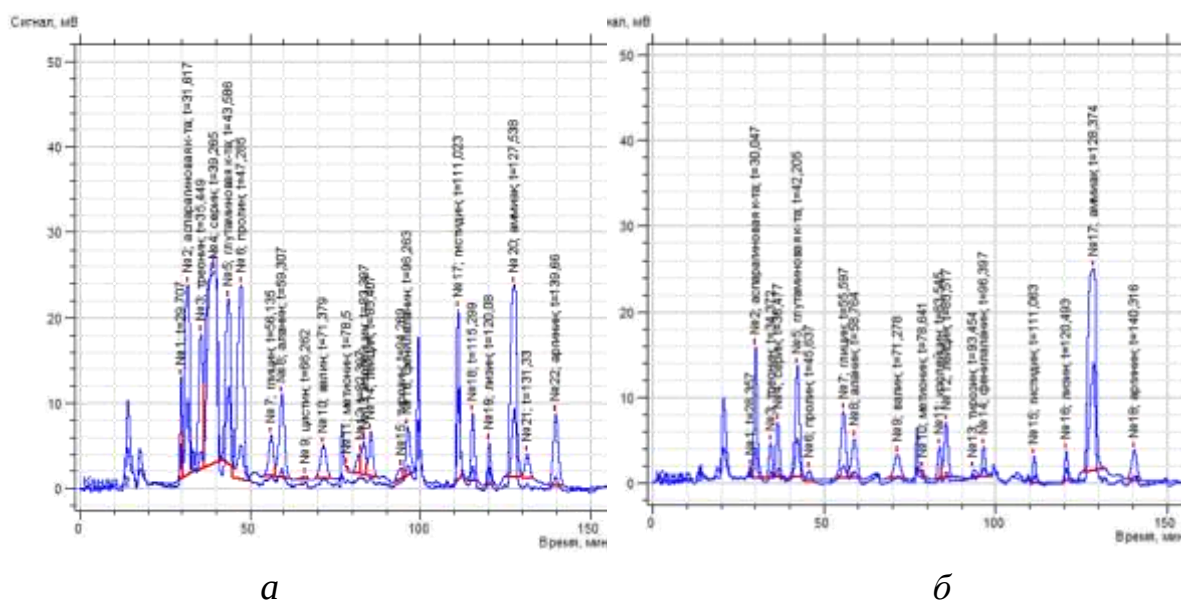


Рис. 3.9 – Аналіз амінокислотного спектру: *а* – плодів горобини; *б* – ГПХД

У порошках відсутній цистин. Переважаючими є глютамінова (1,57 г/100 г) та аспарагінова (1,25 г/100 г) кислоти. В значній кількості містяться аргінін (0,51 г/100 г), лейцин (0,47 г/100 г) та гліцин (0,45 г/100 г). В свіжих плодах бузини міститься 16 амінокислот, найбільша кількість в них – аргініну (116,75 мг/100 г), серину (104,06 мг/100 г), аланіну (98,64 мг/100 г), та тирозину (75,20 мг/100 г). В інших дослідженнях [77] вміст білка знаходиться в діапазоні 2,7–2,97 г/100 г), включаючи дев'ять незамінних амінокислот із загальної кількості шістнадцяти визначених амінокислот. Вуліч та ін. [78] визначили 2,84 г білків, з яких

найважливішими амінокислотами були глутамінова кислота (0,311%), аспарагінова кислота (0,303%), аланін (0,238%), лейцин (0,205%) і тирозин (0,198%). Було виявлено, що отримана БПХД містить 16 основних амінокислот у кількості 6,4 г/100 г, серед яких значну частку займають незамінні амінокислоти (1,89 г/100 г), такі як лейцин (0,52 г/100 г), ізолейцин (0,28 г/100 г), лізин (0,42 г/100 г) та валін (0,33 г/100 г).

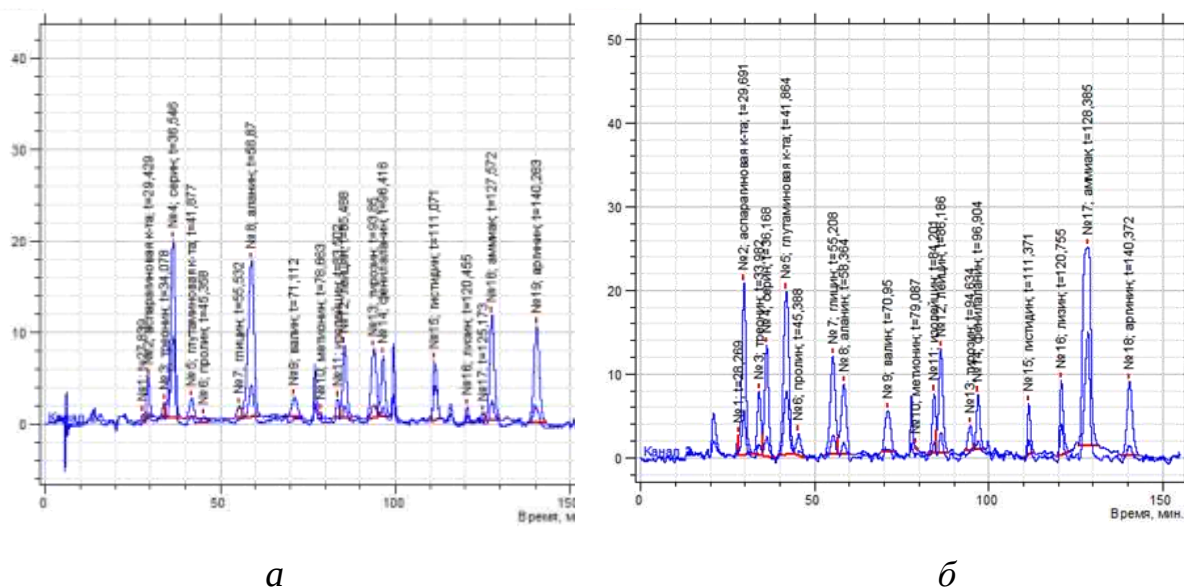


Рис. 3.10 – Аналіз амінокислотного спектру: *а* – плодів бузини; *б* – БПХД

У БПХД основними амінокислотами є аспарагінова (0,92 г/100 г) та глутамінова (1,23 г/100 г), а також аргінін (0,66 г/100 г) і лейцин (0,50 г/100 г). До складу також входять амінокислоти, корисні для дітей та людей похилого віку: аргінін (0,66 г/100 г) і гістидин (0,27 г/100 г). Тирозин (0,15 г/100 г) важлива амінокислота, яка використовується організмом для синтезу білків та утворення катехоламінів, таких як адреналін і норадреналін. Також в БХПД міститься гліцин у кількості 0,31 г/100 г – амінокислота, яка відіграє важливу роль у функціонуванні організму. Згідно досліджень [262] вміст білка у свіжій бузині та порошку становить 0,8 г/100 г та 5,9 г/100 г відповідно, а запропонований метод зневоднення дає можливість зберегти амінокислотний склад на 1,5 г вище. Вміст амінокислот у плодах дикорослих рослин та ПХД наведено в таблиці 3.3. Бузина вирізняється найбільшим загальним вмістом як незамінних (0,12244 г/100 г), так і замінних амінокислот (0,56844 г/100 г), має найбільш збалансоване

співвідношення незамінних до замінних амінокислот, що робить її високопоживним плодом.

Таблиця 3.3 – Вміст амінокислот у плодах та ПХД, г/100 г ($\pm 0,001$)

Назва АК	Обліпіха		Горобина		Калина		Бузина	
	плід	ПХД	плід	ПХД	плід	ПХД	плід	ПХД
Незамінні амінокислоти								
валін	0,0011	0,33	0,00136	0,29	0,00016	0,23	0,0133	0,21
ізолейцин	0,0011	0,28	0,00103	0,26	0,00011	0,17	0,00955	0,26
лейцин	0,0013	0,52	0,00121	0,47	0,00018	0,37	0,04266	0,50
лізін	0,0006	0,42	0,00112	0,23	0,00026	0,24	0,00818	0,37
треонін	0,0024	0,30	0,0073	0,28	0,00043	0,19	0,0067	0,28
фенілаланін	0,0053	0,32	0,00179	0,28	0,00049	0,23	0,04161	0,26
метіонін	–	–	0,00004	0,03	–	0,07	0,00044	0,01
<i>Всього НЗАК</i>	0,0118	2,17	0,01385	1,84	0,00163	1,5	0,12244	1,89
Замінні амінокислоти								
аспарагінова кислота	0,0122	0,88	0,02007	1,25	0,00218	0,02	0,02158	0,92
серин	0,0844	0,45	0,06541	0,38	0,00342	0,25	0,10406	0,43
глутамінова кислота	0,0050	1,29	0,01496	1,57	0,00185	0,92	0,01555	1,23
пролін	0,0219	0,49	0,03582	0,26	–	0,22	0,00952	0,26
гліцин	0,0005	0,34	0,00079	0,45	0,00004	0,26	0,0043	0,31
аланін	0,0015	0,34	0,00225	0,35	0,00039	0,24	0,09864	0,28
цистин	–	0,02	0,00021	–	–	0,02	–	–
тирозин	0,0021	0,23	0,00056	0,1	–	0,10	0,0752	0,15
гістидин	0,0047	0,24	0,0046	0,23	0,00092	0,13	0,0004	0,27
аргінін	0,0012	0,84	0,0039	0,51	0,00036	0,33	0,11675	0,66
<i>Всього ЗАК</i>	0,1335	5,12	0,14857	5,1	0,00916	2,49	0,446	4,51
<i>Співвідношення НЗАК:ЗАК</i>	1:11	1:2,4	1:11	1:3	1:5	1:1,7	1:3,64	1:2,4
<i>Загальний вміст АК</i>	0,1453	7,29	0,16242	6,94	0,01079	3,99	0,56844	6,4

Горобина та обліпіха також мають значний вміст амінокислот, тоді як калина містить значно менше амінокислот (0,01079 г/100 г) порівняно з іншими плодами. Осмотичне зневоднення позитивно впливає на амінокислотний склад плодів дикорослих рослин, оскільки допомагає зберегти незамінні амінокислоти, зменшуючи при цьому деградацію порівняно з більш традиційними методами

сушіння, які передбачають більш високі температури. Осмотичне зневоднення зберігає цілісність клітинної структури і зменшує термічні та окислювальні процеси, які часто призводять до деградації амінокислот під час традиційних методів сушіння. Вміст амінокислот у ПХД збільшився порівняно з вихідною сировиною: у обліпиховій – з 0,1453 до 7,29 г/100 г; горобиновій – з 0,16242 до 6,94 г/100 г; калиновій з 0,01079 до 3,99 г/100 г та бузиновій з 0,56844 г до 6,4 г/100 г. Це свідчить про значний внесок біологічно-активних речовин у складі ПХД, зокрема фенольних сполук, а також про їхню антиоксидантну активність.

3.2.5 Вміст вітамінів

Результати дослідження вмісту вітаміну С у плодах та ПХД із плодів дикорослих рослин представлено на рисунку 3.11.

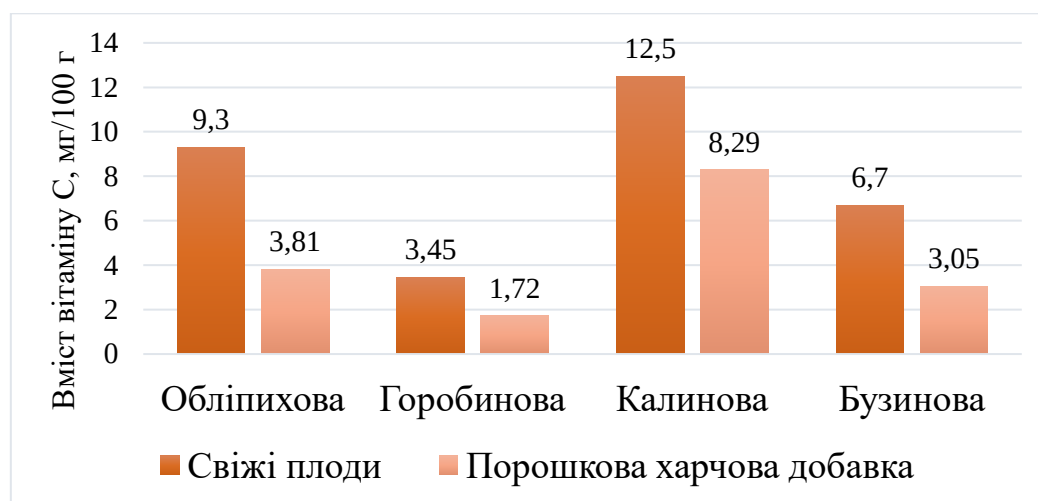


Рис.3.11 – Вміст вітаміну С у плодах та ПХД із плодів дикорослих рослин

Встановлено, що найбільша кількість вітаміну С при осмотичній дегідратації та сушінні зберігається у КПХД, а найменша – у горобинових. Вміст вітаміну С у КПХД становить 8,29 мг на 100 г порошку. В дослідженні [263] вміст аскорбінової кислоти у свіжих плодах обліпихи становив 570 мг/100 г, але вміст аскорбінової кислоти в ягодах обліпихи зменшився на 45,39, 53,81, 74,23, 77,09 і 79,93% після різних методів сушіння (гарячим повітрям, інфрачервоне сушіння; сушіння гарячим повітрям за допомогою інфрачервоного випромінювання; імпульсна вакуумна сушка; вакуумна сублімаційна сушка)

відповідно порівняно зі свіжими зразками. Інші дослідження показали, що свіжі плоди калини містять 39 мг/100 г вітаміну С [264], в нашому випадку результат менше, але запропонований спосіб є ефективним з точки зору збереження біологічної цінності, оскільки дозволяє зберегти на 66,3% вітаміну С. Запропонований спосіб переробки плодів дикорослих ягід перед сушінням дозволяє зберегти у порошкових харчових добавках із обліпихи на 66,3% вітаміну С, 49,8% у горобинових, 66,3% у калинових та 46% у бузинових.

Вміст вітаміну Е у ПХД із плодів дикорослих рослин значно вищий порівняно зі свіжими плодами, що є результатом концентрації поживних речовин при сушінні (рис.3.12). Вміст вітаміну Е у ОПХД становить 7,69 мг/100 г, він є стійким до високих температур Концентрація α -токоферолу (вітаміну Е) в обліписі (11,9 мг/100 г) та порошку з неї (7,69 мг/100 г) вища, ніж у плодах абрикоса (0,109 мг/100 г).

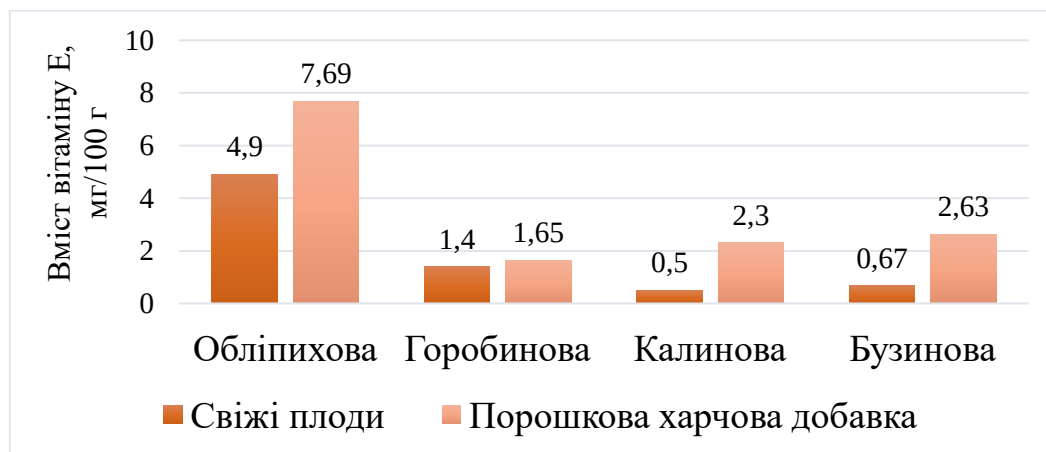


Рис. 3.12 – Вміст вітаміну Е у плодах та ПХД із плодів дикорослих ягід

В інших дослідженнях вміст вітаміну С у БПХД становить 1,7 г/100, β -каротину (провітамін А) 0,018 мг/100 г, а загальний вміст токоферолів (вітамін Е) 0,324 мг/100 г [117]. Подібні результати були отримані іншими дослідниками, які прийшли до висновку, що порошки з бузини є джерелом α -токоферолу (0,00049 мг/100 г), який має найвищу біоактивність вітаміну Е, а також γ -токоферолу (2,63 мкг/г), який демонструє кращий антиоксидантний потенціал [87]. Яскраво-помаранчевий та жовтогарячий колір плодів обліпихи, калини та горобини зумовлений вмістом каротиноїдів, які належать до жиророзчинних

вітамінів групи А (рис. 3.13). Ці речовини не тільки відповідають за насичене забарвлення плодів, але й мають важливе значення для здоров'я очей, шкіри та імунної системи. Основним джерелом каротиноїдів у бузині є антоціани, які надають плодам їх характерний темний колір.

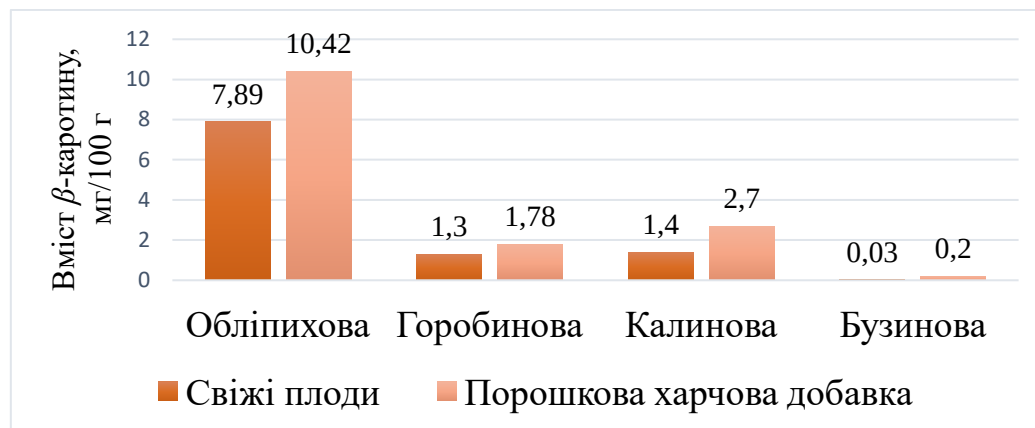


Рис. 3.13 – Вміст β -каротину в плодах та ПХД із плодів дикорослих рослин

Найбільшу кількість β -каротину міститься у ПХД із обліпихи. Вміст β -каротину у ОПХД є вищим на 2,53 мг/100 г, ніж у свіжій обліписі. Це свідчить про те, що процес переробки та сушіння обліпихи може концентрувати деякі її корисні компоненти, включаючи β -каротин. Вміст β -каротину у КПХД в 1,9 рази вище, ніж в плодах.

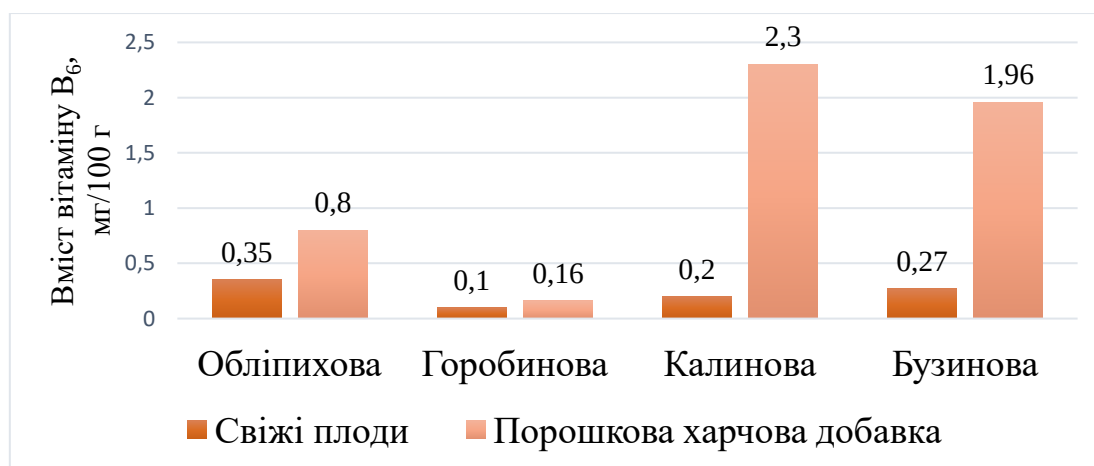


Рис. 3.14 – Вміст вітаміну В₆ у плодах та ПХД із плодів дикорослих рослин

Найбільше вітаміну В₆ міститься в свіжих плодах обліпихи, найменше у горобині, але при висушуванні плодів дикорослих рослин концентрація вітаміну В₆ збільшується за рахунок видалення вологи, що призводить до більш

концентрованої форми поживних речовин, присутніх у свіжих ягодах (рис. 3.14). Найбільшу кількість цього вітаміну містить калинова та бузинова ПХД. Результати показали, що запропонований спосіб переробки плодів добре зберігає вміст вітамінів та дозволяє концентрувати на 0,45 мг/100 г більше вітаміну В₆ у ОПХД.

3.2.6 Антиоксидантні властивості

Плоди дикорослих ягід (калини, горобини червоноплідної, бузини та обліпихи) – унікальні плоди з багатим складом фітосполук різного хімічного походження (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Вміст фенольних сполук у плодах та ПХД із плодів дикорослих рослин, мг/100 г

Назва сполук	Обліпиха		Горобина		Калина		Бузина	
	плоди	ОПХД	плоди	ГПХД	плоди	КХПД	плоди	БХПД
Флавоноїди	9,9± 0,01	25,5± 0,01	24,2± 0,01	37,9± 0,01	71,6± 0,01	78,5± 0,01	13,8± 0,01	36,9± 0,01
Антоціани	–	–	63,9± 0,05	56,85± 0,05	60,3± 0,05	55,1± 0,05	113,3± 0,05	111± 0,05
Антиоксидантна активність, %	75,42± 0,95	69,97± 0,95	62,4± 0,95	58,7± 0,95	85,39± 0,95	83,57± 0,95	96,0± 0,95	99,8± 0,95

В ПХД міститься значна кількість фенольних сполук. Найбільша кількість флавоноїдів міститься у КПХД (78,5 мг/100 г), найменша у ОПХД (25,5 мг/100 г). Запропонована технологія дає можливість зберегти фенольних склад плодів дикорослих рослин. Антоціани мають потужні антиоксидантні властивості і здатні захищати клітини від окислювального стресу. Мінімальні втрати при перетворенні свіжих плодів на ПХД (близько 10–15%) є типовими для цих сполук, що пояснюється їхньою стабільністю при правильній обробці. Дослідження показали, що вміст антоціанів є високим як у свіжих плодах, так і у порошковій формі, що підтверджує їх потенціал як функціональних інгредієнтів у харчових продуктах та добавках. Осмотична дегідратація є менш агресивним процесом у порівнянні з іншими методами зневоднення, такими як

сушка при високих температурах та допомагає зберегти антоціани та інші біологічно активні сполуки, чутливі до тепла. Найвищу антиоксидантну активність має БПХД, на 3,8% вище ніж у свіжих плодах. Ягоди обліпихи мають високу антиоксидантну активність (75,42%) завдяки вмісту фенольних сполук, флавоноїдів та вітамінів. Дослідження показало, ОПХД також має високий рівень антиоксидантної активності – $(69,97 \pm 1,1)\%$, але трохи нижчу (на 5,48%). Схожі результати були отримані іншими науковцями – $(67,04 \pm 2,67)\%$ [68]. Антиоксидантна активність свіжих плодів калини склала 85,39%, а порошку 83,57 %. Схожий результат з антиоксидантної активності був отриманий у дослідженні [265] 84,49 %, на 0,9 % менше ніж наші результати.

Ягоди горобини мають високу антиоксидантну активність (62,4%). Це свідчить про те, що свіжі плоди мають значну здатність нейтралізувати вільні радикали, що є корисним для здоров'я. ГПХД, хоча і має трохи нижчу активність (58,7%), також демонструє високу антиоксидантну активність, що робить його перспективною добавкою для подовження терміну зберігання харчових продуктів.

В дослідженнях [266] антиоксидантна здатність горобини була високою - 58,1%, що на 0,7% менше ніж в результаті наших досліджень. Свіжі плоди дикорослих рослин містить більше води, яка впливає на екстракцію антиоксидантів, що підвищує їх доступність та активність. Процес сушіння і подрібнення призводить до часткової втрати деяких чутливих антиоксидантних сполук через термічне та механічне руйнування. ПХД мають вищий вміст антиоксидантних сполук порівняно зі свіжими плодами через концентрацію під час процесу сушіння, це робить їх потужним джерелом антиоксидантів, корисним для дієтичних добавок та функціональних харчових продуктів.

3.2.7 Мікробіологічні показники

Отримані ПХД зберігали в добре вентильованих, чистих, сухих складських приміщеннях без сторонніх запахів при температурі від 0°C до 25°C і відносній

вологості не більше 75% протягом одного року, після цього визначили мікробіологічні показники (табл.3.5).

Таблиця 3.5 – Мікробіологічні показники ПХД

Термін зберігання	Число мікроорганізмів				
	МАФАМ, КУО/г	БГКП, в 0,01 г	умовно-патогенні мікроорганізми, <i>Staphylococcus aureus</i> , КУО/0,1 г	патогенні мікроорганізми, <i>Salmonella</i> , в 25 г	дріжджі, плісеневі гриби, КУО/г
ОПХД					
1 доба	не виявлено	не виявлено	ріст відсутній	ріст відсутній	ріст відсутній
1 рік	3·10 ¹				
ГПХД					
1 доба	не виявлено		ріст відсутній		
1 рік	2·10 ¹	не виявлено	ріст відсутній	ріст відсутній	ріст відсутній
КПХД					
1 доба	не виявлено	не виявлено	ріст відсутній	ріст відсутній	ріст відсутній
1 рік	2·10 ¹				
БПХД					
1 доба	не виявлено	не виявлено	ріст відсутній	ріст відсутній	ріст відсутній
1 рік	не виявлено				

Запропонований спосіб переробки ПДР забезпечує їх мікробіологічну стабільність протягом 1 року зберігання. Відсутність патогенних мікроорганізмів і низький рівень МАФАМ підтверджують безпечність ПХД та продуктів, виготовлених на їх основі. Гарантованим терміном придатності до споживання та застосування є термін 12 місяців.

3.2.8 Показники безпечності

За показниками безпечності ПХД із плодів дикорослих рослин відповідають показникам, представленим в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Показники безпечності ПХД із плодів дикорослих рослин

Найменування показника	ОПХД	ГПХД	КПХД	БПХД
Вміст токсичних елементів, мг/кг				
свинець	0,05±0,01	0,05±0,01	0,05±0,01	0,06±0,01
кадмій	0,02±0,01	0,02±0,01	0,02±0,01	0,01±0,01
миш'як	0,05±0,01	0,05±0,01	0,05±0,01	0,05±0,01
ртуть	0,005±0,001	0,005±0,001	0,005±0,001	0,005±0,001
Вміст радіонуклідів, мг/кг				
цезій	0,05±0,01	0,045±0,001	0,055±0,001	0,045±0,001
стронцій	0,005±0,001	0,055±0,001	0,006±0,001	0,055±0,001

За результатами дослідження можна зробити висновки, що вміст токсичних елементів і радіонуклідів у ПХД із обліпихи, калини, бузини та горобини червоноплодної знаходиться на дуже низькому рівні, що робить їх безпечним для вживання.

3.3 Харчова цінність порошкових харчових добавок із плодів дикорослих рослин

Для зручності у дозуванні ПХД при виробництві харчових продуктів розраховано їх харчову цінність (табл. 3.7).

Таблиця 3.7 – Харчова цінність ПХД із плодів дикорослих рослин

Назва	ОПХД	ГПХД	КПХД	БПХД
Білки, г	7,29	6,94	3,99	6,4
Жири, г	4,0	0,4	0,1	0,1
Вуглеводи, г	9,12	10,7	20,0	31,1
Енергетична цінність:				
– ккал	101,6	74,16	96,86	150,9
– кДж	425,87	310,7	405,8	632,27

Бузинова ПХД має найвищу енергетичну цінність – 150,9 ккал на 100 г, що зумовлено високим вмістом вуглеводів (31,1 г), однак, вміст білків і жирів в ній є середнім – 6,4 г і 0,1 г відповідно. Найнижчу енергетичну цінність має горобина – 74,16 ккал на 100 г, це зумовлено низьким вмістом жирів (0,4 г) і відносно невеликим вмістом вуглеводів (10,7 г). ОПХД має найвищий вміст білків (7,29 г) і жирів (4,0 г) серед усіх досліджуваних добавок, що робить її ефективним джерелом білків для раціону. Енергетична цінність ОПХД становить 101,64 ккал, що є оптимальним для підтримки балансу поживних речовин у харчових продуктах. ГПХД відзначаються найнижчим вмістом жирів (0,4 г), високим вмістом білків (6,94 г), та помірним вмістом вуглеводів (10,7 г). КПХД характеризується більшим вмістом вуглеводів (20,0 г), що забезпечує високу енергетичну цінність – 96,86 ккал. Водночас, вони мають найнижчий вміст білків (3,99 г) і жирів (0,1 г), що робить їх придатними для підвищення калорійності продуктів. ПХД можуть бути використані для досягнення різних харчових цілей: ОПХД – для підвищення вмісту білків і жирів, ГПХД – як дієтична добавка, КПХД – для збільшення калорійності продуктів, а БПХД – для забезпечення високої енергетичної цінності.

Результати розрахунку забезпечення фізіологічних потреб організму у харчових волокнах представлено в табл.3.8.

При вживанні 100 г ПХД (обліпихи, горобини, калини та бузини) забезпечують значну частину добової потреби у харчових волокнах (від 30 до 75%). Зокрема, БПХД забезпечує до 75% добової потреби, що робить її особливо ефективним джерелом харчових волокон.

Таблиця 3.8 – Забезпечення фізіологічних потреб організму у ХВ при вживанні 100 г ПХД для дорослої людини

Компонент	Добова потреба, г	ОПХД		ГПХД		КПХД		БПХД	
		вміст	%	вміст	%	вміст	%	вміст	%
Харчові волокна	25	7,5	30	6,95	28	11,5	46	18,7	75

Таким чином, використання цих ПХД може бути ефективним способом збагачення харчових продуктів корисними речовинами і сприяти підтримці здорового способу життя.

Таблиця 3.9 – Забезпечення фізіологічних потреб організму у АК при вживанні 100 г ПХД для дорослої людини

Назва	Добова потреба, г	ОПХД	ГПХД	КПХД	БПХД
		% добової потреби			
Незамінні амінокислоти					
валін	4	10	10	7,7	7
ізолейцин	3–4	10	9	5,7	9
лейцин	4–6	14	12	9,25	13
лізин	3–5	15	8	8	12
треонін	2–3	10	14	10	14
фенілаланін	2–4	16	14	12	13
метіонін	2	–	1,5	3,5	0,5
Замінні амінокислоти					
аспарагінова кислота	3	29	42	0,67	31
серин	3	15	13	8,33	14
глутамінова кислота	5	26	31	18,4	25
пролін	5	10	5	7,33	5
гліцин	0,3	113	166	86,7	103
аланін	3	10	12	8	9
цистин	2–3	10	–	1	–
тирозин	1	23	5	10	15
гістидин	1,5–2	12	12	6,5	14
аргінін	5	17	10	6,6	13

ПХД можна використовувати як багате джерело амінокислот у дієтичних добавках та функціональних харчових продуктах для підтримки здоров'я, включаючи зміцнення імунної системи, покращення відновлення м'язів та інші метаболічні процеси. ОПХД забезпечує приблизно 10–14% добової потреби в незамінних амінокислотах – валіні, ізолейцині, треоніні, та лейцині, 15% в лізині, 16% в фенілаланіні, 29% в аспарагіновій та 26% глутаміновій кислотах, 113 % в гліцині, 23% в тирозині та 17% в аргініні. Використання 100 г ГПХД дозволить задовольнити 166% добової потреби в гліцині, 42% аспарагіновій кислоти та 31% глутамінової кислоти. При використанні КПХД добової потреба в треоніні та

тирозині забезпечується на 10%, 12% фенілаланіні, 18% в глютаміновій кислоті та 87% в гліцині. Використання 100 г БПХД дозволить задовольнити 31% добової потреби в аспарагіновій кислоті, 25% в глютаміновій кислоті, 103% в гліцині та 15% в тирозині. ПХД із плодів дикорослих рослин (обліпихи, горобини, калини, бузини) можна вважати функціональним.

Забезпечення фізіологічних потреб організму у мінеральних речовинах при вживанні 100 г ПХД із плодів дикорослих рослин наведено у таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Забезпечення фізіологічних потреб організму у мінеральних речовинах при вживанні 100 г ПХД для дорослої людини

Назва	Добова потреба, мг/100 г	ОПХД		ГПХД		КПХД		БПХД	
		вміст	%	вміст	%	вміст	%	вміст	%
Калій	500	35	7	81	16	35	7	70	14
Кальцій	800	11	1,4	10	1	11	1,4	–	–
Фосфор	1000	10	1	5	0,5	10	1	10	1,4
Алюміній	49	5	10	4	8,1	7	14,3	–	–
Сірка	500	7	1,4	–	–	4	1,4	7	1
Кремній	2300	7	0,3	–	–	7	0,3	–	–
Хлор	25	8	32	–	–	8	32	–	–
Магній	320	–	–	–	–	–	–	8	2,6

У ПХД містяться важливі мікроелементи, але більшість з них у недостатній кількості для забезпечення значної частини добової потреби.

ОПХД та КПХД можуть задовільнити на 10% та 14% потреби організму в алюмінії, та на 32% у хлорі. У БПХД та ГПХД калій присутній у кількості, що забезпечує 14% та 10% добової потреби.

Забезпечення фізіологічних потреб організму у вітамінах при вживанні 100 г ПХД із плодів дикорослих рослин наведено в таблиці 3.11.

Таблиця 3.11 – Забезпечення фізіологічних потреб організму у вітамінах при вживанні 100 г ПХД для дорослої людини

Назва вітаміну	Добова потреба, мг/100 г	ОПХД		ГПХД		КПХД		БПХД	
		вміст	%	вміст	%	вміст	%	вміст	%
Вітамін С	70	3,81	5,5	1,72	2,5	8,29	12	3,05	4,36
Вітамін Е	15	7,69	51	1,65	11	2,3	15	2,63	17,5
β -каротин	0,7–0,9	3,42	114	1,78	198	2,7	300	0,2	22
Вітамін В ₆	1,3	0,8	61	0,16	12	1,7	130	1,96	98

ПХД із дикорослих рослин є високопоживними добавками, які можуть суттєво сприяти надходженню в організм необхідних вітамінів. ОПХД забезпечує значну частину добової потреби у вітаміні Е (51%), що є важливим для його антиоксидантних властивостей; 114% у β -каротині та 61% вітаміну В₆, цей вітамін має вирішальне значення для метаболізму та здоров'я мозку. ГПХД забезпечує на 198% потреби організму у β -каротині, а бузинова – на 98% у вітаміні В₆, 22% у β -каротині та 17,5% вітаміну Е. Лише 10 г КПХД забезпечує близько 12% добової потреби вітаміну С, 30% провітаміну А (β -каротину) та 13% вітаміну В₆, що є значущим внеском у раціон. Результати аналізу свідчать, що ПХД із плодів дикорослих рослин надають продуктам функціональних властивостей. Отримані ПХД можна використовувати для збагачення різних харчових продуктів, таких як кисломолочні продукти, макаронні вироби та хлібобулочні вироби. Додавання ПХД до цих продуктів дозволяє підвищити їхню харчову цінність за рахунок додаткових вітамінів, мінералів і антиоксидантів. Збагачення хліба, йогуртів, макаронних виробів такими добавками сприяє не лише поліпшенню складу продуктів, але й збільшенню терміну їх зберігання та поліпшенню органолептичних характеристик.

Висновки до розділу 3

1. Розроблена технологія виробництва ПХД із плодів дикорослих рослин є маловідходною та універсальною. Вона підходить для переробки будь-

якої ягідної сировини. Запропоновані режими термічної обробки забезпечують максимальне збереження біологічної цінності всіх продуктів переробки ягід.

2. Визначено оптимальний режим сушіння плодів із дикорослих рослин в інфрачервоних сушарках: температура сушіння – 50°C, тривалість процесу – 2 год.

3. Аналіз органолептичної оцінки показав, що ПХД не лише зберігають природний колір вихідної сировини, але й покращують зовнішній вигляд кінцевого продукту. Це підтверджує можливість використання ПХД як природних барвників у харчовій промисловості, оскільки колір зразків зберігається насиченим і однорідним після термічної обробки.

4. Масова частка води в ПХД не перевищує критичне значення, при якому можливий розвиток плісняви. Найнижча масова частка води 4,44% у БПХД, найбільша – 7,46%.

5. Масова частка цукру, з урахуванням рекомендованого додавання порошків у харчові продукти, не призводить до значного підвищення вмісту цукру у кінцевому продукті. Це дозволяє використовувати ПХД у складі продуктів для споживачів, які прагнуть знизити вживання цукру, зберігаючи при цьому смакові характеристики.

6. Тонкодисперсна структура ПХД (0,16–0,35 мм) забезпечує їх рівномірний розподіл у продукті, що робить їх ефективними стабілізаторами. Завдяки цьому досягається однорідна консистенція готових продуктів, без утворення грудочок або розшарування. Це особливо важливо для використання ПХД у продуктах з високим вмістом води, таких як йогурти та морозиво.

7. ПХД мають у своєму складі високий вміст ХВ, тому доцільно їх використовувати для збагачення харчових продуктів клітковиною. Найбільша кількість сирої клітковини міститься в БПХД (18,7 г/100 г), найменша – в ГПД (6,95 г/100 г).

8. В ПХД із плодів дикорослих рослин виявлені калій, кальцій, фосфор, алюміній, сірка, кремній, хлор та магній. Найбільший вміст калію спостерігається у ГПХД – 81 мг, що становить 16% від добової потреби. БПХД

містить 70 мг калію, що відповідає 14% добової потреби. У ОПХД, ОПХД і КПХД містять по 8 мг хлору (32% добової потреби), що може забезпечити часткову добову норму цього елементу. Магній виявлено лише у БПХД у кількості 8 мг.

9. До складу ОПХД входить 16 амінокислот, з них кількість НЗАК – 2,17 г. У складі ГПХД виявлено 16 АК, з них НЗАК 1,84 г/100 г. БПХД містить 16 АК, серед яких значну частку займають незамінні амінокислоти (1,89 г/100 г). Переважаючою АК є глютамінова. У складі КПХД виявлено 17 АК, з них – 1,5г/100 г складають НЗАК, переважаючою є лейцин.

10. ПХД є джерелом вітамінів – С (1,72–8,29 мг/100 г), Е (1,65–7,69 мг/100 г), В₆ (0,6–1,96 мг/100 г) та β -каротину 0,2 (3,42 мг/100 г). ОПХД задовольняє 51% добової потреби у вітаміні Е, 114% у β -каротині та 61% у вітаміні В₆, що важливо для метаболізму та здоров'я мозку. ГПХД на забезпечує 198% β -каротину, а бузинова – 98% вітаміну В₆, 22% β -каротину та 17,5% вітаміну Е. 100 г КПХД містить 12% від добової потреби вітаміну С, 30% провітаміну А і 13% вітаміну В₆, що робить їх важливою частиною раціону. БПХД є найбільш ефективним джерелом вітаміну В₆, забезпечує 98 % добової потреби в ньому та 17,53% у вітаміні Е.

11. Запропонована технологія дає можливість зберегти фенольний склад плодів дикорослих рослин. Найбільша кількість флавоноїдів міститься у КПХД (78,5 мг/100 г), найменша – у ОПХД (25,5 мг/100 г). Розроблені ПХД мають високу антиоксидантну активність, що робить їх гарними добавками для подовження терміну зберігання харчових продуктів. Найменшу антиоксидантну властивість має ГПХД (58,7%), найвищу – БПХД (99%).

12. ПХД мають високу енергетичну цінність. БПХД має найвищу енергетичну цінність – 150,9 ккал на 100 г, що обумовлено високим вмістом вуглеводів (31,1 г). Найнижчу енергетичну цінність має ГПХД – 74,16 ккал.

13. Гарантованим терміном придатності до споживання та застосування ПХД є термін 12 місяців.

14. Вміст токсичних елементів і радіонуклідів у отриманих ПХД знаходиться на дуже низькому рівні, що робить їх безпечним для вживання.

15. ПХД із плодів дикорослих рослин (обліпихи, горобини, калини, бузини) можна вважати функціональним. Результати дослідження підтверджують доцільність використання порошкових добавок як багатофункціональних інгредієнтів у харчовій промисловості.

РОЗДІЛ 4 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ПОРОШКОВИХ ХАРЧОВИХ ДОБАВОК

Сушіння має найбільший вплив на якість та біологічну цінність порошкових харчових добавок, оскільки саме при цьому відбуваються найбільші зміни органолептичних показників порошоків, зокрема кольору, а також зменшується вміст вітамінів. Знаходження оптимальних параметрів сушіння плодів дикорослих рослин здійснювали дисперсійно-регресійним аналізом. Для цього використано метод математичного моделювання, зокрема методологію поверхні відклику на даних повно-факторного експерименту (ПФЕ). Зв'язки між вхідними і вихідними параметрами сушіння плодів дикорослих рослин представлено у вигляді функціональної схеми за принципом «чорний ящик» (рис. 4.1).



Рис. 4.1 – Функціональна схема зв'язків в системі сушіння ПДР

До керуючих (вхідних) факторів віднесено:

- температуру (t , °C);
- тривалість (τ , хв.).

Встановлено контрольні (вхідні) параметри процесу:

- КП1 – вологість (ϕ , %);
- КП2 – вміст вітаміну С (C , мг/100 г);
- КП3 – зовнішній вигляд (ЗВ, бал).

Досліджувана математична модель сушіння плодів дикорослих рослин описується математичним рівнянням (4.1):

$$\text{КП} = b_0 + b_1 \cdot \tau + b_{11} \cdot \tau^2 + b_2 \cdot t + b_{22} \cdot t^2 \quad (4.1)$$

де КП – контрольний параметр;

$b_0, b_1, b_{11}, b_2, b_{22}$ – коефіцієнти при змінних;

t – температура, °C;

τ – тривалість, хв.

Побудову матриці планування експерименту, обробку експериментальних даних, із проведенням дисперсійного та регресивного аналізу, значення функцій відклику здійснювали в середовищі пакета *Statistica 10* (StatSoft, Inc.).

Для створення матриці планування експерименту заплановано зміну керуючих факторів на трьох рівнях: X_0 , $-X$; $+X$, із кроком варіювання $\pm\Delta$. Рівні варіювання керуючих факторів ПФЕ представлені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Рівні варіювання керуючих факторів в системі сушіння плодів дикорослих рослин

Операція	Позначення	Керуючі параметри	
		t , °C	τ , хв.
Інтервал варіювання	$\pm\Delta$	5	30
Рівні:			
нульовий	0	55	90
нижній	-1	40	30
верхній	+1	70	150

Оскільки в плануванні ПФЕ створюється матриця з двох керуючих факторів (t , τ) на трьох рівнях змін (X_0 , $-X$; $+X$), експеримент здійснювали за числом достатніх дослідів, які розраховували за рівнянням:

$$N = 3^n = 3^3 = 9 \quad (4.2)$$

Отже, 9 дослідів достатньо для реалізації всіх можливих комбінацій зміни керуючих факторів.

Матриця-план ПФЕ зображена в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Матриця-план ПФЕ впливу керуючих факторів на контрольні параметри в системі сушіння плодів дикорослих рослин

№ досліджу	Позначення рівня зміни факторів		Спільна дія керуючих факторів	
	t, °C	τ, хв.	t, °C	τ, хв.
1	-1	-1	40	30
2	-1	0	40	90
3	-1	+1	40	150
4	0	-1	55	30
5	0	0	55	90
6	0	+1	55	150
7	+1	-1	70	30
8	+1	0	70	90
9	+1	+1	70	150

Для уникнення систематичних помилок при проведенні дослідження дотримувались принципу рандомізації – експерименти проводилися не послідовно як вказано в плані, а у випадковому порядку.

Кожну лінійку дослідів (N=9) повторювали по 3 рази. Усереднені результати вологості (φ, %), вмісту вітаміну С (С, мг/100 г), і зовнішнього вигляду (ЗВ, бал) наведені в табл. 4.3.

На першому етапі математичної обробки результатів експериментів оцінено значущість окремих складових частин матмоделі – регресорів, та зроблено оцінку адекватності одержаної матмоделі отримання порошків похідних переробки дикорослих ягід.

Таблиця 4.3 – Усереднені результати дослідження впливу керуючих факторів на контрольні параметри в системі сушіння ПХД із плодів дикорослих рослин

№ дослі ду	Керуючі фактори		Контрольні параметри											
			ОПХД			КПХД			БПХД			ГПХД		
	t, °C	τ, хв	φ, %	С, мг/100г	ЗВ, бал	φ, %	С, мг/100г	ЗВ, бал	φ, %	С, мг/100 г	ЗВ, бал	φ, %	С, мг/100 г	ЗВ, бал
1	40	30	43,5	12,5	2,1	49,8	21,5	2,1	69,1	11,5	2,2	33,5	12,1	2,1
2	40	90	37,2	7,5	2,3	38,5	12,5	2,5	45,5	7,1	2,3	27,2	8,5	2,3
3	40	150	26,7	3,9	2,6	27,2	8,9	2,8	29,0	3,2	2,6	16,7	4,1	3,2
4	55	30	33,5	11,4	2,5	43,1	20,1	2,5	58,5	9,8	2,5	23,5	7,5	2,5
5	55	90	10,5	3,7	3,8	15,2	8,2	4,0	11,3	3,1	4,5	7,5	1,7	4,5
6	55	150	6,2	3,0	4,5	6,0	5,9	4,5	4,8	2,7	4,6	6,0	1,4	4,0
7	70	30	28,5	9,7	2,8	29,1	17,7	2,8	24,5	8,5	2,8	18,5	6,5	2,8
8	70	90	9,5	2,8	4,2	8,7	5,8	4,6	6,5	2,4	4,4	7,5	1,4	4,0
9	70	150	5,0	2,1	4,0	5,0	4,2	4,0	4,0	2,0	4,1	4,5	1,0	3,9

Дисперсійний аналіз впливу керуючих факторів на контрольні параметри отримання порошкових харчових добавок із плодів дикорослих рослин представлено в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Дисперсійний аналіз математичних моделей сушіння ПДР

Керуючі фактори			Сума квадратів, SS	Ступінь свободи, df	Середнє значення квадрата, MS	Критерій Фішера	
						F _{розр.}	F _{крит.}
Обліпіха	Вологість, %	Температура, °C	830,116	2	415,057	21,338	5,99
		Тривалість, хв.	803,349	2	404,174	20,778	5,99
		Чиста похибка	77,804	4	19,451		
		Загальна сума квадратів, SS	1716,269	8			
		Коефіцієнт детермізації R ²	0,955				
	Вміст вітаміну C, мг/100 г	Температура, °C	14,709	2	7,354	8,813	5,99
		Тривалість, хв.	112,702	2	56,351	67,531	5,99
		Чиста похибка	3,338	4	0,834		
		Загальна сума квадратів, SS	130,749	8			
		Коефіцієнт детермізації R ²	0,974				
	Зовнішній вигляд, бал	Температура, °C	3,387	2	1,693	8,396	5,99
		Тривалість, хв.	2,527	2	1,263	6,264	5,99
		Чиста похибка	0,807	4	0,2017		
		Загальна сума квадратів, SS	6,720	8			
		Коефіцієнт детермізації R ²	0,879				
Калина	Вологість, %	Температура, °C	929,887	2	464,943	18,837	5,99
		Тривалість, хв.	1240,027	2	620,013	25,120	5,99
		Чиста похибка	98,727	4	24,682		
		Загальна сума квадратів, SS	2268,640	8			
		Коефіцієнт детермізації R ²	0,956				
	Вміст вітаміну C, мг/100 г	Температура, °C	38,776	2	19,388	25,985	5,99
		Тривалість, хв.	306,242	2	153,121	205,226	5,99
		Чиста похибка	2,984	4	0,746		
		Загальна сума квадратів, SS	348,002	8			
		Коефіцієнт детермізації R ²	0,991				
	Зовнішній вигляд, бал	Температура, °C	3,236	2	1,618	7,372	5,99
		Тривалість, хв.	3,216	2	1,608	7,327	5,99
		Чиста похибка	0,878	4	0,219		
		Загальна сума квадратів, SS	7,329	8			
		Коефіцієнт детермізації R ²	0,880				

Закінчення таблиці 4.4

Керуючі фактори			Сума квадратів, SS	Ступінь свободи, df	Середнє значення квадрата, MS	Критерій Фішера	
						F _{розр.}	F _{крит.}
Бузина	Вологість, %	Температура, °C	2013,680	2	1006,840	10,585	5,99
		Тривалість, хв.	2400,020	2	1200,010	12,616	5,99
		Чиста похибка	380,480	4	95,120		
		Загальна сума квадратів, SS	4794,180	8			
		Коефіцієнт детермізації R ²	0,921				
	Вміст вітаміну С, мг/100 г	Температура, °C	13,882	2	6,941	6,562	5,99
		Тривалість, хв.	88,616	2	44,308	41,888	5,99
		Чиста похибка	4,231	4	1,058		
		Загальна сума квадратів, SS	106,729	8			
		Коефіцієнт детермізації R ²	0,960				
	Зовнішній вигляд, бал	Температура, °C	4,220	2	2,110	6,956	5,99
		Тривалість, хв.	3,127	2	1,563	5,995	5,99
		Чиста похибка	1,213	4	0,303		
		Загальна сума квадратів, SS	8,560	8			
		Коефіцієнт детермізації R ²	0,858				
Горобина	Вологість, %	Температура, °C	430,447	2	215,223	25,719	5,99
		Тривалість, хв.	407,420	2	203,710	24,343	5,99
		Чиста похибка	33,473	4	8,368		
		Загальна сума квадратів, SS	871,340	8			
		Коефіцієнт детермізації R ²	0,962				
	Вміст вітаміну С, мг/100 г	Температура, °C	50,149	2	25,074	17,832	5,99
		Тривалість, хв.	68,936	2	34,468	24,513	5,99
		Чиста похибка	5,624	4	1,406		
		Загальна сума квадратів, SS	124,709	8			
		Коефіцієнт детермізації R ²	0,955				
	Зовнішній вигляд, бал	Температура, °C	2,362	2	1,181	5,111	5,99
		Тривалість, хв.	2,816	2	1,408	6,091	5,99
		Чиста похибка	0,924	4	0,231		
		Загальна сума квадратів, SS	6,102	8			
		Коефіцієнт детермізації R ²	0,849				

Дисперсійним аналізом підтверджено значущості обраних керуючих факторів за критерієм Фішера: $F_{роз} > F_{крит}$,

де $F_{роз}$ – розрахунковий критерій Фішера,

$F_{крит}$ – критичний критерій Фішера.

Відповідно, до дисперсійного аналізу керуючі фактори, для яких значення розрахованого критерія Фішера більше за критичне значення ($F_{\text{розр}} \geq F_{\text{крит}} (5,99)$) вважаються значущими, тобто здатних впливати і ефективно зрушувати процес сушіння в напрямку поставленої мети – максимум КП1, КП2 і КП3. Отже, значущими факторами є тривалість і температура сушіння для представлених матмоделей сушіння похідних переробки дикорослих ягід. Перевірку адекватності матмоделей здійснювали за коефіцієнтом детермізації R^2 , який чисельно виражає частку варіацій залежних змінних – чим більше значення R^2 , тим більшу частку варіацій пояснюють змінні, включені до матмоделі. Коефіцієнт детермізації (R^2) в матмоделях (табл. 4.4) максимально наближений до одиниці, отже досліджувані матмоделі адекватні і придатні для розрахунку оптимальних значень керуючих факторів.

Регресійним аналізом виконаним в програмі Statistica в матмоделях сушіння похідних переробки дикорослих ягід розраховано коефіцієнти при змінних рівняння регресії і встановлення їх значущості. Результати в загальному вигляді зведено в табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Регресійний аналіз математичних моделей сушіння плодів дикорослих рослин

Керуючі фактори			Контрольний параметр				
			Вільний	t	t ²	τ	τ^2
Обліпиха	Вологість, %	Коефіцієнт при змінних (b)	192,679	-4,789	0,037	-0,429	-0,429
		Стандартні похибки оцінок (S_b)	40,808	1,529	0,014	0,158	0,158
		Критерій Стюдента (t - критерій)	4,721	-3,132	2,672	-2,704	-2,704
		Рівень значимості (p)	0,009	0,035	0,045	0,043	0,044
	Вміст вітаміну С, мг/100 г	Коефіцієнт при змінних (b)	26,873	-0,291	0,002	-0,190	0,001
		Стандартні похибки оцінок (S_b)	8,452	0,316	0,003	0,033	0,001
		Критерій Стюдента (t - критерій)	3,179	-0,918	0,593	-5,777	3,767
		Рівень значимості (p)	0,033	0,411	0,048	0,004	0,019
	Зовнішній вигляд, бал	Коефіцієнт при змінних (b)	-8,390	0,338	-0,003	0,028	-0,001
		Стандартні похибки оцінок (S_b)	4,155	0,156	0,001	0,016	0,008
		Критерій Стюдента (t - критерій)	-2,019	2,169	-1,889	1,718	-1,102
		Рівень значимості (p)	0,011	0,096	0,013	0,016	0,033

Продовження таблиці 4.5

Керуючі фактори			Контрольний параметр				
			Вільний	t	t ²	τ	τ ²
Калина	Вологість, %	Коефіцієнт при змінних (b)	162,703	-3,228	0,022	-0,527	0,002
		Стандартні похибки оцінок (S _b)	45,969	1,723	0,015	0,178	0,001
		Критерій Стюдента (t - критерій)	3,539	-1,874	1,409	-2,951	1,679
		Рівень значимості (p)	0,024	0,013	0,023	0,042	0,017
	Вміст вітаміну С, мг/100 г	Коефіцієнт при змінних (b)	42,369	-0,348	0,002	-0,323	0,001
		Стандартні похибки оцінок (S _b)	7,992	0,299	0,003	0,031	0,0001
		Критерій Стюдента (t - критерій)	5,301	-1,162	0,601	-10,379	6,904
		Рівень значимості (p)	0,006	0,031	0,058	0,0001	0,002
	Зовнішній вигляд, бал	Коефіцієнт при змінних (b)	-7,847	0,305	-0,002	0,040	-0,001
		Стандартні похибки оцінок (S _b)	4,335	0,162	0,001	0,017	0,001
		Критерій Стюдента (t - критерій)	-1,810	1,879	-1,610	2,372	-1,761
		Рівень значимості (p)	0,014	0,013	0,018	0,007	0,015
Бузина	Вологість, %	Коефіцієнт при змінних (b)	202,390	-3,602	0,022	-0,845	0,003
		Стандартні похибки оцінок (S _b)	90,243	3,382	0,031	0,351	0,002
		Критерій Стюдента (t - критерій)	2,243	-1,065	0,710	-2,406	1,529
		Рівень значимості (p)	0,048	0,034	0,049	0,047	0,021
	Вміст вітаміну С, мг/100 г	Коефіцієнт при змінних (b)	27,255	-0,384	0,002	-0,165	0,001
		Стандартні похибки оцінок (S _b)	9,516	0,356	0,003	0,037	0,001
		Критерій Стюдента (t - критерій)	2,864	-1,077	0,802	-4,456	2,865
		Рівень значимості (p)	0,045	0,034	0,046	0,011	0,045
	Зовнішній вигляд, бал	Коефіцієнт при змінних (b)	-11,356	0,438	-0,004	0,041	-0,001
		Стандартні похибки оцінок (S _b)	5,096	0,191	0,002	0,019	0,001
		Критерій Стюдента (t - критерій)	-2,228	2,292	-2,054	2,045	-1,541
		Рівень значимості (p)	0,009	0,008	0,011	0,011	0,019
Горобина	Вологість, %	Коефіцієнт при змінних (b)	133,859	-3,283	0,025	-0,287	0,001
		Стандартні похибки оцінок (S _b)	26,767	1,003	0,009	0,104	0,001
		Критерій Стюдента (t - критерій)	5,001	-3,273	2,762	-2,752	1,491
		Рівень значимості (p)	0,007	0,031	0,005	0,005	0,021
	Вміст вітаміну	Коефіцієнт при змінних (b)	48,355	-1,186	0,009	-0,133	0,001
		Стандартні похибки оцінок (S _b)	10,972	0,411	0,004	0,043	0,001

Закінчення таблиці 4.5

Керуючі фактори			Контрольний параметр				
			Вільний	t	t ²	τ	τ ²
Зовнішній вигляд, бал		Критерій Стюдента (t - критерій)	4,407	-2,884	2,465	-3,110	1,868
		Рівень значимості (p)	0,012	0,045	0,006	0,036	0,014
		Коефіцієнт при змінних (b)	-8,262	0,336	-0,003	0,036	-0,001
		Стандартні похибки оцінок (S _b)	4,448	0,167	0,002	0,017	0,001
		Критерій Стюдента (t - критерій)	-1,857	2,015	-1,814	2,086	-1,519
		Рівень значимості (p)	0,013	0,011	0,014	0,011	0,020

Отримані математичні рівняння (4.1) математичних моделей із зазначенням значущих факторів мають вигляд:

— для обліпихи:

$$\varphi = 192,679 - 4,789 \cdot t + 0,037 \cdot t^2 - 0,429 \cdot \tau + 0,001 \cdot \tau^2 \quad (4.2)$$

$$C = 26,873 - 0,291 \cdot t + 0,001 \cdot t^2 - 0,190 \cdot \tau + 0,001 \cdot \tau^2 \quad (4.3)$$

$$ЗВ = -8,390 + 0,338 \cdot t - 0,003 \cdot t^2 + 0,028 \cdot \tau - 0,001 \cdot \tau^2 \quad (4.4)$$

— для калини:

$$\varphi = 162,703 - 3,228 \cdot t + 0,022 \cdot t^2 - 0,529 \cdot \tau + 0,002 \cdot \tau^2 \quad (4.5)$$

$$C = 42,369 - 0,348 \cdot t + 0,001 \cdot t^2 - 0,323 \cdot \tau + 0,001 \cdot \tau^2 \quad (4.6)$$

$$ЗВ = -7,847 + 0,305 \cdot t - 0,003 \cdot t^2 + 0,040 \cdot \tau - 0,001 \cdot \tau^2 \quad (4.7)$$

— для бузини:

$$\varphi = 202,390 - 3,602 \cdot t + 0,022 \cdot t^2 - 0,845 \cdot \tau + 0,003 \cdot \tau^2 \quad (4.8)$$

$$C = 27,255 - 0,384 \cdot t + 0,003 \cdot t^2 - 0,165 \cdot \tau + 0,001 \cdot \tau^2 \quad (4.9)$$

$$ЗВ = -11,356 + 0,438 \cdot t - 0,004 \cdot t^2 + 0,041 \cdot \tau - 0,001 \cdot \tau^2 \quad (4.10)$$

— для горобини:

$$\varphi = 133,859 - 3,283 \cdot t + 0,025 \cdot t^2 - 0,287 \cdot \tau + 0,001 \cdot \tau^2 \quad (4.11)$$

$$C = 48,355 - 1,186 \cdot t + 0,009 \cdot t^2 - 0,133 \cdot \tau + 0,001 \cdot \tau^2 \quad (4.12)$$

$$ЗВ = -8,261 + 0,336 \cdot t - 0,003 \cdot t^2 + 0,036 \cdot \tau - 0,001 \cdot \tau^2 \quad (4.13)$$

Наочний вигляд функцій відкликів, що описується рівняннями (4.2) – (4.13), а також характер впливу керуючих факторів на сушіння плодів дикорослих

рослин показано на рис. 4.2–4.5.

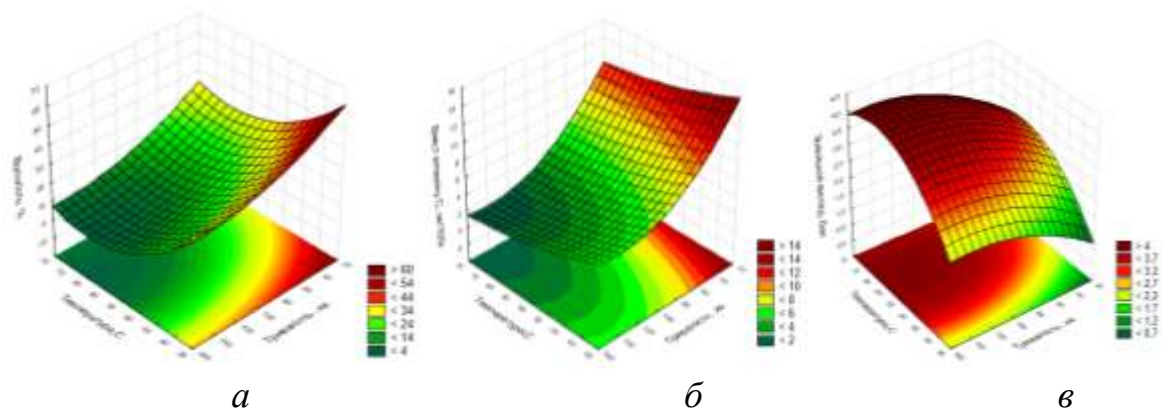


Рис. 4.2 – Зміна контрольних параметрів від керуючих факторів при зневодненні плодів обліпихи: *а* – вологість, %; *б* – вміст вітаміну С, мг/100г; *в* – зовнішній вигляд, бал

Побудовані поверхні відкликів (рис. 4.2а – 4.5а) показують, що мінімальний вміст води в порошках похідних переробки дикорослих ягід спостерігається в діапазоні температур (60...70)°С. Оптимальну температуру сушіння було обрано з урахуванням енерговитрат та показників якості продукції. З точки зору енергоспоживання, чим коротший час сушіння, тим вищий ступінь використання тепла, але на якість продукції також сильно впливає вплив температури.

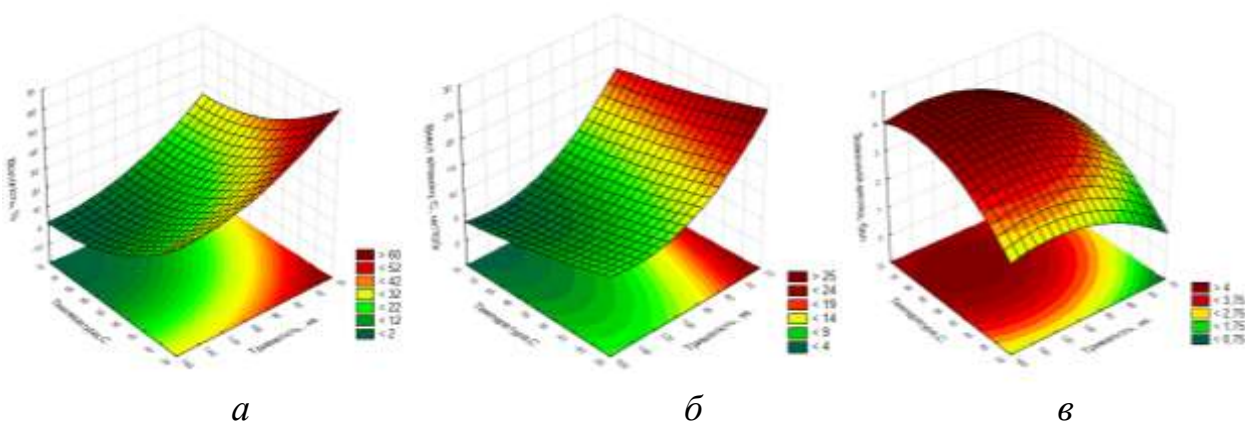


Рис. 4.3 – Зміна контрольних параметрів від керуючих факторів при зневодненні плодів калини: *а* – вологість, %; *б* – вміст вітаміну С, мг/100г; *в* – зовнішній вигляд, бал

Тому температура сушіння була підібрана таким чином, щоб час сушіння був мінімальним, а отриманий порошок був найвищої якості.

Визначення оптимальних раціональних параметрів сушіння – це підбір таких режимів, які будуть забезпечувати мінімальну тривалість та енергоємність процесу, а на виході отримувати продукт з максимально високими технологічними властивостями, харчовою та біологічною цінністю.

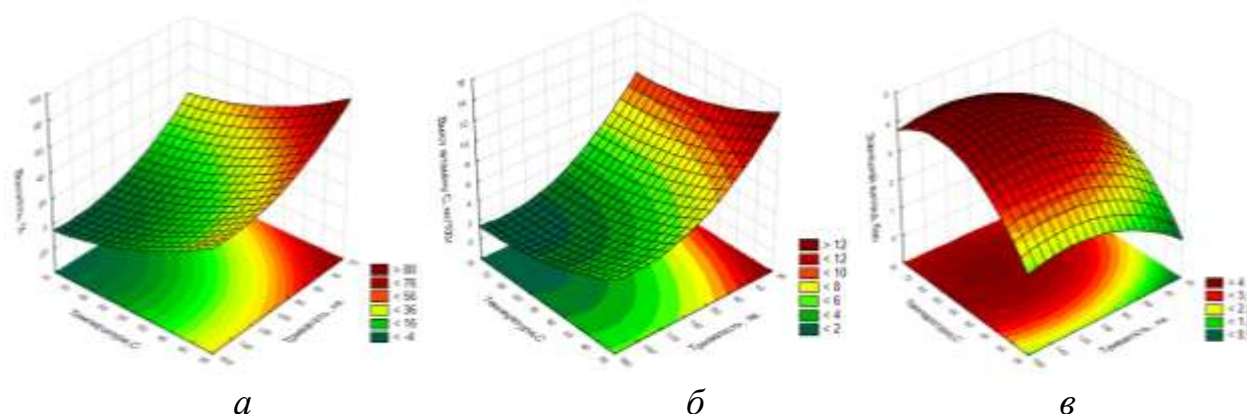


Рис. 4.4 – Зміна контрольних параметрів від керуючих факторів при зневодненні плодів бузини: *a* – вологість, %; *б* – вміст вітаміну С, мг/100г; *в* – зовнішній вигляд, бал

Аналіз поверхонь відкликів рис. 4.2б – 4.5б демонструють, що високі значення температур сприяють зменшенню вмісту вітаміну С. При низьких температурах і за високих – зовнішній вигляд отриманих сухих продуктів є не задовільним, характеризуються низькими балами. Відповідно вирішеної моделі для всіх представлених дикорослих ягід, оптимальним значенням є температура сушіння (50...55)°С, при цьому спостерігається максимально бажане значення вмісту вологи, вмісту вітаміну С в продуктах і привабливим зовнішнім виглядом.

Фактором, який має вплив на сушіння ПХД із плодів дикорослих ягід є тривалість процесу. При не раціонально підбраному часі збільшуються енерговитрати, і навпаки, при недостатньо проведеному технологічному процесі зменшується якість готової продукції.

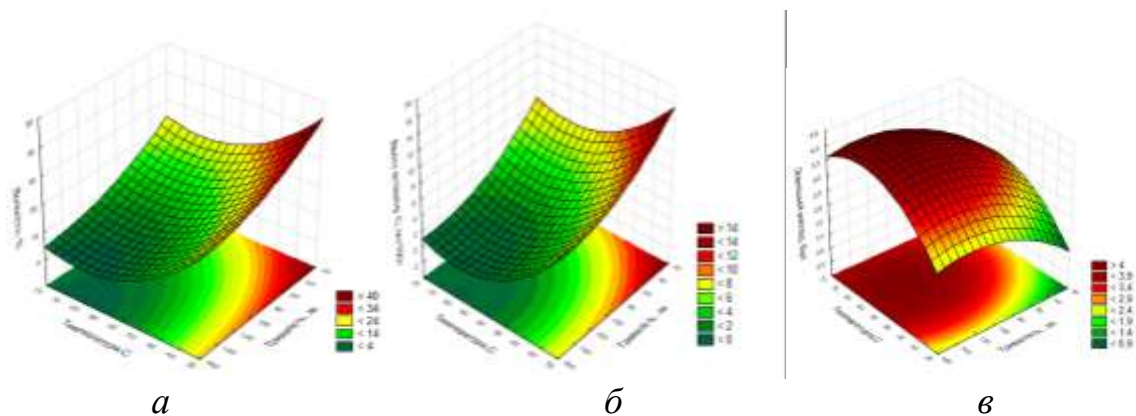


Рис. 4.5 – Зміна контрольних параметрів від керуючих факторів при зневодненні плодів горобини: *а* – вологість, %; *б* – вміст вітаміну С, мг/100г; *в* – зовнішній вигляд, бал

Аналіз поверхонь відкликів рис. 3.2б – 3.5б показують, що при збільшенні часу сушіння показники вологості і вмісту вітаміну С зменшуються, останнє є не бажаним. Оптимальним значенням при вирішенні даної моделі є тривалість сушіння (110...120) хв. Узагальнюючі результати експериментальних даних, планування експерименту з встановленням адекватної матмоделі та її рішення в остаточному варіанті встановлено оптимальні технологічні параметри сушінні похідних переробки дикорослих ягід і отримання порошків:

- температура – (50...55)°С;
- тривалість – (110...120) хв.

Висновки до розділу 4

1. Розроблено математичну модель сушіння плодів дикорослих рослин, яка містить взаємозв'язок між керуючими факторами: температура (t , °С) й тривалість сушіння (τ , хв.), та контрольними параметрами процесу: вологість (ϕ , %); вміст вітаміну С (C , мг/100 г); зовнішній вигляд ($ЗВ$, бал).

2. Оцінено значущість окремих складових частин матмоделі – регресорів, та зроблено оцінку адекватності одержаної матмоделі отримання порошків похідних переробки дикорослих ягід. Відповідно, до дисперсійного аналізу значущими факторами є тривалість і температура сушіння для представлених матмоделей

сушіння похідних переробки дикорослих ягід. Високі значення коефіцієнтів детермізації (R^2) підтверджують, що досліджувані матмоделі адекватні і придатні для розрахунку оптимальних значень керуючих факторів.

3. Регресійним аналізом виконаним в програмі Statistica в матмоделях сушіння похідних переробки дикорослих ягід розраховано коефіцієнти при змінних рівняння регресії із встановлення їх значущості. Отримані математичні рівняння (4.1) математичних моделей із зазначенням значущих факторів.

4. Побудовано поверхні відкликів, які наочно описують характер впливу керуючих факторів на сушіння похідних переробки дикорослих ягід. Відповідно, визначено оптимальні раціональні параметри сушіння, які забезпечують мінімальну тривалість та енергоємність процесу і дозволяє на виході отримувати продукт з максимально високими технологічними властивостями, харчовою та біологічною цінністю.

5. Узагальнюючі результати аналізу розробленої математичної модель дозволяють встановити оптимальні технологічні параметри сушіння похідних переробки дикорослих ягід і отримання порошків:

- температура – (50...55)°C;
- тривалість – (110...120) хв.

РОЗДІЛ 5 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

5.1 Застосування горобинової порошкової добавки у технології хліба

Головною задачею, було з'ясувати, чи можна замінити частину борошна на ГПХД, так, щоб рецептура за всіма компонентами, крім цукру, була однаковою. Оскільки за рахунок осмотичної дегідратації, частина кислот переходить в розчин, тому не було встановлено погіршення смаку хліба при додаванні 10% ПХД. Виготовлення дослідних зразків проводили безопарним способом за рецептурою, представленою в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Рецептура хліба із пшеничного борошна з ГПХД, кг/100 кг борошна

Сировина	Контроль	Д 1	Д 2
Борошно пшеничне вищого сорту	100,0	80,0	90,0
ГПХД	–	20	10
Дріжджі хлібопекарські сухі	1,0	1,0	1,0
Сіль кухонна	1,5	1,5	1,5
Цукор-пісок	2,0	–	–
Олія соняшникова	2,0	2,0	2,0
Вода	24,5	24,5	24,5
Разом	130,0	130,0	130,0

У рецептурі зразків, виготовлених із додаванням ГПХД (Д1, Д2, Д3), не використовували цукор, оскільки його в достатній мірі замінюють цукри, які містяться в харчовій добавці за рахунок взаємодії плодів горобини із осмотичним розчином.

Технологічна схема виробництва хліба із пшеничного борошна із ГПД представлена на рис. 5.1. Запропонована технологія пройшла апробацію у виробничих умовах (дотаток Д).

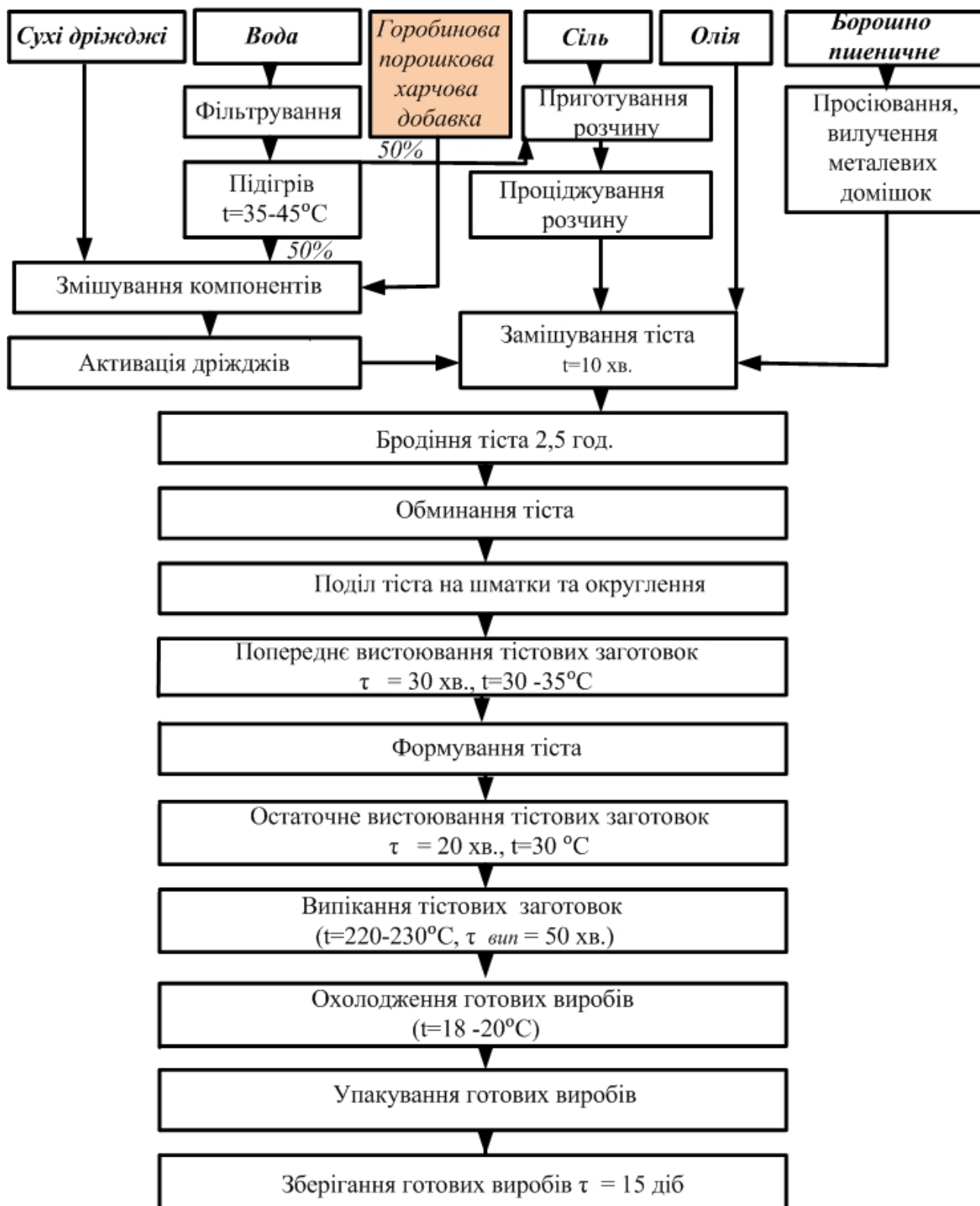


Рис. 5.1 – Технологічна схема виробництва хліба із пшеничного борошна з ГПХД

Перед замішуванням тіста проводиться активація сухих дріжджів. Для цього 50% очищеної води, передбаченої рецептурою, нагрівається до температури 35–

45°C і змішується із ГПХД. Після вносяться дріжджі у кількості 1% до маси борошна. Цукри, що містяться в ГПХД забезпечують поживне середовище для дріжджів, які активуються через 3–5 хв після змішування. При цьому синтезуються внутрішньоклітинні ферменти, прискорюється процес дисиміляції субстрату. Продуктивність дріжджів зростає, підвищується їх бродильна активність. Поверхня суміші піниться, спостерігаються бульбашки газу і з'являється характерний дріжджовий запах. Таким чином, час активації скорочується вдвічі, відсутня потреба у збільшенні кількості дріжджів, що зазвичай характерно для безопарного способу.

Активована суміш вноситься у борошно, після чого починається наступна технологічна операція – замішування тіста. Сіль вноситься у тісто у вигляді розчину, вся сировина ретельно перемішується. Тісто замішується протягом 10 хвилин до однорідної консистенції без грудочок і непромісу. Замішане тісто бродить при кімнатній температурі (не менше 20 °C) 2,5 години. В процесі бродіння тіста проводиться 1–2 обминання для формування дрібнопористої структури хліба та дозрівання тіста.

При додаванні ГПХД у кількості 10% та 20%, спостерігається зміна ключових характеристик тіста. Зокрема, зростає його початкова кислотність: при 10% порошку – на 7,2 градуси, при 20% – на 9,2 градуси. Збільшення кислотності позитивно впливає на процес випікання, оскільки пригнічує активність амілази. Це зменшує утворення низькомолекулярних декстринів і знижує липкість м'якушки хліба.

Рівень pH ГПХД становить 4,6, і зі збільшенням її кількості у тісті, спостерігається зниження загальної кислотності зразків. ПХД стимулює активне утворення і накопичення кислот, що сприяє інтенсивному розмноженню дріжджових клітин. В результаті покращується підйомна сила тіста при 10% – на 130 с. Однак при збільшенні дозування до 20% спостерігається значне зниження підйомної сили тіста, що може бути пов'язане з високим вмістом цукрів, які забезпечують додаткове поживне середовище для розвитку дріжджів, але водночас можуть уповільнювати бродіння. Виброжене тісто ділиться на шматки і

округлюється. Округлені тістові заготовки вистоюються протягом 30 хвилин. Після цього заготовкам надається необхідна форма, і їх поміщають у форми для випікання, залишаючи для остаточного вистоювання протягом 20 хвилин. Випікання проводиться протягом 50 хвилин при температурі 220–230°C. Після випікання готові вироби охолоджуються до температури 18–20°C і відправляються на пакування. Пакування упакованого хліба після його вистигання здійснюють у харчову поліетиленову плівку згідно з чинною НД, пакети з полімерних та комбінованих матеріалів згідно ДСТУ 7275.

Запропоновані рішення щодо використання ГПХД можливо застосовувати як при безопарному, так і при опарному способі випікання хліба. Використання цієї технології скорочує час приготування хліба на 30 хвилин у порівнянні з класичним безопарним способом і на 120–150 хв. у порівнянні з опарним способом [267].

За органолептичними показниками хліб пшеничний із подовженим терміном придатності відповідає показникам, представленим в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Органолептичні показники хліба пшеничного подовженого терміну зберігання

Найменування показників	К	Д1	Д2
Зовнішній вигляд			
Форма	прямокутна, не розпливчаста, без напливів	прямокутна розпливчаста	правильна, прямокутна, не розпливчаста, без напливів
Поверхня	нерівномірна	нерівномірна	гладка без забруднення, без тріщин і підривів
Колір	світло-жовтий	коричневий	світло-коричневий

Закінчення таблиці 5.2

Найменування показників	К	Д1	Д2
Стан м'якушки	пропечена, еластична, суха на дотик, з розвиненою пористістю без ознак непромісу та ущільнень у м'якушці	волога на дотик	пропечена, еластична, суха на дотик, з розвиненою пористістю без ознак непромісу та ущільнень у м'якушці
Смак	властивий даному виду хліба, безстороннього присмаку	гіркуватий присмак	смак із відчутною кислинкою
Запах	запах властивий цьому виду хліба	насичений горобиновий аромат	приємний горобиновий аромат

Зразок Д1 мав прямокутну розпливчасту форму. Поверхня зразка нерівномірною. Колір скоринки коричневий, м'якушка дещо волога на дотик. Смак виражений з інтенсивним запахом горобини. Практично за всіма ознаками хліб із додаванням 20% порошку не відповідав ДСТУ 7517:2014. Форма зразку Д2 правильна, прямокутна, не розпливчаста, відповідає виду виробу. Скоринка без тріщин і підривів. Забарвлення скоринки контрольного зразка світло-коричнєве, а зразка 2 – коричневе. Колір м'якушки в обох зразках рівномірний. М'якушка не липка і не волога на дотик. У зразку 2 спостерігаються невеликі включення внесеної добавки. Структура пористості середня і велика, рівномірна. Товщина стінок пор середня. При цьому пустот і ущільнень не виявлено в жодному зразку. Смак і запах контрольного зразка відповідав нормативним показникам, без сторонніх присмаків. У зразку Д2 відчувався приємний горобиновий аромат, смак – нормальний, не кислий.

Фізико-хімічні та інші показники якості хліба пшеничного подовженого терміну зберігання із додаванням 20% ГПХД не досліджували, оскільки результати органолептичної оцінки показали, що така кількість добавки негативно

впливає на споживчі характеристики хліба.

Результати досліджень фізико-хімічних показників хліба з подовженим терміном зберігання представлені в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Результати аналізу фізико-хімічних показників хліба з подовженим терміном зберігання

Найменування показників	К	Д2
Упікання, %	13,81±0,1	13,63±0,1
Кислотність м'якушки, град.	2,0±0,1	3,8±0,1
Масова частка вологи м'якушки, %	39,4±0,1	39,3±0,1
Пористість м'якушки, %	69,5±0,5	71,9±0,5
Показник крихкуватості хліба, %	22,6±0,5	15,1±0,5
Масова частка хлористого натрію, %	0,84±0,01	0,84±0,01

Аналіз фізико-хімічних показників хліба показав, що додавання ГПХД не призводить до їх зниження. Величина упікання хліба знижується на 0,18 % при додаванні порошку, очевидно, за рахунок більшого вмісту харчових волокон, які здатні утримувати вологу в продукті. У зразку 2 кислотність на 1,8 град була вища, ніж у контрольному зразку. Збільшення кислотності сприяє покращенню здатності хліба до зберігання, пригнічуючи розвиток шкідливих мікроорганізмів. Вологість обох зразків практично однакова (різниця 0,1%), дещо нижча за нормативні показники. Це може бути пов'язано із способом виготовлення хліба. Проте, така вологість сприятиме кращому зберіганню хліба. При додаванні 10% ГПХД пористість м'якушки збільшується на 2,4%. Це може бути спричинено збільшення кількості мінеральних речовин, вітамінів та кислот, які містяться в порошках. Ці нутрієнти стимулюють розвиток дріжджів, які краще розщеплюють сахарозу на спирт та CO₂. При цьому тісто розпушується, збільшується число і величина пор. Вироби із більшою пористістю краще засвоюються та довше зберігають свіжість.

Також, при додаванні 10% ГПХД на 7,5% знижується крихкуватість м'якушки порівняно з контрольним зразком. Здатність до знижування крихкуватості хліба може пояснюватися обволіканням частково клейстеризованих

зерен крохмалю і сповільненням їх ущільнення за рахунок кристалізації амілози та амілопектину. Аналіз стійкості при зберіганні та дослідження органолептичних і фізико-хімічних показників якості хліба підтвердив ефективність включення у рецептуру пшеничного хліба 10% ГПХД.

Розрахунок харчової цінності хліба з подовженим терміном зберігання наведено у таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Харчова цінність хліба з подовженим терміном зберігання

Показники	К	Д2
Білки, г	10,7	10,2
Жири, г	3,07	2,98
Вуглеводи, г	73,0	62,01
Енергетична цінність:		
– ккал	362,43	315,66
– кДж	1518,6	1322,62

Контрольний зразок має найвищу калорійність, більшу кількість білків та вуглеводів, що характерно для хліба з пшеничного борошна без додавання інших інгредієнтів. При частковій заміні пшеничного борошна на ГПХД знижується енергетична цінність готового продукту. У зразку К кількість білків становить 10,7 г, у зразку Д2 на 0,5 г. Це пояснюється тим, що ГПХД, на відміну від борошна, має нижчий вміст білків, і при його додаванні частка білкових сполук у загальному складі зменшується. У зразку Д2 кількість жирів зменшується на 0,09 г у порівнянні з контрольним зразком. Це зниження незначне, оскільки ГПХД містить мало жирів, що впливає на загальний склад хліба. Значне зниження кількості вуглеводів на 10,99 г у Д2 пояснюється тим, що ГПХД заміщує частину борошна, яке є основним джерелом вуглеводів у хлібі.

Енергетична цінність контрольного зразка становить 362,43 ккал, у зразку Д2 – на 46,77 ккал (12,9%). Зниження калорійності особливо важливе для тих, хто контролює свою вагу або дотримується дієти з низьким вмістом вуглеводів.

Додавання 10% ГПХД до пшеничного хліба позитивно впливає на його хімічний склад, особливо щодо вмісту ХВ та вітамінів С, А. Додавання 10% ГПХД збільшує вміст харчових волокон на 0,695 г.

Термін зберігання хліба є важливим показником, що визначає його споживчу якість. Для встановлення терміну придатності до споживання, зразки зберігали при кімнатній температурі, без доступу світла у поліетиленових пакетах протягом 15 діб.

Таблиця 5.5 – Мікробіологічні показники хліба пшеничного подовженого терміну зберігання на 9 добу

Найменування показників	Нормативне значення	К	Д2
КМАФАнМ, КУО в 1,0 г	$1,0 \cdot 10^3$	$3,5 \cdot 10^1$	ріст відсутній
БГКП (коліформи) в 0,1 г	не допускається	ріст відсутній	
Патогенні мікроорганізми:	не допускається	ріст відсутній	
– <i>Salmonella</i> , в 25,0 г			
– <i>L.monocytogenes</i> , в 1,0 г			
Дріжджі КУО в 1 г	50	ріст відсутній	
Плісєневі гриби, КУО в 1,0 г	50	$2,5 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^1$

В ході експериментального дослідження було виявлено, що зразки хліба, до яких додано ГПХД, значно краще протистоять утворенню плісняви у порівнянні з контрольним зразком. На 15-ту добу зберігання він залишався без ознак плісняви. Це свідчить про виражені антимікробні властивості горобини, яка значно продовжує термін зберігання хліба, запобігаючи розвитку пліснявих грибків. Експеримент показав, що додавання ГПХД дозволяє як мінімум в два рази збільшити терміни його зберігання. Додавання порошку горобини може бути перспективним способом природного збільшення терміну придатності хлібобулочних виробів, зменшуючи потребу в штучних консервантах. Цей ефект робить горобину корисним компонентом для підвищення стійкості продуктів до псування. За запропонованою технологічною схемою термін зберігання хліба

можна підвищити до 15 діб.

Запропонована технологія також була апробована у технології виробництва хліба із житнього обдирного борошна (10% ГПХД), встановлено, що ознаки пліснявіння не спостерігаються 20 діб [268].

5.2 Застосування бузинової порошкової добавки у виробництві йогуртів

Основною сировиною для виробництва йогурту є нормалізоване молоко з масовою часткою жиру 2,5 г/100 г, загального білка 3,4 г/100 г, лактози 4,6 г/100 г. Зразки молока були отримані від промислового постачальника. Для заквашування використовували закваску бактеріальну «Йогурт VIVO». В якості наповнювача використовували ПХД із бузини. За контрольний зразок (К) був взятий йогурт питний 2,5% з фруктовим наповнювачем «Лісові ягоди». До складу рецептури входило молоко нормалізоване, наповнювач фруктовий стерилізований «Лісові ягоди» 7% (сік горобини чорноплідної відновлений 6%, сік бузини відновлений 5,6%, чорна смородина та полуниця 5%, ожина 4,5%, чорниця 2%, малина 1,9%), цукор, модифікований крохмаль кукурудзяний, ароматизатор малини, натуральний ароматизатор, регулятори кислотності цитрат натрію та лимонна кислота, стабілізатори карагенани, закваска бактеріальна.

Технологічні параметри виробництва йогурту залишено без змін, лише застосовано нову рецептуру для отримання нового функціонального продукту. Рецептура дослідних зразків представлена в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Рецептура дослідних зразків йогуртів, кг на 1000 кг готової продукції (без урахування втрат)

Назва сировини	Витрати сировини, кг		
	Д1	Д2	Д3
Молоко нормалізоване з м.ч.ж 2,5 %	900	880	850
Закваска	50	50	50
БПХД	50	70	100
Всього	1000	1000	1000

Із стандартної рецептури було виключено такі компоненти, як цукор, регулятори кислотності, смако-ароматичні добавки та стабілізатори структури. Йогурт виготовляли термостатним способом, внесення наповнювача робили на етапі нормалізації суміші.

Проведено органолептичну оцінку дослідних зразків йогуртів. За контроль використовували йогурт «Лісові ягоди» ТМ «Галичина». Результати органолептичної оцінки дослідних зразків йогуртів представлено в таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Органолептичні показники зразків йогурту

Показники	К	Д1	Д2	Д3
Зовнішній вигляд:				
Колір	блідо-рожевий	світло-бузковий, обумовлений внесенням порошку рівномірний по всій масі	бузковий, обумовлений внесенням порошку бузини, рівномірний по всій масі	темно-бузковий, обумовлений внесенням порошку бузини, рівномірний по всій масі
Смак	слабо-виражений солодкий смак	приємний кисло-солодкий смак з присмаком бузини		кислуватий смак
Запах	приємний, з запахом смородини та лісових ягід	приємний, з запахом бузини		приємний, інтенсивний запах бузини
Консистенція	однорідна, із шматочками фруктів	однорідна, ніжна з непорушеним згустком		однорідна, є вкраплення наповнювача

Контрольний зразок мав непривабливий блідо-рожевий колір та слабо-виражений солодкий смак. Колір йогурту з БПХД змінювався від світло-бузкового

(Д1) до темно-бузкового (Д3). В усіх зразках колір рівномірно розподілений, що обумовлено внесенням наповнювача.

Консистенція продукту однорідна, ніжна з непорушеним згустком. Проте у випадках, де вміст порошку становив 10%, спостерігався кислуватий смак, який був пов'язаний з прооксидною дією аскорбінової кислоти, що значно міститься в бузині та зустрічались краплі порошку. За результатами органолептичних досліджень зразок Д2, який містить 7% БПХД, отримав найвищі бали. Всі зразки йогурту відповідали вимогам стандарту за органолептичними характеристиками.

Для обґрунтування тривалості зберігання і вивчення впливу БПХД на якість йогурту в процесі зберігання, проводили дослідження динаміки органолептичних та фізико-хімічних показників у зразку Д2. Протягом 28 діб готовий продукт зберігали у герметично запакованих скляних пляшках при температурі $(4\pm 2)^{\circ}\text{C}$. Протягом перших 21 днів спостерігається стабільний приємний кисло-солодкий смак з присмаком бузини. Після 21 дня з'являється злегка кислуватий, на 28 добу різкий смак, що свідчить про можливий розвиток бродіння. Запах залишається стійким протягом 21 дня. Аналіз показників показує, що зберігання продукту при температурі $(4\pm 2)^{\circ}\text{C}$ в герметично запакованих скляних пляшках протягом 21 днів не призводить до змін в органолептичних характеристиках, зокрема у кольорі, смаку, запаху та консистенції. Важливо підкреслити, що колір стабільний під час зберігання (21 день), і не спостерігалось істотних відмінностей у жодному з параметрів кольору. Відсутність кольорових відмінностей продемонстрували високу стабільність антоціанів бузини. В дослідження [269] також спостерігалась стабільність кольору протягом 29 днів.

При використанні БПХД відбулися де-які зміни в хімічному складі продукту – збільшився вміст сухих речовин, вуглеводів і харчових волокон. Зміна рецептури не спричинило жодних відмінностей у життєздатності заквашувальних бактерій, оскільки всі зразки йогурту мали однакові значення. Припускаємо, що це пов'язано із пребіотичним ефектом харчових волокон бузини та відсутністю кисню завдяки дії антиоксидантних компонентів, які підвищують живучість пробіотиків. Вміст загальних фенольних сполук і загальний вміст антоціанів у

оновлених йогуртах був надзвичайно вищим, ніж у контрольному зразку. Це пов'язано з високим вмістом флавоноїдів (переважно антоціанів) та інших поліфенолів у плодах бузини. Стабільність кольору йогурту з БПХД була вищою, ніж у контрольному зразку, що продемонструвало переваги використання БПХД.

В свіжевиготовлених зразках були визначені основні фізико-хімічні показники йогуртів: вміст сухих речовин, кислотність, масова частка жиру та сахарози, наявність пероксидази (табл. 5.8).

Таблиця 5.8 – Фізико-хімічні показники дослідних зразків йогуртів

Назва показника	К	Д1	Д2	Д3
Масова частка жиру, %	2,5 ±0,1	2,5 ±0,1	2,5 ±0,1	2,5 ±0,1
Масова частка сухих речовин, %	9,5 ±0,2	9,9 ±0,2	12,5 ±0,2	13,5 ±0,2
Кислотність:				
– титрована, ° Т	82 ±1	88 ±1	95 ±1	98 ±1
– активна, рН	4,15±0,05	4,2 ±0,05	4,25±0,05	4,3 ±0,05
Масова частка сахарози,%	7,0 ±0,2	5,0 ±0,2	5,0 ±0,2	5,0 ±0,2
Пероксидаза або кисла фосфатаза	відсутня			

Результати дослідження показали, що внесення БПХД до рецептури йогурту підвищує кислотність за рахунок збільшення вмісту аскорбінової кислоти та органічних кислот. Одночасно збільшується вміст сухих речовин за рахунок наявності в отриманому порошку клітковини та пектинових речовин.

У всіх зразках масова частка жиру залишається на одному рівні і становить 2,5%. Це свідчить про те, що жирність продукту не змінюється при внесенні змін до складу йогурту (Д1, Д2, Д3). Додавання сухих речовин і регулювання кислотності не впливає на вміст жиру. Масова частка сухих речовин зростає зі збільшенням кількості БПХД у рецептурі від 9,5% (К) до 13,5% (Д3). Це свідчить про підвищення густини йогурту і його поживної цінності у дослідних зразках Д2 і Д3. Збільшення сухих речовин також впливає на текстуру йогурту, роблячи його більш густим та насиченим. Титрована кислотність також зростає в дослідних зразках від 82°Т (К) до 98°Т (Д3). Це підвищення свідчить про зростання вмісту

органічних кислот, які впливають на смакові якості йогурту, роблячи його більш кислим. Активна кислотність (рН) поступово зростає від 4,15 (К) до 4,3 (Д3). Це означає, що всі зразки йогуртів мають дуже схожий рівень кислотності, що відповідає стандартам для кисломолочних продуктів, і навіть при зміні рецептури йогурту показники кислотності залишаються в межах норми. У контрольному зразку (К) масова частка сахарози становить 7,0%, тоді як у дослідних зразках (Д1, Д2, Д3) вона становить 5,0%. Зниження масової частки сахарози на 2% у дослідних зразках може зробити продукт менш солодким, що, з одного боку, підходить для споживачів, які віддають перевагу менш солодким продуктам, а з іншого боку, робить продукт кориснішим за рахунок меншої кількості доданого цукру.

Пероксидаза або кисла фосфатаза відсутні у всіх зразках, що свідчить про правильну термічну обробку йогуртів. Відсутність пероксидази та кислої фосфатази є важливим показником якості термічної обробки, яка забезпечує безпеку продукту. Дослідні зразки йогуртів (Д1, Д2, Д3) відрізняються від контрольного зразка (К) за масовою часткою сухих речовин, кислотністю та кількістю цукру. Зростання кількості сухих речовин та кислотності вказує на те, що дослідні зразки мають густішу консистенцію і більш кислий смак. Зниження масової частки сахарози робить дослідні зразки більш придатними для споживачів, які обмежують споживання цукру.

Дослідження активної та титрованої кислотності йогурту проводилося після закінчення процесу сквашування та протягом 28 діб (передбачуваний термін зберігання 21 доба). Результати цих досліджень представлені графічно на рисунках 5.2. та 5.3. У всіх зразках спостерігається зниження рівня рН, що свідчить про поступове збільшення кислотності протягом зберігання.

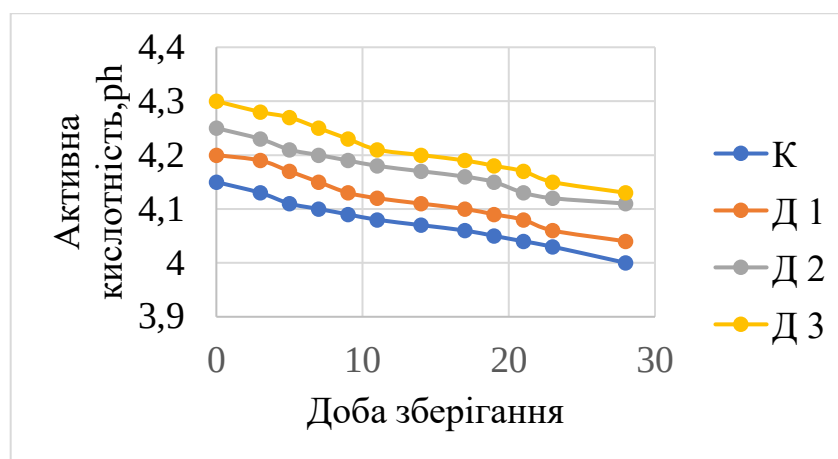


Рис. 5.2 – Зміна активної кислотності йогуртів під час зберігання

Це нормальний процес для йогуртів, оскільки під час зберігання відбувається подальша ферментація молочнокислими бактеріями, які виробляють кислоту. Контрольний зразок К демонструє найбільш значне зниження рН, починаючи з 4,15 до 4,0 після 28 діб. Це свідчить про те, що контрольний зразок є більш кислим і менш стабільним порівняно з дослідними зразками. Зразки Д1, Д2 і Д3 мають вищий початковий рН порівняно з контрольним зразком. Вони також демонструють повільніше зниження кислотності, що вказує на більшу стабільність у процесі зберігання. Зокрема, зразок 3 (має найвищий рівень рН і найменше падіння (від 4,3 до 4,13), що свідчить про його кращу стабільність у порівнянні з іншими. Додавання БПХД сприяє підвищенню кислотної стабільності продукту. Ці зразки мають вищий рН і менш значні зміни кислотності порівняно з контрольним зразком, це пов'язано з антиоксидантними властивостями бузини, які стримують активність бактерій і уповільнюють подальше підкислення продукту.

Також оцінювали титровану кислотність, яка відображає кислотні властивості продукту. У зразках К, Д1, Д2, Д3 спостерігається поступове підвищення титрованої кислотності. Це свідчить про те, що йогурти продовжують ферментуватися протягом зберігання, що призводить до накопичення молочної кислоти. Поступове збільшення кислотності є типовим процесом для кисломолочних продуктів.

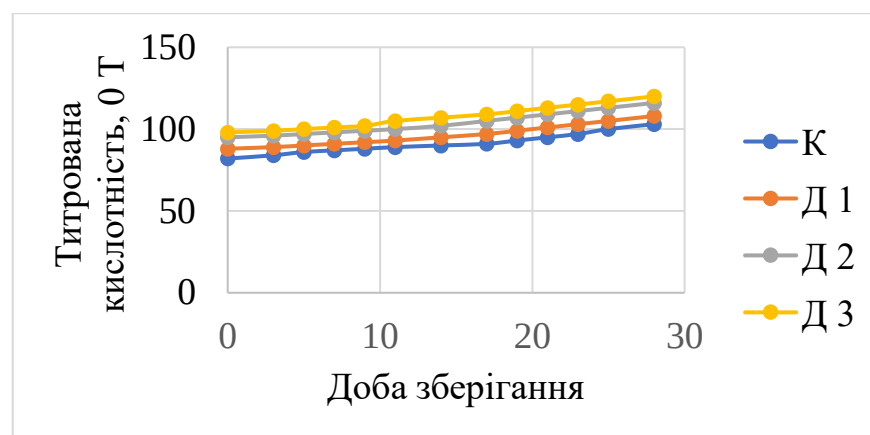


Рис. 5.3 – Зміна титрованої кислотності йогуртів під час зберігання

Зразок К має найнижчі показники титрованої кислотності на початку (82°Т) і в кінці зберігання (103°Т). Це вказує на те, що контрольний зразок має найменшу кислотність порівняно з дослідними зразками. У зразку Д1 титрована кислотність спочатку була трохи вищою за контрольний зразок (88°Т) і зростає до 108°Т на 28 день зберігання. Це свідчить про те, що зразок Д1 ферментується швидше, ніж контрольний. Зразок Д2 показує початкове значення кислотності 95°Т, що є вищим, ніж у зразка Д1 і контрольного зразка. Протягом зберігання його кислотність зростає до приблизно 116°Т, що свідчить про ще більшу активність ферментації у цьому зразку. Зразок 3 має найвищу початкову кислотність (98°Т) і зростає до майже 120°Т на 28 добу. Це свідчить про найбільший рівень ферментації серед усіх зразків, що робить його найкислішим з усіх представлених зразків. Зразок 1 має найменше збільшення (21°Т), тоді як зразок 3 – найбільше (22°Т). В процесі зберігання титрована кислотність послідовно зростає, але знаходиться в межах вимог стандарту.

Розрахунок харчової цінності йогурту з БПХД наведено у таблиці 5.9.

Таблиця 5.9 – Харчова цінність йогурту з БПХД (на 100 г продукту)

Показники	К	Д1	Д2	Д3
Білки, г	2,25	3,22	3,17	3,11
Жири, г	2,5	2,31	2,26	2,19
Вуглеводи, г	13,2	7,98	9,29	11,25

Закінчення таблиці 5.9

Показники	К	Д1	Д2	Д3
Енергетична цінність:				
– ккал	84,3	65,59	70,18	77,15
– кДж	353,22	274,82	294,05	323,26

Додавання БПХД в йогурт знижує вміст жирів і вуглеводів, а також знижує енергетичну цінність продукту, що робить його менш калорійним у порівнянні з контрольним зразком. Водночас, збільшується вміст білка, що позитивно впливає на поживну цінність йогурту. Вміст білків у розроблених зразках є дуже близьким, але на 0,86–0,97 г більше ніж у зразку К. Найвищий показник у зразку Д1 (3,22 г), найнижчий – у Д3 (3,11 г). У дослідних зразках вміст жирів зменшився порівняно з зразком К. Найнижчий рівень жирів спостерігається у зразка Д3 (2,19 г), що свідчить про зменшення калорійності і поліпшення поживної якості йогурту для тих, хто обмежує вживання жирів. Кількість вуглеводів значно зменшується в дослідних зразках, особливо в зразках Д1 (7,98 г) та Д2 (9,29 г). Це пов'язано з заміною цукру в рецептурі йогуртів з БПХД, яка має інший склад вуглеводів. Енергетична цінність також зменшується у порівнянні з контрольним зразком на 22,2% у зразку Д1, 16,75% у зразку Д2 та 8,48% у зразку Д3.

Контрольний зразок показав найвищий рівень синерезису – 10,5 мл сироватки, що виділилася на 100 г йогурту. Це свідчить про те, що має нестабільну структуру і не здатен ефективно утримувати вологу. Виділення великої кількості сироватки погіршує органолептичні властивості продукту (зовнішній вигляд, текстуру). У зразку Д1 суттєво знизився синерезис до 6,7 мл, що є значним покращенням порівняно з контрольним зразком. Зі збільшенням кількості БПХД рівень синерезису зменшився до 5,9 мл (Д2) та 4,55 мл сироватки (Д3). Це підтверджує, що БПХД має стабілізуючі властивості та допомагає зберегти структуру йогурту та знижують виділення рідини. Це вказує на найменшу інтенсивність процесу і, відповідно, на найщільніший зв'язок згустку. Такий результат свідчить про збереження однорідної консистенції у кінцевому продукті,

в який БПХД додавалося перед сквашуванням. Йогурт із найменшим синерезисом має меншу схильність до розшарування, що позитивно впливає на зовнішній вигляд готового продукту, забезпечує однорідність смаку та кольору. Також БПХД сприяє ферментації, що корисне для досягнення бажаної консистенції та смаку та допомагає уникнути утворення грудочок, якщо порошок додати після сквашування.

Йогурти класифікуються як гідроколоїди. Результати дослідження показників умовної в'язкості зразків йогурту представлені на рисунку 5.4.

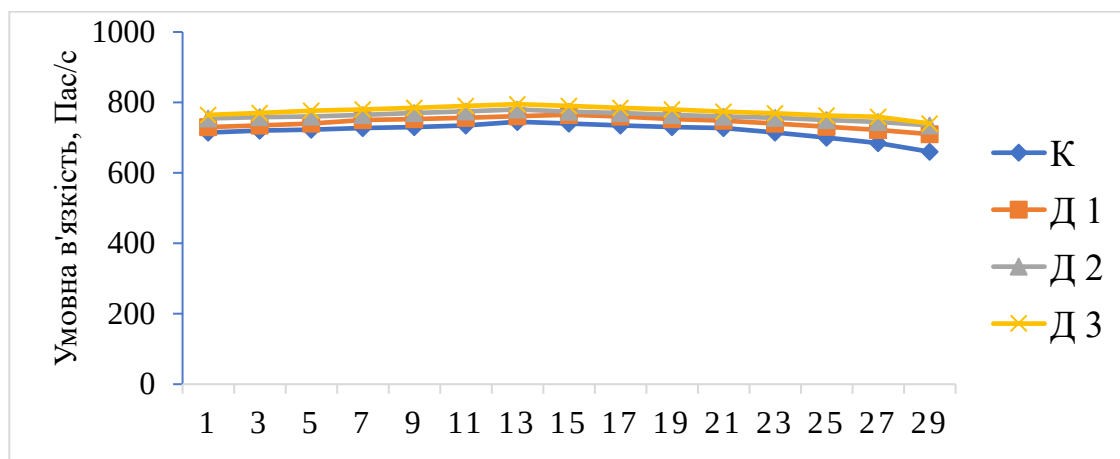


Рис. 5.4 – Реолограма зразків йогуртів під час зберігання

Введення БПХД підвищує умовну в'язкість (УВ) йогуртів без додавання стабілізаторів. В зразках Д1, Д2, Д3 спостерігається вища початкова в'язкість і стабільніша структура під час зберігання, що сприяє кращій текстурі та більш тривалому збереженню якості продукту. В усіх зразках відбувається поступове зростання в'язкості до 15-ї доби зберігання, після чого відбувається поступове зниження. Найнижчу початкову УВ має контрольний зразок йогурту (715 Пас/с), а найвижчу – зразок 3 (765 Пас/с). Висока ВУЗ запобігає розшаруванню йогурту і виділенню сироватки під час зберігання (рис. 5.5). Найменшою ВУЗ володіє контрольний зразок та вологоутримуюча здатність зменшується найшвидше у порівнянні з іншими зразками. ВУЗ у контрольного зразка починається з 80% і поступово знижується до 50% на 29-й день. Це пов'язано зі зменшенням зв'язків між молекулами води та білками в йогурті без додаткових стабілізаторів.

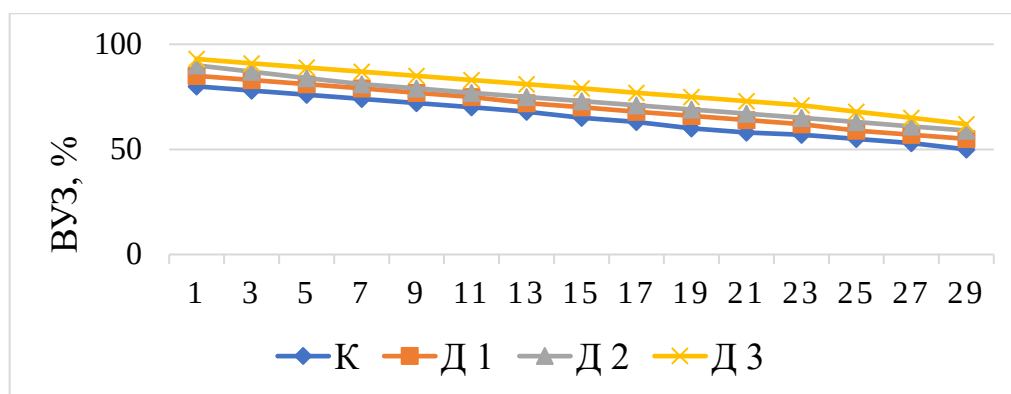


Рис. 5.5 – Вологоутримуюча здатність йогуртів під час зберігання

Додавання БПХД до йогурту суттєво покращує вологоутримуючу здатність під час зберігання. Зразки Д1, Д2, Д3 стартували з вищими показниками ВУЗ – 85, 90 та 93% відповідно. Зниження ВУЗ відбувається більш плавно порівняно з контрольним зразком, і на 29-й день вона складає 55, 59 та 62%, що на 5, 7 та 12% більше у порівнянні з контрольним. Результати досліджень показують, що завдяки збільшенню вмісту сухих речовин і стабілізуючим властивостям БПХД, протягом 15 днів зберігання не відбувається синерезису, а реологічні властивості продукту підтверджують збереження його структури протягом всього терміну зберігання.

Таблиця 5.10 – Результати мікробіологічного дослідження йогуртів

Показник	К		Д1		Д2		Д3	
	Доба зберігання							
	1	21	1	21	1	21	1	21
Кількість МКБ, КУО в 1 см ³	10 ⁷	10 ⁹	10 ⁸	10 ¹⁰	10 ⁸	10 ¹¹	10 ⁸	10 ¹⁰
БГКП (коліформи), в 0,1 см ³	не виявлено							
Патогенні мікроорганізми:								
Salmonella, в 25 см ³	не виявлено							
Staphylococcus aureus, в 1,0 см ³	не виявлено							
Дріжджі, КУО в 1см ³	не виявлено	40	не виявлено	35	не виявлено	30	не виявлено	28
Плісняві гриби, КУО в 1 см ³		33		25		22		20

Мікробіологічний аналіз йогуртів показав, що кількість молочнокислих мікроорганізмів в Д1, Д2, Д3 на момент завершення технологічного процесу становить не менше 10^8 КУО/см³, що відповідає вимогам, встановленим ДСТУ 4343–2004. Після закінчення терміну зберігання не виявлено патогенних мікроорганізмів. Кількість дріжджів та плісневих грибів зростає, але залишалась в межах допустимих норм. Це пояснюється тим, що високі антиоксидантні властивості БПХД уповільнюють окиснення жирів у продуктах. Внесення в йогурт БПХД, крім покращення біологічної цінності та структурних властивостей, зупиняє розвиток небажаної мікрофлори, що в кінцевому етапі має консервуючий вплив і подовжує термін зберігання продукту до 21 доби.

5.3 Застосування обліпихової порошкової добавки у виробництві здобних булочок

Для дослідження впливу ОПХД на якість тіста були підготовлені зразки тіста з частковою заміною пшеничного борошна на ОПХД у кількості 5% (Д1) та 10% (Д2). Контрольним зразком були здобні булочки, виготовлені без додавання порошкових добавок. У зразках Д1 та Д2 зменшили кількість цукру, маргарину та вилучили ванільний цукор (табл.5.11).

Таблиця 5.11 – Рецептура здобних булочок з ОПХД

Сировина, кг	Витрата сировини, кг		
	К	Д1	Д2
Борошно пшеничне в/г	100,0	95	90
Порошок з обліпихи	—	5	10
Дріжджі хлібопекарські пресовані	2,0	2,0	2,0
Сіль кухонна харчова	1,3	1,3	1,3
Цукор білий кристалічний	7,0	5	5
Маргарин столовий	10,0	7,0	7,0
Яйця	0,20	0,2	0,2
Ванільний цукор	0,2	—	—
Вода питна	50	50	50
Разом	177,7	165,5	165,5

Технологічна схема виробництва булочок із ОПХД представлена на рис. 5.6.

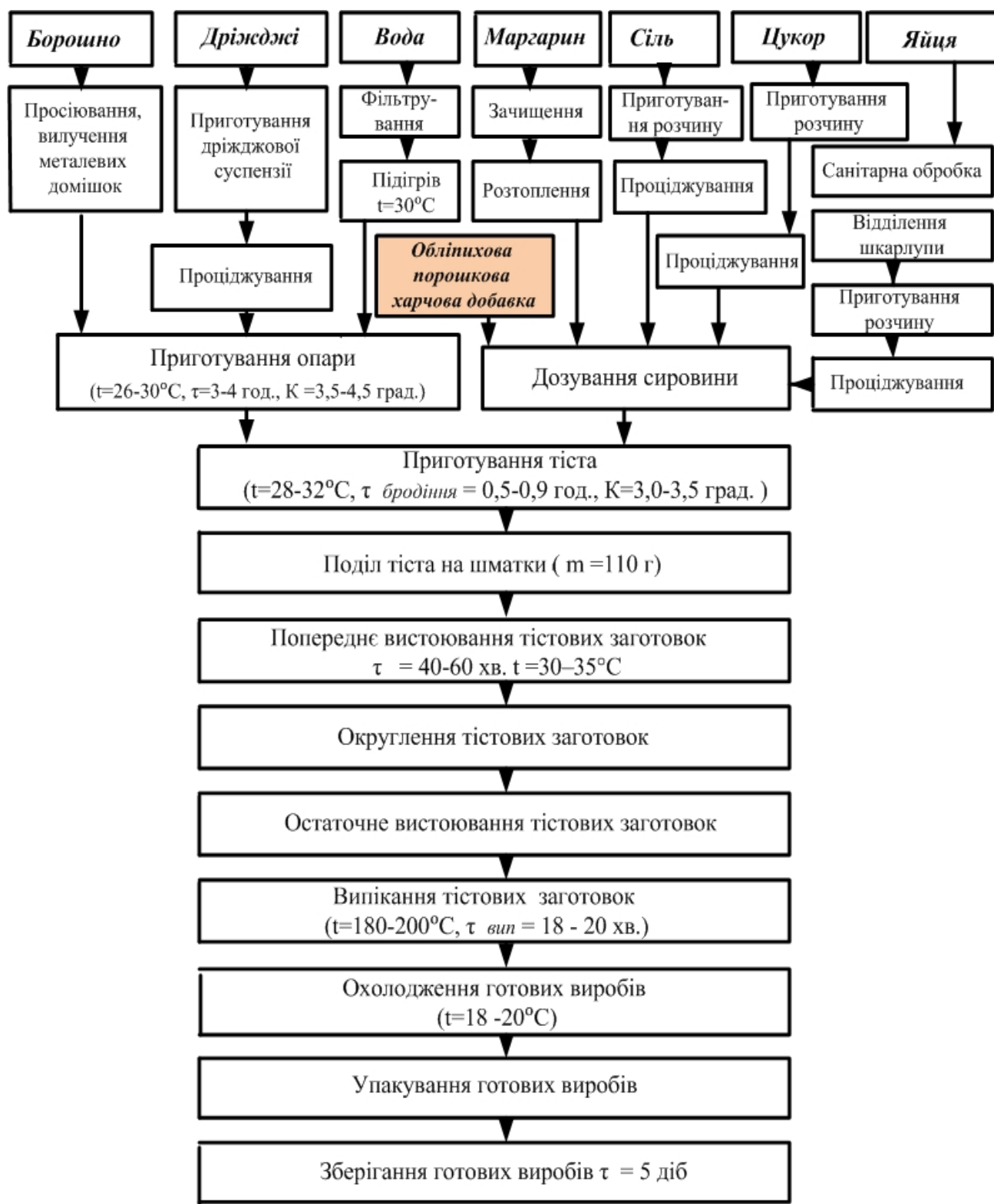


Рис. 5.6 – Технологічна схема виробництва здобних булочок із додаванням ОПХД

Першим етапом у виробництві булочок є підготовка сировини. Для цього борошно пшеничне просіюється на ситах діаметром 1,2 мм для видалення

домішок і грудочок, насичуючи його киснем. Сіль і цукор просіюються крізь сита з розмірами отворів 0,3 мм, після чого розчиняються у воді і вносяться у тісто у вигляді розчину для рівномірного розподілу по його масі. Дріжджі подрібнюються та суспендуються у воді для активації. Маргарин необхідно розплавити для полегшення введення у тісто. Після санітарної обробки яйця гарної якості розбиваються і виливаються у чисту ємність. За необхідності проціджуються через сито, для видалення залишків шкаралупи та інших домішок. Далі злегка збивають яйця до однорідної маси. Для приготування опари протягом 8–10 хвилин частина борошна змішується з дріжджевою суспензією до отримання однорідної маси та залишається для бродіння при 26–30°C протягом 3–4 годин.

Для приготування тіста решта борошна змішується з ОПХД з поступовим додаванням розплавленого маргарину, цукрового, сольового та яєчного розчину. Тісто замішується до отримання однорідної консистенції. Тривалість бродіння складає 0,5–0,9 год. Виброджене тісто обминається та ділиться на шматки, вагою 110 г. Попереднє вистоювання тіста відбувається у вистоювальних шафах протягом 40–60 хвилин при 30–35°C. Після чого формували тістові заготовки та залишали на остаточне вистоювання, далі випікали при температурі 180–200°C протягом 18–20 хвилин. Готові вироби охолоджуються до 18–20°C, після пакуються у харчову плівку або спеціальні пакети. Зберігаються булочки при відповідній температурі та вологості 5 діб.

Для дослідження впливу добавки на структурно-механічні властивості було приготовано тісто без додавання добавок, яке використовувалося як контрольний зразок. Інші зразки тіста готувалися з додаванням ПХД з обліпихи у кількості 5% та 10%. Результати дослідження наведені в таблиці 5.12. Дослідження показали, що додавання ПХД із обліпихи до тіста зменшує вміст клейковини. Зі збільшенням дозування кількість клейковини знижується – при додаванні 5% та 10% кількість клейковини в тісті зменшується на 1,2% та 2,5% відповідно, у порівнянні з контрольним зразком.

Таблиця 5.12 – Вплив ОПХД на кількість і якість клейковини

Показник	К	Д 1	Д 2
Кількість сирого клейковини, %	28,9	27,7	26,4
Розтяжність, см	17	14	10
Формостійкість, см	78,3	74,7	69,5
Питомий об'єм тіста, см ³ /г	115	107	99

Також встановлено, що ОПХД знижує розтяжність клейковини. Проте, при додаванні 5% клейковина зберігає середню розтяжність, тоді як при додаванні 10% клейковина стає короткою, що може негативно вплинути на формування клейковинного каркасу тіста. Вплив ОПХД на кількість і якість клейковини пояснюється тим, що порошок не містить клейковинних білків і утворює фракції, які втрачаються під час промивання клейковини. Було встановлено, що додавання ОПХД знижує формостійкість тіста. Розпливання кульки тіста з 5% ПХД зменшилося на 3,6%, а у зразка з 10% ПХД – на 8,8 % порівняно з контрольним зразком. Зразок К показує найкращу формостійкість, оскільки не містить сторонніх добавок і має добре розвинену клейковинну сітку. Зразок Д1 має трохи знижену формостійкість, але зберігає свою форму під час випікання. У зразку Д2 спостерігається значне зниження формостійкості.

Аналіз питомого об'єму тіста дозволяє оцінити, наскільки добре булочки піднімаються під час випікання. Контрольний зразок (К), має найбільший питомий об'єм. У нього краще відбувається бродіння, що дозволяє йому піднятися рівномірно і зберегти більший об'єм після випікання. Встановлено, що питомий об'єм тіста у зразках з 5% та 10% ПХД зменшився на 8% та 16% відповідно, порівняно з контрольним зразком. Це пояснюється зниженням інтенсивності бродіння під впливом додавання ПХД, що супроводжується зменшенням кількості виділеного вуглекислого газу. ОПХД змінює водопоглинальні властивості тіста, впливає на бродіння і формування клейковинної сітки. В ході досліджень проводилося пробне випікання булочок. Готові вироби оцінювали через 3 години після випікання. Результати органолептичної оцінки представлені в таблиці 5.13.

Таблиця 5.13 – Органолептичні показники якості булочок з ОПХД

Показник	К	Д 1	Д 2
Зовнішній вигляд			
Форма	правильна, округла, відповідає даному виробу		
Поверхня	відповідає виду виробу, без забруднення, підривів і тріщин	відповідає виду виробу, глянцева, без підривів, тріщин	відповідає виду виробу, глянцева, без підривів, тріщин
Колір	білий	світло-жовтий	жовто-коричневий
Стан м'якушки	пропечена, не волога на дотик, без слідів непромісу		
	рівномірна текстура з дрібними та середніми порами	рівномірна, щільна, з дрібними та середніми порами,	рівномірна, щільна, з великими та середніми порами
Запах	властивий даному виду виробів	приємний, з легким ароматом добавки	приємний, з вираженим ароматом добавки
Смак	властивий хлібо-булочним виробам з пшеничного борошна	властивий хлібо-булочним виробам,приємний, з легким солодко-кислуватим присмаком	відчутний кислуватий смак добавки

У зразку К м'якушка має досить рівномірну текстуру з дрібними та середніми порами, що свідчить про гарний процес бродіння тіста. Пори розташовані відносно рівномірно, хоча спостерігаються деякі більші пори, що може вказувати на невелику нерівномірність бродіння тіста. М'якушка у зразках Д1 та Д2 з більшими порами та менш рівномірною текстурою. Є кілька більших порожнин, що вказує на те, що тісто з ОПХД потребує ретельнішого підходу до процесу змішування та бродіння. ОПХД впливає на структуру тіста, роблячи його менш еластичним і більш щільним. Форма зразків правильна, округла. Поверхня зразків глянцева, без підривів та тріщин. У зразках Д1 та Д2 є сліди підсушеності, що може вказувати на те, що велика кількість ОПХД спричиняє висихання тіста під час випікання та впливає на його вологість.

При збільшенні вмісту ОПХД готові вироби Д1 та Д2 набували характерного кисло-солодкого смаку. Запах більш виразніший, з більш інтенсивним ароматом обліпихи, що позитивно впливає на сприйняття продукту споживачем. Збільшення ОПХД у Д2 в рецептурі призвело до зниження органолептичних показників якості готових виробів через більш виразний аромат та смак обліпихи та менш виражену пористість м'якїшу. Вироби стали менш пухкими, а термін їх усихання збільшився. Найкращими показниками якості виявилися здобні булочки, в яких було замінено 5% пшеничного борошна на ОПХД (зразок Д1). Ці зразки відрізнялися рівномірним кольором, слабо вираженим ароматом обліпихи, відсутністю дефектів на поверхні, округлою формою, гарною пористістю та добре пропеченою скоринкою. Дегустаційна оцінка показала, що цей варіант продукту набрав найбільшу кількість балів.

Було проведено аналіз фізико-хімічних показників здобних булочок, результати представлені в табл. 5.14.

Таблиця 5.14 – Результати фізико-хімічного аналізу здобних булочок з ОПХД

Показники якості	К	Д 1	Д 2
Вологість, %	28±0,5	29,5±0,5	31,3±0,5
Пористість, %	68,9±2	66,5±2	64,5 ±2
Кислотність, град.	1,6±0,1	1,9±0,1	2,5±0,1

Додавання ОПХД в тісто значно підвищує його початкову кислотність на 2,2–3,2 град., що сприяє пришвидшенню дозрівання тіста за рахунок скорочення тривалості бродіння тіста на 20–40 хвилин. Хоча кислотність готових виробів зростає (0,3 – 0,9 град.), вона залишається в межах нормативів для хлібобулочних виробів з пшеничного борошна вищого ґатунку. Підвищений рівень кислотності позитивно впливає на термін зберігання здобних булочок, подовжуючи його до 5 діб. Після цього з'являються ознаки псування, такі як неприємний запах і ріст плісневих грибів. Щодо вмісту вологи в зразках – контрольний зразок мав найнижчий вміст вологи – 28%. Проте всі функціональні зразки булочок з

додаванням ОПХД мали більший вміст води, ніж контрольний зразок – від 29,5 до 31,3% ($\pm 3,3\%$). Також у досліді виявлено закономірність, що зі збільшенням вмісту ОПХД у рецептурі рівень упікання знижувався на 0,95–1,6% виробів, а усихання, навпаки, збільшувалося, при цьому товщина кірки зменшувалася. Це пояснюється високим вмістом пектинових речовин та харчових волокон, які ефективно утримують вологу під час випікання. Додавання ОПХД дозволяє підвищити харчову цінність здобних булочок, збільшивши вміст амінокислот та антиоксидантів, а також подовжити терміни зберігання завдяки природним консервуючим властивостям обліпихи.

Розрахунок харчової цінності булочок із ОПХД наведено у табл. 5.15.

Таблиця 5.15 – Харчова цінність булочок з ОПХД

Показники	К	Д 1	Д 2
Білки, г	11,13	10,8	11,07
Жири, г	9,59	8,04	9,4
Вуглеводи, г	83,67	79,49	78,55
Енергетична цінність:			
– к кал	465,51	433,52	443,08
– кДж	1950,49	1816,45	1856,5

Усі зразки мають досить близькі значення енергетичної цінності, проте додавання обліпихового порошку знижує загальну калорійність на 6,87% для зразка 1 та 4,82% зразка 2. Контрольний зразок має найвищу калорійність (465,51 ккал), тоді як зразок Д1 має найнижчу (433,52 ккал). Зразок Д2 має калорійність трохи вищу, ніж зразок 1, але нижчу, ніж контрольний зразок. Вміст білків найвищий у зразку К (11,13 г), зразки Д1 та Д2 мають трохи менше білка на 0,33 г та 0,06 г. Найбільше жирів містить зразок К (9,59 г), а зразок Д1 має найменший вміст жирів (8,04 г). Усі зразки мають високий вміст вуглеводів, проте додавання ОПХД знижує їхню кількість відповідно на 4,18 та 5,12%.

Результати мікробіологічних показників якості здобних булочок з ОПХД представлені в табл. 5.16.

Таблиця 5.16 – Мікробіологічні показники булочок з ОПХД

Найменування показників	Значення
КМАФАнМ, КУО в 1,0 г	10 ¹
БГКП (коліформи) в 0,1 г	ріст відсутній
Патогенні мікроорганізми:	
– <i>Salmonella</i> , в 25,0 г продукту	ріст відсутній
– <i>L.monocytogenes</i> , в 1,0 г продукту	ріст відсутній
Дріжджі, КУО в 1,0 г	ріст відсутній
Плісєневі гриби, КУО в 1,0 г	ріст відсутній

Ці показники демонструють, що булочки з ОПХД є безпечними для вживання і відповідають санітарним нормам. ПХД додає не тільки смак і поживні властивості, але й сприяє підвищенню якості продукту завдяки своїм антимікробним властивостям. Додавання до булочок ОПХД дозволяє збільшити термін зберігання до 5 діб. Зважуючи на такі результати, доцільність застосування ОПХД для подовження терміну зберігання булочок є очевидним.

5.4 Застосування калинової порошкової добавки у виробництві м'якого морозива

Запропоновано замінити частину молочної суміші при виробництві м'якого морозива на порошок калини. До складу суміші для виготовлення м'якого морозива «Молочна преміум» входить цукор білий, молоко сухе знежирене, суміш сухої сироватки та кокосової олії, згущувачі (гуарова камедь, гліцерин моностеарат, сіль кухона харчова).

Суміш для морозива змішували з використанням інгредієнтів і пропорцій, наведених у таблиці 5.17. Було розроблено 4 зразки м'якого морозива – контрольний (без наповнювача), зразок Д1 (заміна суміші 5%) та зразок Д2 (заміна 7%), зразок Д3 (заміна 10%).

Таблиця 5.17 – Рецептúra дослідних зразків (на 1 кг сухої суміші)

Сировина	Витрата сировини на приготування суміші, г			
	К	Д1	Д2	Д3
Суміш «Молочна преміум»	1000	950	930	900
Вода	2500	2500	2500	2500
КПХД	-	50	70	100
Всього	3500			

Технологія виробництва м'якого морозива з КПХД представлена на рис. 5.7.

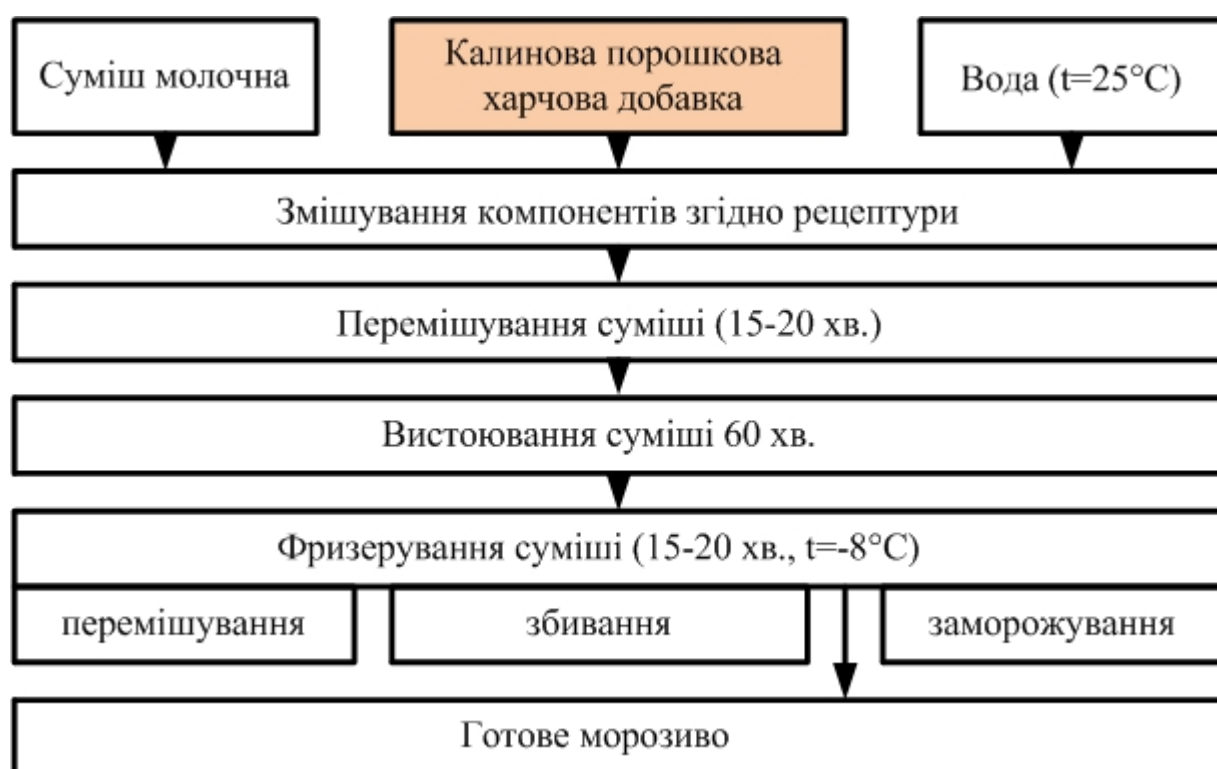


Рис. 5.7 – Технологія виробництва м'якого морозива з КПХД

Готову суху суміш та КПХД попередньо зважували та засипали у харчову ємність, перемішували та додавали 2,5 л чистої питної води. Воду використовували пом'якшену, температура якої не перевищувала 25°C. Після цього ретельно перемішували (15–20 хв.) вміст до однорідної маси кондитерською лопаткою з силіконовим наконечником. Суміш настоювалась 60 хв. для набухання та отримання однорідної структури.

Потім підготовлену суміш заливають у бункер фризера. З бункера приготувана маса надходить у морозильний циліндр фризера, там виробляється готовий продукт – морозиво. Утворений тонкий замерзлий шар на внутрішній поверхні циліндра постійно зрізається шнеком-ножем мішалки фризера, заморожується і збивається бітером циліндра. У цьому циліндрі одночасно відбувається три процеси: перемішування, збивання і заморожування до температури готового продукту -8°C . Залежно від кількості повітря, що подається в суміш, обсяг завантажувальної маси збільшується на 50–100%. Через 15–20 хвилин м'яке морозиво готове до видачі, після першого ввімкнення фризера. Надалі фризер постійно підтримує морозиво в потрібній консистенції для безперервної його подачі. Десерт потрапляє через фігурну насадку до вафельного ріжка, паперового стаканчика або креманки.

Органолептична оцінка є ключовим аспектом в аналізі якості продуктів харчування, зокрема морозива. Зовнішній вигляд, текстура, смак і запах продукту безпосередньо впливають на сприйняття споживачем і його рішення щодо купівлі продукту. Морозиво має високі смакові переваги, що досягаються за рахунок вдало підбраного кількісного поєднання складових частин суміші. За органолептичними показниками м'яке морозиво відповідає показникам, наведеними у табл. 5.18.

Морозиво характеризується збитістю, гомогенністю структури, швидкістю танення. Гомогенність структури морозива забезпечує однорідний розподіл інгредієнтів, що сприяє рівномірному смаку та текстурі. Додавання порошку з калини покращує гомогенність структури, роблячи морозиво більш стабільним і однорідним. За органолептичною оцінкою суттєвої різниці між зразком Д1 та Д2 не спостерігалось, найбільшу кількість балів набрав зразок Д3, але в нього найнижчий показник збитості. Ймовірно, це пов'язано з харчовими волокнами, які містяться в порошковій добавці. Вони можуть впливати на текстуру морозива, роблячи його більш густим і менш збитим. Всі зразки сприймалися дегустаторами добре, відрізнялись лише легкою кислинкою та відтінком кольору.

Таблиця 5.18 – Органолептичні показники якості м'якого морозива

Показник	К	Д 1	Д 2	Д 3
Зовнішній вигляд				
Смак і запах	чистий, молочний, без сторонніх присмаків та запахів	молочний з ледь відчутним ароматом та приємною кислинкою	молочний з легким ароматом та добре вираженою приємною кислинкою	молочний з легким ароматом та солодко-кислуватим присмаком калини
Структура	однорідна, без часточок цукру, жиру, стабілізаторів		однорідна, іноді відчутні вкраплення порошкової добавки	однорідна, відчутні вкраплення порошкової добавки
Консистенція	м'яка, кремоподібна			
Колір	білий, рівномірний	з кремовим відтінком, рівномірний	з молочно-кремовим відтінком, рівномірний	жовто-кремовий відтінок, з вкраплення-ми порошку калини

Зразок К, який має приторний солодкий смак, поступається освіжаючому смаку калинового морозива. Цей фактор підкреслює важливість балансу смаку в морозиві, що може бути досягнуто шляхом використання різних фруктових добавок та регулювання рівня цукру.

За фізико-хімічними показниками підготовлені зразки відповідають показникам, зазначеним у таблиці 5.19.

Таблиця 5.19 – Фізико-хімічні показники показники м'якого морозива

Показник	К	Д1	Д2	Д
Густина суміші, кг/м ³	1,095 +0,01	1,1+0,01	1,11+0,01	1,12+0,01
Масова частка жиру, %	3,3+0,2	4,79+0,2	5,56+0,2	6,7+0,2

Закінчення таблиці 5.19

Показник	К	Д1	Д2	Д3
Масова частка сухих речовин, %	29,3±0,1	31,5±0,1	32,3±0,1	33,2±0,2
Масова частка сахарози, %	17,7±0,1	16,9±0,1	16,5±0,1	16,0±0,1
Кислотність, 0Т	14,5±0,5	18±0,5	20±0,5	22±0,5

Всі показники м'якого морозива з КПХД знаходяться в межах вимог ДСТУ. Результати показали, що густина суміші поступово зростає від зразка К до Д3 на 0,005, 0,015 та 0,016 кг/см³, це пов'язано з додаванням КПХД. Масова частка жиру збільшується від 3,3% у зразку К до 6,7% у зразку Д3, але за рахунок жирів в морозиві покращується текстура морозива. Масова частка сухих речовин поступово збільшується з 29,3% у зразку К до 33,2% у зразку Д3. Збільшення сухих речовин покращує стабільність морозива, зменшуючи ймовірність утворення кристалів льоду. Масова частка сахарози навпаки зменшується від 17,7% у зразку К до 16,0% у зразку Д3. Кислотність зростає від 14,5°Т у контрольному зразку до 22°Т у зразку Д3, але знаходиться в межах норми, це пов'язано з вмістом органічних кислот у КПХД.

В зразку К спостерігався найвищий показник збитості – 55,71%, а у зразку Д3 найнижчий – 38,29%. У зразку Д1 збитість нижче на 5,71%, у зразку Д2 на 7,41% та зразку Д3 – на 17,42% у порівнянні з зразком К. Це пов'язано з присутністю харчових волокон у КПХД. Оскільки в КПХД є жиророзчинні вітаміни, то досліджували вплив жирів на формостійкість морозива, для цього зразки піддавали процесу загартовування. Формостійкість морозива є якісною характеристикою його структури, на яку впливають складові частини продукту та сили взаємодії між ними. Встановлено, що в разі використання КПХД формостійкість морозива краща, ніж у контрольного зразка. Після 20 хвилин зразок Д1 майже повністю розплавився, тоді як зразки Д2 і Д3 ще утримують значну частину своєї форми. Зразок Д3 (7% калини) демонструє найвищу стійкість до танення серед усіх. Після 45 хв. зразки з КПХД повністю розтанули і являли собою однорідну масу.

Швидкість танення досліджуваних зразків було в межах 25–35 хв., при чому найменшу швидкість танення мав контрольний зразок, що викликано середнім показником збитості морозива та вмістом молочного жиру, який має низьку температуру плавлення. Зразок К містить більше води, яка при заморожуванні утворює кристали льоду. Під час танення ці кристали швидше розтоплюються, оскільки вода має нижчу теплопровідність порівняно з рослинними компонентами, такими як КПХД, яка знижує вміст води в морозиві та підвищує його стабільність. Додавання КПХД підвищує в'язкість суміші і змінює текстуру морозива, роблячи його більш стабільним. Морозиво тоне повільніше, оскільки КПХД діє як стабілізатор, зменшуючи утворення великих кристалів льоду і затримуючи процес танення.

Морозиво з нижчим показником збитості тоне повільніше, що може бути перевагою під час літнього сезону або при споживанні на відкритому повітрі. Під час зберігання м'якого морозива у фризери спостерігається ріст кристалів: дрібні кристали льоду тануть, і вода мігрує до сусідніх кристалів, на яких вона замерзає. У зв'язку з цим доцільним було вивчення розподілу кристалів льоду в досліджуваних зразках. У зразках м'якого морозива з КПХД з кристали льоду мають вужчий інтервал розмірів від 20 до 35 мкм, що робить структуру морозива більш однорідною (рис. 5.8).

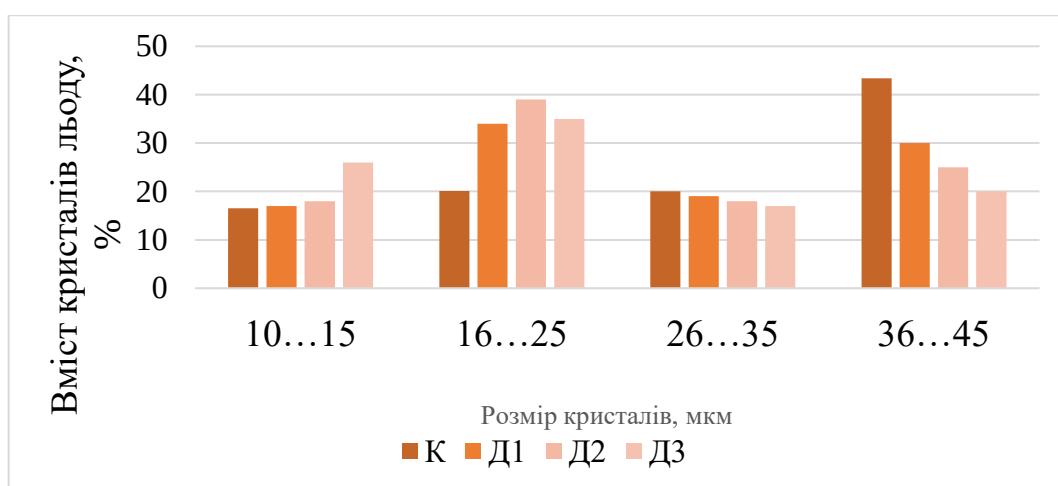


Рис. 5.8 – Вміст кристалів льоду, %

Найбільша кількість кристалів льоду спостерігається у діапазоні розмірів 36–45 мкм та 16–25 для всіх зразків. Контрольний зразок (К) без калинового

порошку має тенденцію до утворення більших кристалів льоду (26–45 мкм), що негативно впливає на текстуру продукту, роблячи його менш однорідним. Найвищий вміст кристалів льоду розміром 36–45 мкм (приблизно 43%) у зразку К, вміст кристалів інших розмірів коливається від 15% до 20%. У зразку Д 1 найвищий вміст кристалів льоду розміром 26–35 мкм (34%), також значний вміст кристалів розміром 36–45 мкм (близько 30%). Зразки Д1, Д2, Д3 демонструють кращі показники щодо зменшення кількості великих кристалів (26–45 мкм) і збільшення кількості середніх кристалів (16–25 мкм), що позитивно впливає на текстуру та якість морозива. Зразки Д2 і Д3 показують найбільш рівномірний розподіл кристалів льоду, що може свідчити про кращий ефект від додавання КПХД. Додавання КПХД сприяє покращенню текстури м'якого морозива за рахунок зменшення кількості великих кристалів і збільшення кількості дрібних та середніх кристалів.

Розрахунок харчової цінності м'якого морозива з КПХД наведено у таблиці 5.20.

Таблиця 5.20 – Харчова цінність м'якого морозива, на 100 г

Показники	К	Д 1	Д 2	Д 3
Білки, г	1,97	3,16	3,74	4,02
Жири, г	3,3	4,79	5,56	6,7
Вуглеводи, г	27,4	24,14	24,4	24,79
Енергетична цінність:				
– ккал	147,18	152,31	162,6	176,26
– кДж	616,68	638,18	681,29	738,53

Додавання калинового порошку суттєво впливає на харчову цінність м'якого морозива: значно підвищує вміст білків у зразках. Зразок Д1 містить на 40 % білків більше, а зразок Д3 у 2,3 рази більше, порівняно з контрольним зразком. Це пов'язано з тим, що калиновий порошок сам по собі містить білки (розділ 3). Вміст жирів також зростає зі збільшенням кількості КПХД. У контрольному зразку жирів на 51% менше, ніж у зразку 1 та на 203% ніж у зразку 3. Водночас вміст

вуглеводів знижується внаслідок заміщення вуглеводної частки молочної суміші КПХД. Вміст вуглеводів у зразку Д1 на 3,26 г менше, у зразку Д2 – на 3 г, у зразку Д3 – на 2,61 г порівняно з контрольним зразком. Енергетична цінність м'якого морозива зростає зі збільшенням кількості доданої КПХД на 5,13, 15,42 та 29,08 ккал відповідно порівняно з контрольним зразком. Це пов'язано з підвищенням вмісту білків і жирів, які мають вищу енергетичну цінність. За мікробіологічними показниками м'яке морозиво відповідає показникам, наведеним в таблиці 5.21.

Таблиця 5.21 – Мікробіологічні показники м'якого морозива

Найменування показника	К	Д1	Д 2	Д 3
МАФАМ, КУО в 1,0 г	1·10 ⁴	1·10 ³	1·10 ³	1·10 ³
БГКП, в 0,1 г продукту	Не виявлено			
Патогенні мікроорганізми:				
<i>Salmonella</i> , в 25 г морозива	Не виявлено			
<i>St. aureus</i> , в 0,01 г морозива	Не виявлено			
<i>Listeria monocytogenes</i> в 25 г морозива	Не виявлено			
Плісняві гриби, КУО в 1 г морозива	Не виявлено			
Дріжджі, КУО в 1 г морозива	Не виявлено			

У всіх зразках морозива показник МАФАМ становить менше ніж $1 \cdot 10^4$, що свідчить про відповідність нормам безпеки. В жодному зразку не виявлено патогенних мікроорганізмів, пліснявих грибів та дріжджів.

5.5 Застосування порошкових харчових добавок (калинової, обліпихової, бузинової, горобинової) у виробництві макаронних виробів

Рецептура розроблених виробів представлена в таблиці 5.22, де Зразок 1 – із додаванням 5% ПХД (К – контроль без добавок, Д1 – із КПХД, Д2 – із ОПХД, Д3 – із БПХД, Д 4 – із ГПХД), Зразок 2 – із додаванням 10 % ПХД (Д5 – із КПХД, Д6 – із ОПХД, Д 7 – із БПХД, Д 8 – із ГПХД), зразок 3 – із додаванням 15 % ПХД (Д9 – із КПХД, Д10 – із ОПХД, Д 11 – із БПХД, Д 12 – із ГПХД).

Таблиця 5.22 – Рецептура досліджуваних зразків макаронних виробів з ПХД, кг на 100 кг борошна

Компоненти	Зразок 1					Зразок 2				Зразок 3			
	К	Д1	Д2	Д3	Д4	Д5	Д6	Д7	Д8	Д9	Д10	Д11	Д12
Борошно	100	95	95	95	95	90	90	90	90	85	85	85	85
ПХД	–	5	5	5	5	10	10	10	10	15	15	15	15
Сіль	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Вода	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Всього, кг	131,00												

Технологічний процес виробництва макаронних виробів із підвищеним вмістом харчових волокон передбачає наступні технологічні процеси: приготування сировини, приготування макаронного тіста, його вакуумування, розкатування; оброблення напівфабрикату; сушіння сирих виробів; охолодження висушених виробів; відбракування; фасування; зберігання (рис.5.9).

Спочатку виконували підготовку сировини: борошно і ПХД просіювали, воду питну підігрівали до температури $(55 \pm 5)^\circ\text{C}$. Підготовлені інгредієнти змішували використовуючи кухонний комбайн Kenwood KMX750WH. Процес замішування тіста тривав 15–20 хвилин ($t \text{ тіста} = (48 \pm 2)^\circ\text{C}$) в чаші кухонного комбайну, використовуючи насадку «крюк» для тіста. Після чашу щільно закривали харчовою плівкою на 7–8 хвилин (процес вакуумування макаронного тіста). В результаті отримують щільне тісто, яке далі за допомогою насадки для розкатування тіста машинки для виготовлення макаронних виробів Supretto, розкатували до товщини тістового листа 0,5–1 мм.

Отримані тістові листи за допомогою іншої насадки (для локшини) різали на смужки шириною 6 мм довжиною 200 мм. Отримані тістові смужки закручували в «гнізда» і викладали на решітки.

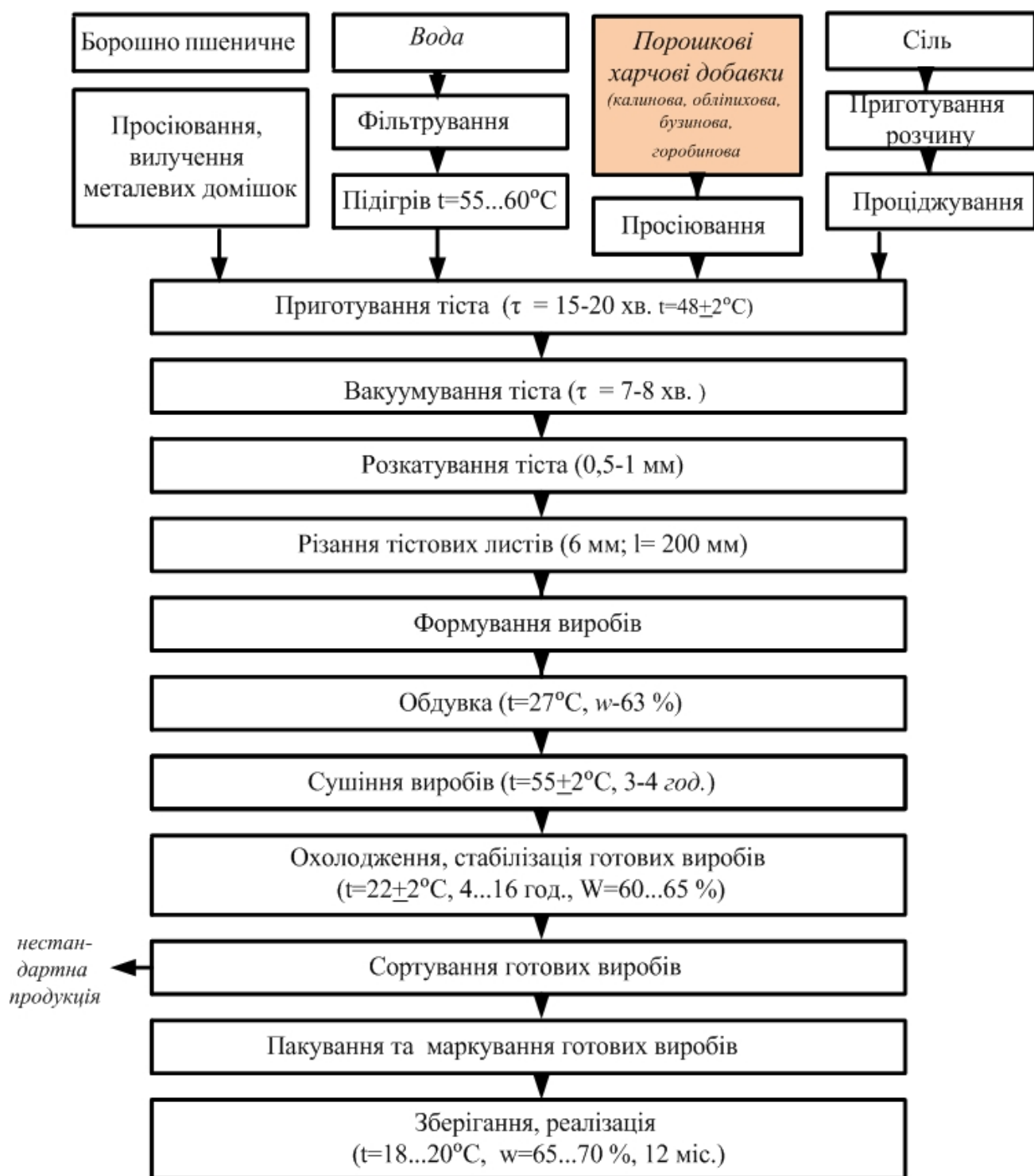


Рис. 5.9 Технологічний процес виробництва макаронних виробів із підвищеним вмістом харчових волокон

Висушування макаронних виробів проводили у інфрачервоній лабораторній сушарці при температурі $(55 \pm 2)^\circ\text{C}$ протягом 3–4 годин (вміст вологи має складати не більше 13%). Отримані сухі макаронні вироби охолоджують (процес стабілізації) при температурі $(22 \pm 2)^\circ\text{C}$ і вологості повітря 60–65%, протягом 4

годин. Отримані макаронні вироби (довгі стрічкоподібні вироби сформовані в гнізда) фасували у поліетиленові ZIP-пакети і зберігали при температурі не вище 20°C до проведення дослідження.

Встановлено, що вироби з дозуванням 10% порошоків до маси борошна із похідних переробки дикорослих ягід набувають насиченого кольору, характерного кольору порошоків та незначного присмаку ягід, що не погіршує смакових властивостей продукту. Найбільше присмак і аромат спостерігався у зразку, з доданим порошком БПХД. Варильні властивості виробів із добавками дещо погіршуються, зокрема, вироби менше збільшуються в об'ємі після варіння, зростає перехід сухих речовин у варильну воду. Це свідчить про те, що складові ягідних порошоків виявляють дегідратуючий вплив у макаронному тісті і перешкоджають біополімерам пшеничного борошна утворювати тісто. Зафіксовано зниження клейкості (вищій бал) в порівнянні зі зразками, що містили 5% порошоків. Якість зразків Д5, Д6, Д7, Д8 була визнана дегустаторами як «висока». Однак збільшення вмісту порошкової добавки до 15% (Д9–Д12) призводить до погіршення консистенції (крихкості та ломкості виробів) і надто яскравому запаху і смаку властивому доданого ПХД із дикорослих ягід. Якість зразків Д9, Д10, Д11, Д12 була визнана дегустаторами як «задовільна», тому подальші дослідження не проводились з цими зразками.

За органолептичними показниками макаронні вироби з додаванням 10 % ПХД відповідають показникам, наведеним в таблиці 5.23.

Результати досліджень сенсорних показників дослідних зразків макаронних виробів показали, що поверхня виробів гладенька із незначною шорсткістю; форма – відповідає типу виробу (довгі стрічкоподібні вироби сформовані в гнізда). Колір макаронних виробів однотонний, з відтінком ПХД, без слідів непромісу. Смак і запах специфічний, властивий використаній ПХД із дикорослих ягід, без стороннього присмаку і запаху. Відварені до стану готовності зразки макаронних виробів із ПХД (калиновою, обліпиховою, бузиновою, горобиновою) оцінювали за зовнішнім виглядом, кольором, смаком, запахом, твердістю і загальною прийнятністю.

Таблиця 5.23 – Органолептичні показники макаронних виробів з ПХД (калиновою, обліпиховою, бузиновою, горобиною)

Показники	Значення макаронних виробів				
	К	Д5	Д6	Д7	Д8
Зовнішній вигляд					
Колір	однотонний, з кремовим або світло-жовтим відтінком, без слідів непромісу	однотонний, світло-коричневого кольору, без слідів непромісу	однотонний, темно-жовтого кольору, без слідів непромісу	однотонний, фіолетового кольору, без слідів непромісу	однотонний, темно-коричневого кольору, без слідів непромісу
Поверхня	гладенька	гладенька	гладенька	гладенька	гладенька
Форма	відповідає типу виробу				
Смак і запах	властивий цьому виду виробів, без стороннього присмаку і запаху	специфічний, з кислуватим присмаком та запахом калини	специфічний, з кислуватим солодким присмаком та запахом обліпихи	специфічний, з характерним присмаком та запахом бузини	специфічний, з характерним присмаком та запахом горобини
Форма	відповідає типу виробу				
Стан виробів після варки	зварені до готовності вироби зберігають форму, не злипаються, не утворюють грудочок				

Слід зазначити, що після варіння було виявлено втрату кольору – вироби набувають світліших та менш насичених жовто/коричневих кольорів, зразок з бузиною теж посвітлішав. Однак дифузія пігментів у воду візуально незначна. Зміна забарвлення є результатом деградації деяких каротиноїдів під час обробки макаронних виробів. З результатів досліджень видно, що додавання ПХД із плодів дикорослих рослин суттєво не впливає на варильні властивості макаронних виробів. Стан виробів дослідних зразків після варіння характеризується відмінним збереженням форми, не злипаються і не утворюють грудочки.

З метою обґрунтування механізму впливу додаткової сировини на процеси утворення тіста, його структуру і формування виробів вивчали якість клейковини та структурно-механічні властивості. Встановлено, що досліджувані ПХД забезпечують зниження вмісту клейковини та її гідратаційної здатності. При цьому клейковина виявляє більш пружні властивості за показником розтяжності та стиснення на приладі ИДК-1. Очевидно, полімери ПХД і білки борошна конкурують за поглинання води в тісті. В результаті більш грубої дисперсності і більшого вмісту клітковини ПХД із плодів дикорослих рослин перешкоджають набухання білків пшеничного борошна для утворення клейковини. На підставі вивчення структурно-механічних властивостей на фаринографі встановлено, що валориметрична оцінка тіста знижується. Це свідчить про те, що складові ПХД виявляють дегідратуючий вплив у макаронному тісті і перешкоджають біополімерам пшеничного борошна утворювати тісто.

Надалі досліджували вплив ПХД із плодів дикорослих рослин на фізико-хімічні показники макаронних виробів. Результати представлено в табл. 5.24.

Таблиця 5.24 – Фізико-хімічні показники макаронних виробів із підвищеним вмістом харчових волокон

Найменування показників	Результати дослідження				
	К	Д5	Д6	Д7	Д8
Вологість, %	6,0±0,1	6,6±0,1	7,8±0,1	6,8±0,1	7,8±0,1
Кислотність, град.	4,0±0,1	6,2±0,1	6,5±0,1	6,8±0,1	6,5±0,1
Масова частка, %:					
деформованих виробів, %	1,3+1,0	1,7+1,0	3,6+1,0	1,8+1,0	3,8+1,0
крихти, %	1,5+1,0	2,0+1,0	2,0+1,0	2,0+1,0	2,0+1,0
Наявність шкідників хлібних запасів	не виявлено				

Вологість зразків із додаванням ПХД (Д5–Д8) вища, ніж у контрольному зразку (К), де вона становить 6%. Найвищий показник вологості спостерігається

у зразках Д6 і Д8 – 7,8%. Це свідчить про підвищену здатність ПХД до поглинання і утримування вологи, що впливає на структуру та стабільність макаронних виробів. Також це пояснюється умовами виготовлення, які суттєво відрізняються від промислових – використанням тристадійного типу сушіння (попереднє сушіння, зневоложення, кінцеве сушіння) в спеціалізованому обладнанні та охолодження (стабілізація) макаронних виробів. Однак отримані результати вологості дослідних виробів макаронних виробів в межах допустимих згідно ДСТУ 7043:2020. Відповідно до результатів досліджувані зразки макаронних виробів також відрізняються за показником кислотності виробів. Контрольний зразок має найнижчу кислотність (4,0 град.), тоді як у зразках з порошками цей показник значно вищий – від 6,2 до 6,8 градусів. Це зумовлено наявністю органічних кислот у складі порошоків дикорослих ягід, що впливає на кислотність продукту. Зокрема, зразок Д7 має найвищий рівень кислотності (6,8 град.)

При додаванні порошкових харчових добавок погіршується консистенція тіста, зокрема знижується його еластичність і розтяжність. Це пов'язано зі збільшенням кількості сахаридів у складі добавок, які перешкоджають формуванню міцного глютенowego каркасу, а також підвищують в'язкість тіста. Як наслідок, тісто стає менш пружним і важче піддається формуванню. Зразки з ПХД показують збільшення кількості деформованих виробів у порівнянні з контрольним зразком. У контрольному зразку цей показник становить 1,3%, тоді як у зразках із ПХД він варіюється від 1,7% до 3,8%. Найбільша частка деформованих виробів спостерігається в зразках Д6 і Д8 (3,6% і 3,8%), що може бути результатом змін у структурі тіста через додавання порошкових добавок, які впливають на його еластичність і міцність. Однак за скоригованою рецептурою (Д5–Д8) запропонована технологія та була успішно апробована в умовах виробництва, що свідчить про її можливість для промислового застосування (Додаток К).

Показники крихти в зразку К 1,5%, а в усіх зразках збагачених макаронних виробів (Д5–Д8) однакові – 2%, що свідчить про відсутність значних змін у крихкості виробів при додаванні порошкових добавок. В усіх зразках шкідники

хлібних запасів не виявлені, що свідчить про безпечність продукту з точки зору санітарних умов зберігання. Додавання ПХД із дикорослих ягід до рецептури макаронних виробів в кількості 10% дозволяє помітно покращити харчову та біологічну цінність готових виробів (табл. 5.25).

Результати показали, що збільшення масової частки ПХД із дикорослих ягід в зразках призводить до зменшення вмісту білків, жирів та вуглеводів, водночас збільшується вміст клітковини. Зменшення білків глютену в дослідних зразках ускладнює формування достатньо міцної білкової матриці, яка зв'язує та закриває гранули крохмалю. Як результат, це може призводити до нижчої кулінарної якості макаронних виробів, переварювання в процесі варіння, зниження твердості та еластичності виробів після варіння.

Таблиця 5.25 – Харчова цінність макаронних виробів з ПХД

Показники	К	Д5	Д6	Д7	Д8
Білки, г	10,0	9,4	9,73	9,64	9,69
Жири, г	1,0	0,86	0,89	0,87	0,88
Вуглеводи, г	70,0	62,7	62,2	62,9	62,5
Енергетична цінність:					
– ккал	329,0	296,14	295,73	297,99	296,68
– кДж	1378,51	1240,83	1239,11	1248,58	1243,09

Зразок К має найвищий вміст білків, жирів, вуглеводів. У зразках із додаванням ПХД (Д5–Д8) вміст білка трішки менше, що можна пояснити тим, що харчові порошки із дикорослих ягід мають менший вміст білка порівняно з борошном. Найменший вміст білка у зразку Д5 (КПХД) – 9,4 г (на 0,6 г менше ніж у зразку К), а найбільший серед зразків із добавками у зразку Д6 (ОПХД) – 9,73 г. Зразки (Д5–Д8) мають зменшений вміст жирів (0,86–0,89 г), що на 0,11–0,14 г менше ніж у контрольному зразку К. Найменший вміст жирів – у зразку Д5 (0,86 г), а найбільший – у зразку Д6 (0,89 г). Це вказує на те, що додавання порошоків ягід має незначний вплив на вміст жирів у продукті. У зразках із добавками (Д5–Д8) вміст вуглеводів зменшився на 7,1–7,5 г, що пояснюється

заміною частини борошна на ПХД з меншим вмістом вуглеводів. Найменший вміст вуглеводів – у зразку Д6 62,2 г, а найбільший – у зразку Д7 – 62,9 г. Додавання ПХД зменшує калорійність продукту у зразку Д5 та Д6 близько 10 %.

Додавання ПХД із дикорослих ягід (калини, обліпихи, бузини, горобини) зменшує вміст білків, жирів і вуглеводів у макаронних виробах, що призводить до зниження загальної калорійності продукту. Однак різниця в енергетичній цінності є незначною, тому основна зміна стосується збільшення біологічної цінності за рахунок вітамінів та мікроелементів, які містяться в порошках ягід (рис. 5.10).

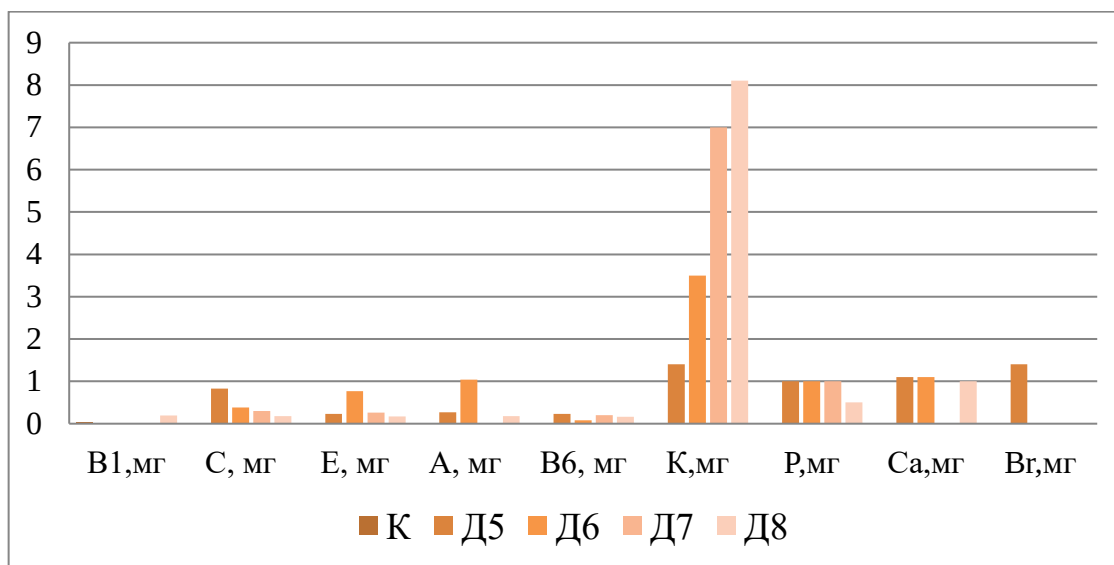


Рис. 5.10 – Біологічна цінність макаронних виробів з ПХД

Вітамін С у контрольному зразку відсутній, але в зразках з добавками спостерігається його значне підвищення. Найбільший вміст вітаміну С у зразку Д5 (калиновий порошок) – 0,83 мг/100 г. Вітамін Е теж відсутній у контрольному зразку, але додається в усіх зразках з ПХД. Найбільший вміст вітаміну Е – у зразку Д6 (0,77 мг).

Вітамін А у контрольному зразку не представлений, проте значний вміст спостерігається в зразку Д6 – 1,04 мг. Вітамін В₁ і В₆ у контрольному зразку наявні лише у невеликій кількості, тоді як у зразках з добавками їх вміст суттєво вищий. В зразках з ПХД значно вище кількість К. Найвищий показник у зразку Д7 – 8,1 мг. Також підвищується вміст фосфору (Р) та кальцію (Са) на 1–1,1 мг. Бром (Br) присутній тільки у зразку Д5 – 1,4 мг. Додавання ПХД із дикорослих ягід значно

підвищує вміст вітамінів і мінералів у макаронних виробках. Наприклад, вітамін С і вітамін А у зразках з добавками з'являються в значних кількостях, хоча в контрольному зразку вони відсутні. Мінеральний склад також покращується, особливо вміст калію. Це підтверджує, що використання порошкових добавок із ягід може значно підвищити біологічну цінність продукту.

Додавання порошків ягід покращує біологічну цінність макаронних виробів, збільшуючи вміст харчових волокон (рис. 5.11), що є корисним для здоров'я шлунково-кишкового тракту.

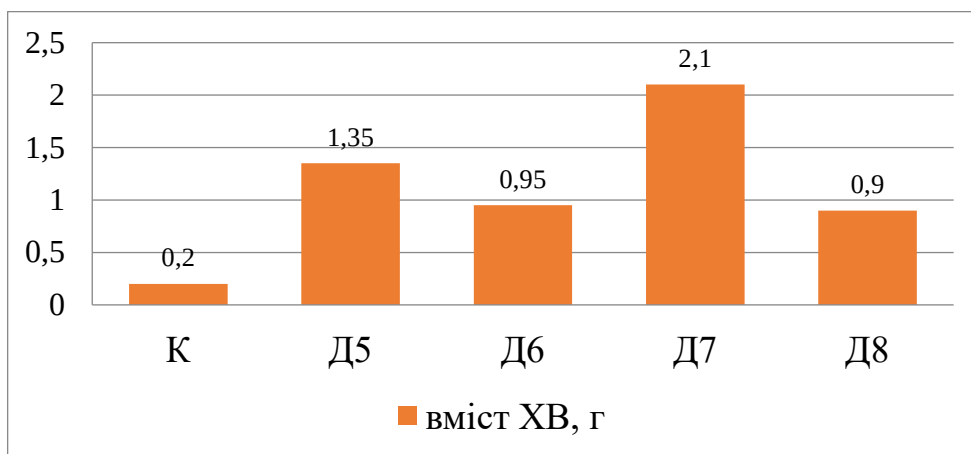


Рис. 5.11 – Вміст харчових волокон в дослідних зразках макаронних виробів

Контрольний зразок (К) містить найменшу кількість ХВ (0,2 г). Додавання ПХД значно збільшує вміст ХВ – у зразку Д5 вміст на 1,3 г., у Д6 на 0,75 г, у Д7 на 2 г, Д8 на 1 г. Лише 100 г макаронних виробів Д7 забезпечить 10% від добової потреби у харчових волокнах. Також встановлено, що внесення порошкових харчових добавок із дикорослих ягід в кількості 10% підвищує вміст амінокислот, зокрема таких як лізин, треонін, валін, ізолейцин, лейцин, фенілаланін, аспарагінова кислота, аргінін, гістидин, тирозин, аланін, гліцин, серин.

За мікробіологічними показниками макаронні вироби з ПХД (калиновою, обліпиховою, бузиновою, горобиною) відповідають вимогам, наведеним в таблиці 5.26.

Таблиця 5.26 – Мікробіологічні показники макаронних виробів з ПХД (калиноюю, обліпиховою, бузиновою, горобиноюю)

Найменування показників	Значення				
	К	Д5	Д6	Д7	Д8
КМАФАнМ, КУО в 1,0 г	2,41·10 ²	1·10 ²	1·10 ²	1·10 ²	1·10 ²
БГКП, в 0,1 г	ріст відсутній				
Патогенні мікроорганізми:					
- <i>Salmonella</i> , в 25,0 г продукту	ріст відсутній				
- <i>L.monocytogenes</i> , в 1,0 г продукту	ріст відсутній				
Дріжджі, КУО в 1,0 г	ріст відсутній				
Плісєневі гриби, КУО в 1,0 г	ріст відсутній				

Дослідження мікробіологічних показників (КМАФАнМ, БГКП, дріжджів та плісєневих грибів) показали допустимі значення для цього виду продукції.

Висновки до розділу 5

1. Розроблені технології та рецептури хліба з пшеничного борошна. Досліджено фізико-хімічні, органолептичні, мікробіологічні показники хліба, встановлено, що за всіма показниками даний продукт відповідає вимогам НД. Виявлено, що глютамінова кислота, присутня в ГПХД, має консервуючий ефект, що запобігає розвитку плісняви в хлібі протягом 15 діб.

2. Розроблена рецептура виготовлення йогурту з БПХД, яка дозволяє продовжити термін його придатності до 21 діб. Визначено, що оптимальна кількість порошкових добавок становить 7%. Додавання БПХД позитивно впливає на мікробіологічні властивості йогурту, зокрема запобігає розвитку патогенних мікроорганізмів та затримує процес псування продукту. Розроблена рецептура забезпечила збереження високої якості органолептичних властивостей йогурту.

3. Розроблена рецептура та технологічна схема виробництва здобних булочок з ОПХД. Визначено, що оптимальна кількість порошкової добавки

становить 5%. Зі збільшенням вмісту ОПХД у рецептурі здобних булочок рівень упікання знижувався на 0,95–1,6%, а усихання, навпаки, збільшувалося. Завдяки наявності антиоксидантних речовин уповільнюються окислювальні процеси під час випікання і зберігання, що дозволяє продовжити термін зберігання здобних булочок до 5 діб.

4. Розроблена рецептура та технологічна схема виробництва м'якого морозива з КПХД, рекомендована кількість якої становить 7%. Це покращує харчову цінність морозива, смакові характеристики та зовнішній вигляд. Зокрема, зразки м'якого морозива з порошком калини містять 0,8 г/100 г клітковини.

5. Розроблена рецептура та технологічна схема виробництва макаронних виробів з ПХД (калиновою, обліпиховою, бузиновою, горобиною). Додавання ПХД до складу макаронних виробів покращує їхні органолептичні характеристики та підвищує біологічну цінність готових виробів за рахунок збільшення вмісту харчових волокон. Визначено, що оптимальна кількість заміни пшеничного борошна на ПХД становить 10%.

ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано біологічну цінність та шляхи використання дикорослої рослинної сировини — обліпихи (*Hippophae rhamnoides* L.), калини (*Viburnum opulus*), бузини чорної (*Sambucus nigra*) та горобини звичайної (*Sorbus aucuparia*).

2. Розроблена раціональна технологія виробництва ПХД з плодів дикорослих рослин. Особливістю запропонованої технології є проведення багатоступеневого зневоднення – осмотичної дегідратації та сушіння у ІЧ сушарках. Визначено оптимальні параметри процесу: концентрація цукрового розчину – $(70\pm 2)\%$, гідромодуль – 1, температура – $(50\pm 5)^{\circ}\text{C}$, тривалість дегідратації становить 1 годину. При запропонованій температурі сушіння $(50\pm 5)^{\circ}\text{C}$, 120 хв.) зберігається біологічна цінність рослинної сировини.

3. Розробленні ПХД із плодів дикорослих рослин за органолептичними та фізико-хімічними показниками відповідають вимогам чинної НД. Запропонований метод переробки плодів дикорослих рослин забезпечує їх мікробіологічну стабільність протягом одного року зберігання. Відсутність патогенних мікроорганізмів та низький рівень КМАФАМ підтверджують безпечність ПХД і продуктів, виготовлених на їх основі. За результатами дослідження встановлено, що рівень токсичних елементів і радіонуклідів у ПХД з обліпихи, калини, бузини та червоноплідної горобини є надзвичайно низьким, що забезпечує їх безпечність для споживання.

4. Досліджено амінокислотний склад ПХД, виготовлених із плодів дикорослих рослин. Осмотичне зневоднення сприятливо впливає на амінокислотний склад плодів дикорослих рослин, оскільки дозволяє зберегти незамінні амінокислоти. Вміст амінокислот у ПХД збільшився порівняно з вихідною сировиною: у обліпиховій – з 0,1453 до 7,29 г/100 г; горобиновій – з 0,16242 до 6,94 г/100 г; калиновій з 0,01079 до 3,99 г/100 г та бузиновій з 0,56844 г до 6,4 г/100 г.

5. Визначили мінеральний склад та структуру харчових добавок, виготовлених із плодів дикорослих рослин. Отриманні ПХД містять у своєму

складі клітковину, тому доцільно їх використовувати для збагачення харчових продуктів ХВ. Результати дослідження показали, що зі збільшенням ступеня подрібнення знижується вміст клітковини. Найбільша кількість сирової клітковини міститься в БПХД (18,2% до 18,7%), найменша – в ГПХД (6,75% до 6,95%). ПХД містять важливі мінеральні речовини – калій, кальцій, фосфор, алюміній, сірка, кремній, хлор та магній. Найбільше у досліджуваних зразках ПХД із плодів дикорослих рослин міститься калію.

6. В отриманих ПХД містяться вітаміни С, Е, β -каротин та В₆. Запропонований спосіб переробки плодів дикорослих ягід перед сушінням дозволяє зберегти у ПХД із обліпихи на 66,3 % вітаміну С, 49,8 % у горобинових, 66,3 % у калинових та 46 % у бузинових. Найбільша кількість вітаміну В₆ міститься у калиновій (2,6 мг/100 г) та бузиновій (1,96мг/100 г) ПХД, найменша – у ГПХД (0,16 мг/100 г). Найбільшу кількість β -каротину міститься у ОПХД (10,42 мг/100 г), найменше – у БПХД (0,2мг/100 г).

7. Досліджено антиоксидантні властивості ПХД із плодів дикорослих рослин. Запропонована нами технологія дає можливість зберегти антиоксидантну активність та склад фенольних сполук в ПХД. Втрати антоціанів під час технологічного процесу становлять лише 10–15%. Найбільша кількість фенольних сполук міститься у КПХД (219,1 мг/100 г), найменша – у ОПХД (109,7 мг/100 г). Найвищу антиоксидантну активність має БПХД, найменшу – ГПХД.

8. Провели розрахунок задоволення фізіологічних потреб організму в різних нутрієнтах при використанні харчових добавок, виготовлених із плодів дикорослих рослин. ПХД із плодів дикорослих рослин (обліпихи, горобини, калини, бузини) можна вважати функціональними. ПХД забезпечують приблизно 10–14% добової потреби в НЗАК – валіні, ізолейцині, треоніні, та лейцині, 15% в лізині, 12–16% в фенілаланіні, 29–42 % в аспарагіновій та 25–31 % глютаміновій кислотах, 87–166 % в гліцині, 10–23 % в тирозині та 17 % в аргініні. ПХД задовольняють 17,5–51% добової потреби у вітаміні Е, 22–198 % у β -каротині та 13–61% у вітаміні В₆, що важливо для метаболізму та здоров'я мозку.

9. Провели оптимізацію технології виробництва харчових добавок із плодів дикорослих рослин. Побудовано поверхні відкликів, які наочно описують характер впливу керуючих факторів на сушіння похідних переробки дикорослих ягід. Відповідно, визначено оптимальні раціональні параметри сушіння, які забезпечують мінімальну тривалість та енергоємність процесу і дозволяє на виході отримувати продукт з максимально високими технологічними властивостями, харчовою та біологічною цінністю.

10. Запропонували способи застосування харчових добавок із плодів дикорослих рослин у виробництві харчових продуктів з доданою вартістю – хлібу пшеничного подовженого терміну зберігання, йогурту з БПХД, здобних булочок з ОПХД, макаронних виробів з ПХД (калиною, обліпиховою, бузиновою, горобиновою). Розроблені технології пройшли апробацію на діючих підприємствах м. Суми та м. Кривого Рогу.

11. Досліджено показники якості (фізико-хімічні, органолептичні, мікробіологічні) продуктів, виготовлених із використанням харчових добавок з плодів дикорослих рослин. За всіма показниками продукти відповідають вимогам НД. Розроблені технічні умови «Порошки із дикорослих рослин», «Хліб пшеничний з подовженим терміном зберігання», «Вироби макаронні з підвищеним вмістом харчових волокон».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Sun L., Xin F., Alper H. S. Bio-synthesis of food additives and colorants-a growing trend in future food. *Biotechnology Advances*. 2021. Vol. 47. P. 107694. URL: <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2020.107694>.
2. Marina M. Samilyk, Evgenia V. Demidova, Natalia V. Bolgova. Waste-free technology of processing wild plant raw materials. *Journal of Chemistry and Technologies*. 2022. Vol. 30, No 3. P. 394–403. URL: <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v30i3.256924>.
3. Павлюк Р. Ю. Активация рослинних біологічно-активних речовин фізичними методами. Нове в технології переробки плодів : монографія / Павлюк Р. Ю., Дібрівська Н. В., Павлюк В. А., Яницький В. В., Крячко Т. В. Харків, 2010. С. 181.
4. E. Grotewold. The Science of Flavonoids // The Ohio State University Columbus, Ohio, USA, 2016. P.273.
5. ¹H NMR-based metabolic fingerprinting of urine metabolites after consumption of lingonberries (*Vaccinium vitis-idaea*) with a high-fat meal / H.-M. Lehtonen et al. *Food chemistry*. 2013. Vol. 138, no. 2-3. P. 982–990. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.10.081>.
6. Fan Z.-L., Wang Z.-Y., Liu J.-R. Cold-field fruit extracts exert different antioxidant and antiproliferative activities in vitro. *Food chemistry*. 2011. Vol. 129, no. 2. P. 402–407. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.04.091>
7. Can phytochemical antioxidant rich foods act as anti-cancer agents? / S. Wang et al. *Food research international*. 2011. Vol. 44, no. 9. P. 2545–2554. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.05.021>.
8. Sarraf M., Beig Babaei A., Naji-Tabasi S. Investigating functional properties of barberry species: an overview. *Journal of the science of food and agriculture*. 2019. Vol. 99, no. 12. P. 5255–5269. URL: <https://doi.org/10.1002/jsfa.9804>
9. Jin Y., Khadka D. B., Cho W.-J. Pharmacological effects of berberine and its derivatives: a patent update. *Expert opinion on therapeutic patents*. 2015. Vol. 26, no. 2. P. 229–243. URL: <https://doi.org/10.1517/13543776.2016.1118060>

10. The effect of barberry (*Berberis vulgaris* L.) supplementation on blood pressure: a systematic review and meta-analysis of the randomized controlled trials / M. Atefi et al. *Complementary therapies in medicine*. 2021. Vol. 56. P. 102608. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2020.102608> .

11. Sarraf M., Beig-babaei A., Naji-Tabasi S. Optimizing extraction of berberine and antioxidant compounds from barberry by maceration and pulsed electric field-assisted methods. *Journal of berry research*. 2020. P. 1–16. URL: <https://doi.org/10.3233/jbr-200603> .

12. Barberry in the treatment of obesity and metabolic syndrome: possible mechanisms of action / S. Firouzi et al. *Diabetes, metabolic syndrome and obesity: targets and therapy*. 2018. Volume 11. P. 699–705. URL: <https://doi.org/10.2147/dmso.s181572> .

13. Pawar S. R., Jangam S. S., Waghmare S. A. Anti-cancer herble drugs: an overview. *Journal of drug delivery and therapeutics*. 2018. Vol. 8, no. 4. URL: <https://doi.org/10.22270/jddt.v8i4.1749> .

14. Imenshahidi M., Hosseinzadeh H. *Berberis vulgaris* and berberine: an update review. *Phytotherapy research*. 2016. Vol. 30, no. 11. P. 1745–1764. URL: <https://doi.org/10.1002/ptr.5693> .

15. Sun W., Shahrajabian M. H., Cheng Q. Barberry (*Berberis vulgaris*), a medicinal fruit and food with traditional and modern pharmaceutical uses. *Israel journal of plant sciences*. 2021. P. 1–11. URL: <https://doi.org/10.1163/22238980-bja10019> .

16. A pharmacological study on *Berberis vulgaris* fruit extract / M. Fatehi et al. *Journal of ethnopharmacology*. 2005. Vol. 102, no. 1. P. 46–52. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2005.05.019> .

17. Varietal comparison of proximate composition and mineral profiling of Pakistan native barberry powder / M. Batool et al. *Pakistan BioMedical Journal*. 2021. Vol. 4, no. 1. URL: <https://doi.org/10.52229/pbmj.v4i1.54> .

18. Özgen M., Saraçoğlu O., Geçer E. N. Antioxidant capacity and chemical properties of selected barberry (*berberis vulgaris* L.) fruits. *Horticulture, environment,*

and biotechnology. 2012. Vol. 53, no. 6. P. 447–451. URL: <https://doi.org/10.1007/s13580-012-0711-1>.

19. Effect of barberry (*Berberis vulgaris*) fruit powder on the quality and shelf life stability of puffed corn extrude / M. Bakmohamadpor et al. *NFS journal*. 2021. Vol. 22. P. 9–13. URL: <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2020.12.004>.

20. Estupiñan-Amaya M., Fuenmayor C. A., López-Córdoba A. Evaluation of mixtures of maltodextrin and gum Arabic for the encapsulation of Andean blueberry (*Vaccinium meridionale*) juice by freeze-drying. *International journal of food science & technology*. 2022. URL: <https://doi.org/10.1111/ijfs.16093>.

21. Estupiñan-Amaya M., Fuenmayor C. A., López-Córdoba A. New freeze-dried andean blueberry juice powders for potential application as functional food ingredients: effect of maltodextrin on bioactive and morphological features. *Molecules*. 2020. Vol. 25, no. 23. P. 5635. URL: <https://doi.org/10.3390/molecules25235635>.

22. Recent research on the health benefits of blueberries and their anthocyanins / W. Kalt et al. *Advances in Nutrition*. 2019. URL: <https://doi.org/10.1093/advances/nmz065>

23. Blueberry juice: Bioactive compounds, health impact, and concentration technologies—A review / G. Tobar-Bolaños et al. *Journal of food science*. 2021. Vol. 86, no. 12. P. 5062–5077. URL: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15944>.

24. Girard K. K., Sinha N. K. Cranberry, blueberry, currant, and gooseberry. *Handbook of fruits and fruit processing*. Oxford, UK, 2012. P. 399–417. URL: <https://doi.org/10.1002/9781118352533.ch24>.

25. Casas-Forero N., Orellana-Palma P., Petzold G. Influence of block freeze concentration and evaporation on physicochemical properties, bioactive compounds and antioxidant activity in blueberry juice. *Food science and technology*. 2020. Vol. 40, suppl 2. P. 387–394. URL: <https://doi.org/10.1590/fst.29819>.

26. Orellana-Palma P., Guerra-Valle M., Zúñiga R. N. Centrifugal filter-assisted block freeze crystallization applied to blueberry juice. *Processes*. 2021. Vol. 9, no. 3. P. 421. URL: <https://doi.org/10.3390/pr9030421>.

27. Lavefve L., Howard L. R., Carbonero F. Berry polyphenols metabolism and impact on human gut microbiota and health. *Food & function*. 2020. Vol.11, no.1. P.45–65. URL: <https://doi.org/10.1039/c9fo01634a> .

28. Кошовий О. М., Стремоухов О. О.(2020). Фітохімічне дослідження фенольного складу плодів *Vaccinium corymbosum*. *Сучасні напрямки удосконалення фармацевтичного забезпечення населення: від розробки до використання лікарських засобів природного і синтетичного походження* : матеріали наук.-практ. дистанційної міжнар. конф., м. Івано-Франківськ, 19-20 трав. 2020 р. Івано-Франківськ, 2020. С. 181–182.

29. Health promoting properties and extraction of specific bioactive compounds in blueberries/ N. Ijaz et al. *Pakistan BioMedical Journal*. 2022. P. 18–20. URL: <https://doi.org/10.54393/pbmj.v5i5.492>.

30. Comparison of phytochemical profiles, antioxidant and cellular antioxidant activities of different varieties of blueberry (*vaccinium* spp.) / H. Wang et al. *Food chemistry*. 2017. Vol. 217. P. 773–781. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.002>.

31. Phenolic acids of the two major blueberry species in the US market and their antioxidant and anti-inflammatory activities/ J. Kang et al. *Plant foods for human nutrition*. 2014. Vol. 70, no. 1. P. 56–62. URL: <https://doi.org/10.1007/s11130-014-0461-6>.

32. Protective effect of blueberry anthocyanins in a CCL4-induced liver cell model / J. Chen et al. *LWT - food science and technology*. 2015. Vol. 60, no. 2. P. 1105–1112. URL: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.10.010> .

33. Structure and function of blueberry anthocyanins: a review of recent advances / W. Yang et al. *Journal of functional foods*. 2022. Vol. 88. P. 104864. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104864> .

34. Rashidinejad A. Blueberries. *Nutritional composition and antioxidant properties of fruits and vegetables*. 2020. P. 467–482. URL: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-812780-3.00029-5> .

35. Романова, З. М., Косоголова, Л. О., Арутюнян, Т. В. Особливості технології безалкогольних напоїв з використанням дикорослої ягідної сировини. *Інтегровані технології та енергозбереження*. 2015. Вип. 1. С. 85-91.

36. Дейниченко Г. В., Листопад Т. С., Колісниченко Т. О. Обґрунтування доцільності використання водоростевої сировини при виготовленні соусів із дикорослих та культивованих ягід. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Технічні науки*. 2018. Вип. 18, т. 1. С. 29-36.

37. Duan Y, Tarafdar A, Chaurasia D, Singh A, Bhargava PC, Yang J, Li Z, Ni X, Tian Y, Li H, Awasthi MK. Blueberry fruit valorization and valuable constituents: A review. *Int J Food Microbiol.* 2022. Vol. 381. P. 109890. URL: [10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109890](https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109890).

38. Characterization of blueberry fruits (*Vaccinium* spp.) and derived products / P. M. Reque et al. *Food science and technology (campinas)*. 2014. Vol. 34, no. 4. P. 773–779. URL: <https://doi.org/10.1590/1678-457x.6470>.

39. Shevchuk L.M., Grynyk I.V., Levchuk L.M., Yareshchenko O.M., Tereshchenko Y., Babenko S.M. Biochemical contents of highbush blueberry fruits grown in the Western Forest-Steppe of Ukraine. *Agronomy research*. 2020. Vol. 19, no. 1. P. 232–249. URL: <https://doi.org/10.15159/ar.21.012>.

40. Kajszyzak D., Zakłós-Szyda M., Podśedek A. *Viburnum opulus* L.—A review of phytochemistry and biological effects. *Nutrients*. 2020. Vol. 12, no. 11. P. 3398. URL: <https://doi.org/10.3390/nu12113398>.

41. Biologically active substances from european guelder berry fruits / I. B. Perova et al. *Pharmaceutical chemistry journal*. 2014. Vol. 48, no. 5. P. 332–339. URL: <https://doi.org/10.1007/s11094-014-1105-8>.

42. Akbulut, M.; Calsir, S.; Marakoglu, T.; Coklar, H. Chemical and technological properties of European cranberrybush (*Viburnum opulus* L.) fruits. *Asian J. Chem.* 2008. Vol. 20. P. 1875–1885.

43. Ersoy N., Ercisli S., Gundogdu M. Evaluation of European Cranberrybush (*Viburnum opulus* L.) genotypes for agro-morphological, biochemical and bioactive

characteristics in Turkey. *Folia horticultruae*. 2017. Vol. 29, no. 2. P. 181–188. URL: <https://doi.org/10.1515/fhort-2017-0017>.

44. Kalyoncu I., Ersoy N., Elidemir A., Karalı M. Some Physico-Chemical Characteristics and Mineral Contents of Gilaburu (*Viburnum opulus* L.) Fruits in Turkey. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering*. Vol. 7, no 6. P. 424-426. URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1079484> .

45. Valorization of european cranberry bush (*viburnum opulus* L.) berry pomace extracts isolated with pressurized ethanol and water by assessing their phytochemical composition, antioxidant, and antiproliferative activities / L. Dienaitė et al. *Foods*. 2020. Vol. 9, no. 10. P. 1413. URL: <https://doi.org/10.3390/foods9101413> .

46. Dienaitė L., Baranauskienė R., Rimantas Venskutonis P. Lipophilic extracts isolated from European cranberry bush (*Viburnum opulus*) and sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) berry pomace by supercritical CO₂ – Promising bioactive ingredients for foods and nutraceuticals. *Food chemistry*. 2021. Vol. 348. P. 129047. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129047>

47. Phenolic acids, flavonols, anthocyanins and antiradical activity of “Nero”, “Viking”, “Galicianka” and wild chokeberries/ L. Jakobek et al. *Scientia horticultruae*. 2012. Vol. 147. P. 56–63. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.09.006> .

48. Cam M., Hisil Y., Kuscü A. Organic acid, phenolic content, and antioxidant capacity of fruit flesh and seed of *Viburnum opulus*. *Chemistry of natural compounds*. 2007. Vol. 43, no. 4. P. 460–461. URL: <https://doi.org/10.1007/s10600-007-0161-7>.

49. Kraujalytė V., Leitner E., Venskutonis P. R. Chemical and sensory characterisation of aroma of *Viburnum opulus* fruits by solid phase microextraction-gas chromatography–olfactometry. *Food chemistry*. 2012. Vol. 132, no. 2. P. 717–723. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.11.007> .

50. Variation in volatile and fatty acid contents among *Viburnum opulus* L. Fruits growing different locations / M. Zarifikhosroshahi et al. *Scientia horticultruae*. 2020. Vol. 264. P. 109160. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.109160> .

51. Antimicrobial activity of *Viburnum opulus* fruit juices and extracts/ L. Česonienė et al. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*. 2014. Vol. 9, no. 2. P. 129–132. URL: <https://doi.org/10.1007/s00003-014-0864-1>.
52. Poyrazoğlu E. S. Changes in ascorbic acid and sugar content of rowanberries during ripening. *Journal of food quality*. 2004. Vol. 27, no. 5. P. 366–370. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2004.00658.x>.
53. Gil-Izquierdo .A., Mellenthin .A. Identification and quantitation of flavonols in rowanberry (*Sorbus aucuparia* L.) juice. *European food research and technology*. 2001. Vol. 213, no. 1. P. 12–17. URL: <https://doi.org/10.1007/s002170100328>.
54. Anti-inflammatory activity of *Sorbus commixta* water extract and its molecular inhibitory mechanism/ T. Yu et al. *Journal of ethnopharmacology*. 2011. Vol. 134, no. 2. P. 493–500. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2010.12.032>.
55. Olszewska M. A., Michel P. Antioxidant activity of inflorescences, leaves and fruits of three *Sorbus* species in relation to their polyphenolic composition. *Natural product research*. 2009. Vol. 23, no. 16. P. 1507–1521. URL: <https://doi.org/10.1080/14786410802636177>.
56. Grussu D., Stewart D., McDougall G. J. Berry polyphenols inhibit α -amylase in vitro: identifying active components in rowanberry and raspberry. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2011. T. 59, № 6. C. 2324–2331. URL: <https://doi.org/10.1021/jf1045359>.
57. Phenolic and antioxidant profiles of rowan (*Sorbus* L.) fruits / R. Raudonis et al. *Natural product research*. 2014. Vol. 28, no. 16. P. 1231–1240. URL: <https://doi.org/10.1080/14786419.2014.895727>.
58. Bioactive compounds in sweet rowanberry fruits of interspecific Rowan crosses / J. Mlcek et al. *Open life sciences*. 2014. Vol. 9, no. 11. P. 1078–1086. URL: <https://doi.org/10.2478/s11535-014-0336-8>.
59. Bozhuyuk M. R. Morphological and biochemical diversity in fruits of rowanberry (*Sorbus aucuparia* L.) genotypes. *Erwerbs-Obstbau*. 2021. Vol. 63, no. 4. P. 431–435. URL: <https://doi.org/10.1007/s10341-021-00603-4>.

60. Termentzi A., Alexiou P., Demopoulos, V. J., Kokkalou, E. The aldose reductase inhibitory capacity of *Sorbus domestica* fruit extracts depends on their phenolic content and may be useful for the control of diabetic complications. *Die Pharmazie-An International Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2008. Vol. 63, no. 9. P. 693-696. URL: <https://doi.org/10.1691/ph.2008.8567> .
61. Metabolite profiling, arginase inhibition and vasorelaxant activity of *Cornus mas*, *Sorbus aucuparia* and *Viburnum opulus* fruit extracts / A. Bujor et al. *Food and chemical toxicology*. 2019. Vol. 133. P. 110764. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2019.110764>.
62. The influence of temperature, storage conditions, pH, and ionic strength on the antioxidant activity and color parameters of rowan berry extracts / E. Cristea et al. *Molecules*. 2021. Vol. 26, no. 13. P. 3786. URL: <https://doi.org/10.3390/molecules26133786> .
63. Azimova S. S., Glushenkova A. I. *Rorippa nasturtium-aquaticum* (L.) Hayek (*Nasturtium officinale*). *Lipids, lipophilic components and essential oils from plant sources*. London, 2012. P. 268–269. URL: https://doi.org/10.1007/978-0-85729-323-7_866 .
64. Phytochemical profiling of fruit powders of twenty *Sorbus* L. cultivars / K. Zymone et al. *Molecules*. 2018. Vol. 23, no. 10. P. 2593. URL: <https://doi.org/10.3390/molecules23102593> .
65. Compositional diversity in fruits of rowanberry (*Sorbus aucuparia* L.) genotypes originating from seeds / M. Bozhuyuk et al. *Genetika*. 2020. Vol. 52, no. 1. P. 55–65. URL: <https://doi.org/10.2298/gensr2001055b>.
66. Бірта Г. О., Бургу Ю. Г., Хмельницька Є. В. Дикоростуча сировина : навч. посіб. Полтава : ПУЕТ, 2020. 449 с.
67. Li, T. S. Product development of sea buckthorn. *Trends in new crops and new uses*. 2002. P. 393–398.
68. Effect of lipophilic sea buckthorn extract on cream cheese properties / A. Ghendov-Moșanu et al. *Journal of food science and technology*. 2019. Vol. 57, no. 2. P. 628–637. URL: <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04094-w> .

69. Kuhkheil A., Badi H.N., Mehrafarin A., Abdossi V. Chemical constituents of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) fruit in populations of central Alborz Mountains in Iran. *Research Journal of Pharmacognosy*. 2017. Vol.4.P.1-12.

70. Effects of genotype, latitude, and weather conditions on the composition of sugars, sugar alcohols, fruit acids, and ascorbic acid in sea buckthorn (*hippophaë rhamnoides* ssp. *mongolica*) berry juice/ J. Zheng et al. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2012. Vol. 60, no. 12. P. 3180–3189. URL: <https://doi.org/10.1021/jf204577g>.

71. Integrated processing of fresh Indian sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) berries and chemical evaluation of products / R. Arimboor et al. *Journal of the science of food and agriculture*. 2006. Vol. 86, no. 14. P. 2345–2353. URL: <https://doi.org/10.1002/jsfa.2620>.

72. Sea buckthorn berries: a potential source of valuable nutrients for nutraceuticals and cosmoceuticals/ L. M. Bal et al. *Food research international*. 2011. Vol. 44, no. 7. P. 1718–1727. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.002>

73. Филима Є. Біохімічна характеристика обліпихи, її використання в консервуванні. *Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання: тези доп. V Всеукр. студ. наук.-техн. конф.*(Тернопіль, 28-29 квіт.2022 р). Тернопіль, 2022. С. 263.

74. Fatty acids, tocols, and carotenoids in pulp oil of three sea buckthorn species (*hippophae rhamnoides*, *H. salicifolia*, and *H. tibetana*) grown in the indian himalayas/ A. Ranjith et al. *Journal of the american oil chemists' society*. 2006. Vol. 83, no. 4. P. 359–364. URL: <https://doi.org/10.1007/s11746-006-1213-z> .

75. Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) as a potential source of nutraceutics and its therapeutic possibilities - a review/ J. Krejcarová et al. *Acta veterinaria brno*. 2015. Vol. 84, no. 3. P. 257–268. URL: <https://doi.org/10.2754/avb201584030257>.

76. Sturza R., Ghendov-Moșanu A., Deseatnicov O., Suhodol M. N. Use of sea buckthorn fruits in the pastry manufacturing. *Scientific Study and Research: Chemistry and Chemical Engineering, Biotechnology. Food Industry*. 2016. Vol.17, no.1. P. 35-43.

77. Młynarczyk K., Walkowiak-Tomczak D., Łysiak G. P. Bioactive properties of *Sambucus nigra* L. as a functional ingredient for food and pharmaceutical industry. *Journal of functional foods*. 2018. Vol. 40. P. 377–390. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.11.025> .
78. Vulic J., Vracar L., Sumic Z. Chemical characteristics of cultivated elderberry fruit. *Acta periodica technologica*. 2008. No. 39. P. 85–90. URL: <https://doi.org/10.2298/apt0839085v> .
79. Ağalar H. G. Elderberry (*Sambucus nigra* L.). *Nonvitamin and nonmineral nutritional supplements*. 2019. P. 211–215. URL: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-812491-8.00030-8> .
80. Changes in elderberry (*sambucus nigra* L.) juice concentrate polyphenols during storage/ C. M. B. Neves et al. *Applied sciences*. 2021. Vol. 11, no. 15. P. 6941. URL: <https://doi.org/10.3390/app11156941> .
81. Chemical, biochemical and electrochemical assays to evaluate phytochemicals and antioxidant activity of wild plants / L. Barros et al. *Food chemistry*. 2011. Vol. 127, no. 4. P. 1600–1608. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.02.024> .
82. Elderberry (*Sambucus nigra* L.) as potential source of antioxidants. Characterization, optimization of extraction parameters and bioactive properties / R. Domínguez et al. *Food chemistry*. 2020. Vol. 330. P. 127266. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127266> .
83. Triterpenoid acids as important antiproliferative constituents of european elderberry fruits / M. Gleńsk et al. *Nutrition and cancer*. 2017. Vol. 69, no. 4. P. 643–651. URL: <https://doi.org/10.1080/01635581.2017.1295085> .
84. Modeling and optimization of supercritical carbon dioxide extraction for isolation of valuable lipophilic constituents from elderberry (*sambucus nigra* L.) pomace / V. Kitrytė et al. *Journal of CO2 utilization*. 2020. Vol. 35. P. 225–235. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2019.09.020> .
85. Lipid classes and fatty acid regiodistribution in triacylglycerols of seed oils of two *sambucus* species (*S. nigra* L. and *S. ebulus* L.) / F. Dulf et al. *Molecules*. 2013. Vol. 18, no. 10. P. 11768–11782. URL: <https://doi.org/10.3390/molecules181011768> .

86. Cais-Sokolińska D., Walkowiak-Tomczak D. Consumer-perception, nutritional, and functional studies of a yogurt with restructured elderberry juice. *Journal of dairy science*. 2020. URL: <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18770>.

87. Comparative analyses of seeds of wild fruits of *Rubus* and *Sambucus* species from Southern Italy: fatty acid composition of the oil, total phenolic content, antioxidant and anti-inflammatory properties of the methanolic extracts / A. Fazio et al. *Food chemistry*. 2013. Vol. 140, no. 4. P. 817–824. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.11.010>.

88. *Sambucus nigra* extracts—natural antioxidants and antimicrobial compounds / A. Przybylska-Balcerek et al. *Molecules*. 2021. Vol. 26, no. 10. P. 2910. URL: <https://doi.org/10.3390/molecules26102910>.

89. *Aronia melanocarpa* fruit extract exhibits anti-inflammatory activity in human aortic endothelial cells / D. Zapolska-Downar et al. *European journal of nutrition*. 2011. Vol. 51, no. 5. P. 563–572. URL: <https://doi.org/10.1007/s00394-011-0240-1>.

90. Bioavailability and antioxidant activity of black chokeberry (*aronia melanocarpa*) polyphenols: in vitro and in vivo evidences and possible mechanisms of action: a review / P. N. Denev et al. *Comprehensive reviews in food science and food safety*. 2012. Vol. 11, no. 5. P. 471–489. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2012.00198.x>.

91. Skoczyńska A. The influence of chokeberry juice on arterial blood pressure Influence of chokeberry juice on arterial blood pressure and lipid parameters in men with mild hypercholesterolemia. *Pharm. Rep.* 2007. Vol.59. P. 177–182.

92. Kokotkiewicz A., Jaremicz Z., Luczkiewicz M. *Aronia* Plants: a review of traditional use, biological activities, and perspectives for modern medicine. *Journal of medicinal food*. 2010. Vol. 13, no. 2. P. 255–269. URL: <https://doi.org/10.1089/jmf.2009.0062>.

93. Effect of bioactive compound of *aronia melanocarpa* on cardiovascular system in experimental hypertension / M. Cebova et al. *Oxidative medicine and cellular longevity*. 2017. Vol. 2017. P. 1–8. URL: <https://doi.org/10.1155/2017/8156594>.

94. *Aronia melanocarpa* fruit juice ameliorates the symptoms of inflammatory bowel disease in TNBS-induced colitis in rats / S. Valcheva-Kuzmanova et al. *Food and*

chemical toxicology. 2018. Vol. 113. P. 33–39. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.01.011> .

95. Samoticha J., Wojdyło A., Lech K. The influence of different the drying methods on chemical composition and antioxidant activity in chokeberries. *LWT - food science and technology*. 2016. Vol. 66. P. 484–489. URL: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.10.073>.

96. Novhorodska N. V. Technology of fermented milk drink based on phyto raw materials. *Agrarian Science and Food Technologies*. 2019. Vol. 5, no. 108. P. 91–101.

97. Bioactive compounds, antioxidant activities, and health beneficial effects of selected commercial berry fruits: a review / B. V. Nemzer et al. *Journal of food research*. 2020. Vol. 9, no. 5. P. 78. URL: <https://doi.org/10.5539/jfr.v9n5p78> .

98. Effects of drying and grinding in production of fruit and vegetable powders: a review / M. C. Karam et al. *Journal of food engineering*. 2016. Vol. 188. P. 32–49. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.05.001> .

99. Погожих М. І., Пак А. О. Енергоефективні способи переробки харчової сировини: сушіння плодово-ягідної сировини: навч. посіб. Харків: ХДУХТ, 2015. 159 с.

100. Freezing for food preservation / K. S. Ojha et al. *Reference module in food science*. 2016. URL: <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.03108-5> .

101. Witrowa-Rajchert D., Rząca M. Effect of drying method on the microstructure and physical properties of dried apples. *Drying technology*. 2009. Vol. 27, no. 7-8. P. 903–909. URL: <https://doi.org/10.1080/07373930903017376> .

102. Chua K. J., Chou S. K. Low-cost drying methods for developing countries. *Trends in food science & technology*. 2003. Vol. 14, no. 12. P. 519–528. URL: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2003.07.003>.

103. Chua K. J., Chou S. K. New hybrid drying technologies. *Emerging technologies for food processing*. 2005. P. 535–551. URL: <https://doi.org/10.1016/b978-012676757-5/50022-0>.

104. Aguilera J. M., Chiralt A., Fito P. Food dehydration and product structure. *Trends in food science & technology*. 2003. Vol. 14, no. 10. P. 432–437. URL: [https://doi.org/10.1016/s0924-2244\(03\)00122-5](https://doi.org/10.1016/s0924-2244(03)00122-5).
105. Evaluation of freezing temperatures and ripeness levels on the quality characteristics of frozen pineapple fruits / V. Chi Khang et al. *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*. 2022. P. e5439. URL: <https://doi.org/10.55251/jmbfs.5439>.
106. Prakobsang S., Pornchalermpong P. Comparison of the effect of freezing on the quality of ‘nam dokmai’ mango fruit. *MATEC web of conferences*. 2018. Vol. 192. P. 03027. URL: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201819203027>.
107. Assessment of freeze damage in fruits and vegetables / P. K. Jha et al. *Food research international*. 2019. Vol. 121. P. 479–496. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.12.002>.
108. Cold and chilled storage technology / ed. by C. V. J. Dellino. Boston, MA: Springer US, 1997. URL: <https://doi.org/10.1007/978-1-4613-1127-0>.
109. Alabi K. P., Zhu Z., Sun D.-W. Transport phenomena and their effect on microstructure of frozen fruits and vegetables. *Trends in food science & technology*. 2020. Vol. 101. P. 63–72. URL: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.04.016>.
110. Effects of power ultrasound on immersion freezing parameters of potatoes / P. Comandini et al. *Innovative food science & emerging technologies*. 2013. Vol. 18. P. 120–125. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2013.01.009>.
111. Effects of alternating magnetic field on freezing of minimally processed guava / A. S. Panayampadan et al. *Lwt*. 2022. P. 113544. URL: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113544>.
112. Norton T., Sun D.-W. Recent advances in the use of high pressure as an effective processing technique in the food industry. *Food and bioprocess technology*. 2007. Vol. 1, no. 1. P. 2–34. URL: <https://doi.org/10.1007/s11947-007-0007-0>.
113. Novel technologies in the freezing process and their impact on the quality of fruits and vegetables / S. Loayza-Salazar et al. *Food engineering reviews*. 2024. URL: <https://doi.org/10.1007/s12393-024-09371-9>.

114. Sun Y., Zhang M., Mujumdar A. Berry drying: mechanism, pretreatment, drying technology, nutrient preservation, and mathematical models. *Food engineering reviews*. 2019. Vol. 11, no. 2. P. 61–77. URL: <https://doi.org/10.1007/s12393-019-9188-3> .
115. Soysal F., İsmail O. Investigation of the effect of temperature and pretreatment on the rehydration capacities of dried nectarine slices. *Acta scientiarum. technology*. 2017. Vol. 39, no. 5. P. 551. URL: <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v39i5.30412>.
116. Cuq B., Rondet E., Abecassis J. Food powders engineering, between knowhow and science: constraints, stakes and opportunities. *Powder technology*. 2011. Vol. 208, no. 2. P. 244–251. URL: <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2010.08.012> .
117. Kumar Y., Tiwari S., Belorkar, S. A. Drying: an excellent method for food preservation. *International Journal of Engineering Studies and Technical Approach*. 2015. Vol.1, no. 8. P. 1-17.
118. Chen X. D., Patel K. C. Manufacturing better quality food powders from spray drying and subsequent treatments. *Drying technology*. 2008. Vol. 26, no. 11. P. 1313–1318. URL: <https://doi.org/10.1080/07373930802330904> .
119. Снежкін Ю.Ф., Гусарова О.В., Шапар Р.О. Інтенсифікація вологовидалення при зневодненні плодовоовочевої сировини. *Наукові праці ОНАХТ*. 2017. Вип. 81 , №1. с. 90 – 93.
120. Approaches to improving the quality of dried fruit and vegetables / H. H. Nijhuis et al. *Trends in food science & technology*. 1998. Vol. 9, no. 1. P. 13–20. URL: [https://doi.org/10.1016/s0924-2244\(97\)00007-1](https://doi.org/10.1016/s0924-2244(97)00007-1) .
121. Convective drying of fresh and frozen raspberries and change of their physical and nutritive properties / Z. Stamenković et al. *Foods*. 2019. Vol. 8, no. 7. P. 251. URL: <https://doi.org/10.3390/foods8070251>.
122. Sagar V. R., Suresh Kumar P. Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: a review. *Journal of food science and technology*. 2010. Vol. 47, no. 1. P. 15–26. URL: <https://doi.org/10.1007/s13197-010-0010-8> .
123. Garcia R., Leal F., Rolz C. Drying of bananas using microwave and air ovens. *International journal of food science & technology*. 2007. Vol. 23, no. 1. P. 73–80. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1988.tb00552.x> .

124. Li Z., Raghavan G. S. V., Orsat V. Temperature and power control in microwave drying. *Journal of food engineering*. 2010. Vol. 97, no. 4. P. 478–483. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.11.004>.
125. Effect of selected drying methods and emerging drying intensification technologies on the quality of dried fruit: a review / M. Radojčin et al. *Processes*. 2021. Vol. 9, no. 1. P. 132. URL: <https://doi.org/10.3390/pr9010132>.
126. Tiwari A. A review on solar drying of agricultural produce. *Journal of food processing & technology*. 2016. Vol. 7, no. 9. URL: <https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000623>.
127. Indiarito R., Asyifaa A. Conventional and advanced food-drying technology: A current review. *International Journal of Scientific & Technology Research*. 2021. Vol.10. P.99-107.
128. Review of solar dryers for agricultural products in Asia and Africa: an innovation landscape approach / P. Udomkun et al. *Journal of environmental management*. 2020. Vol. 268. P. 110730. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110730>.
129. Tunde-Akintunde T. Y., Afolabi T. J., Akintunde B. O. Influence of drying methods on drying of bell-pepper (*Capsicum annuum*). *Journal of food engineering*. 2005. Vol. 68, no. 4. P. 439–442. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.06.021>
130. Drying kinetics of food materials in infrared radiation drying: a review / D. S. A. Delfiya et al. *Journal of food process engineering*. 2021. URL: <https://doi.org/10.1111/jfpe.13810>.
131. Krokida, M. K., Tsami, E., Maroulis, Z. B. Kinetics on color changes during drying of some fruits and vegetables. *Drying technology*. 1998. Vol. 16, no. 3. P. 667–685.
132. Adak N., Heybeli N., Ertekin C. Infrared drying of strawberry. *Food chemistry*. 2017. Vol. 219. P. 109–116. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.103>.
133. Drying and quality characteristics of fresh and sugar-infused blueberries dried with infrared radiation heating / J. Shi et al. *LWT - food science and technology*. 2008. Vol. 41, no. 10. P. 1962–1972. URL: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.01.003>.

134. Combined infrared-convective drying of murta (*ugni molinaeturcz*) berries: kinetic modeling and quality assessment / L. Puente-Díaz et al. *Drying technology*. 2013. Vol. 31, no. 3. P. 329–338.
135. Design and performance evaluation of a pilot-scale pulsed vacuum infrared drying (PVID) system for drying of berries / W.-P. Zhang et al. *Drying technology*. 2019. Vol. 38, no. 10. P. 1340–1355.
136. Євчук, Я. В. Іванов Я. В., Шутюк В. В. Дослідження режимів конвективного сушіння плодів калини: *Тренди Lean-виробництва та пакування харчової продукції* : матеріали 12-ї Міжнар. спец.наук.-практ. конф., м. Київ ,20 вер. 2023. Київ , 2023. С. 96-98.
137. Bórquez R. M., Canales E. R., Redon J. P. Osmotic dehydration of raspberries with vacuum pretreatment followed by microwave-vacuum drying. *Journal of food engineering*. 2010. Vol. 99, no. 2. P. 121–127. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.02.006>.
138. An engineering study and analysis of the factors affecting evaporation rate under the vacuum drying process/ S. Pingniang et al. *World science and technology*. 2010. Vol. 12, no. 1. P. 118–121. URL: [https://doi.org/10.1016/s1876-3553\(11\)60007-0](https://doi.org/10.1016/s1876-3553(11)60007-0).
139. Ratti C. Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. *Journal of food engineering*. 2001. Vol. 49, no. 4. P. 311–319. URL: [https://doi.org/10.1016/s0260-8774\(00\)00228-4](https://doi.org/10.1016/s0260-8774(00)00228-4).
140. Jakubczyk E., Jaskulska A. The effect of freeze-drying on the properties of polish vegetable soups. *Applied sciences*. 2021. Vol. 11, no. 2. P. 654. URL: <https://doi.org/10.3390/app11020654> .
141. Hammami C., René F. Determination of freeze-drying process variables for strawberries. *Journal of food engineering*. 1997. Vol.32, no.2. P. 133-154.
142. Liapis A. I., Bruttini R. Freeze drying. In Handbook of industrial drying. *CRC press*. 2020.P. 309-343.
143. Chiou D., Langrish T. A. G. Development and characterisation of novel nutraceuticals with spray drying technology. *Journal of food engineering*. 2007. Vol. 82, no. 1. P. 84–91. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.01.021> .

144. Tonon R. V., Brabet C., Hubinger M. D. Influence of process conditions on the physicochemical properties of açai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by spray drying. *Journal of food engineering*. 2008. Vol. 88, no. 3. P. 411–418. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.02.029>.
145. Spray drying of concentrated fruit juices / B. R. Bhandari et al. *Drying technology*. 1993. Vol. 11, no. 5. P. 1081–1092. URL: <https://doi.org/10.1080/07373939308916884>.
146. Cabral A. C. S., Said S., Oliveira W. P. Retention of the enzymatic activity and product properties during spray drying of pineapple stem extract in presence of maltodextrin. *International journal of food properties*. 2009. Vol. 12, no. 3. P. 536–548. URL: <https://doi.org/10.1080/10942910801942483> .
147. Ferrari C. C., Germer S. P. M., de Aguirre J. M. Effects of spray-drying conditions on the physicochemical properties of blackberry powder. *Drying technology*. 2011. Vol. 30, no. 2. P. 154–163. URL: <https://doi.org/10.1080/07373937.2011.628429>.
148. Cal K., Sollohub K. Spray drying technique. I: hardware and process parameters. *Journal of pharmaceutical sciences*. 2010. Vol. 99, no. 2. P. 575–586. URL: <https://doi.org/10.1002/jps.21886> .
149. Omolola A. O., Jideani A. I. O., Kapila P. F. Quality properties of fruits as affected by drying operation. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2015. Vol. 57, no. 1. P. 95–108. URL: <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.859563> .
150. The role of emerging technologies in the dehydration of berries: quality, bioactive compounds, and shelf life / M. Pateiro et al. *Food chemistry: x*. 2022. P. 100465. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100465> .
151. The application of osmotic dehydration in the technology of producing candied root vegetables / M. Samilyk et al. *Eastern-European journal of enterprise technologies*. 2020. Vol. 3, no. 11 (105). P. 13–20. URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.204664> .
152. Ahmed I., Qazi I. M., Jamal S. Developments in osmotic dehydration technique for the preservation of fruits and vegetables. *Innovative food science & emerging technologies*. 2016. Vol. 34. P. 29–43. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.01.003>.

153. Nowacka M., Dadan M., Tylewicz U. Current applications of ultrasound in fruit and vegetables osmotic dehydration processes. *Applied sciences*. 2021. Vol. 11, no. 3. P. 1269. URL: <https://doi.org/10.3390/app11031269>.
154. Langston F. M. A., Nash G. R., Bows J. R. The retention and bioavailability of phytochemicals in the manufacturing of baked snacks. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2021. P. 1–37. URL: <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1971944>.
155. The impact of using polyols as osmotic agents on mass exchange during osmotic dehydration and their content in osmodehydrated and dried apples / H. Kowalska et al. *Drying technology*. 2019. Vol. 38, no. 12. P. 1620–1631. URL: <https://doi.org/10.1080/07373937.2019.1653319>.
156. Khin M. M., Zhou W., Yeo S. Y. Mass transfer in the osmotic dehydration of coated apple cubes by using maltodextrin as the coating material and their textural properties. *Journal of food engineering*. 2007. Vol. 81, no. 3. P. 514–522. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.12.005>.
157. Osmotic dehydration of sugar beet in combined aqueous solutions of sucrose and sodium chloride / A. Jokić et al. *Journal of food engineering*. 2007. Vol. 78, no. 1. P. 47–51. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.09.003>.
158. Rastogi N. K., K. S. M. S. Raghavarao, K. Niranjana. Developments in osmotic dehydration. *Emerging technologies for food processing*. 2005. P.221-249.
159. Osmotic dehydration in production of sustainable and healthy food / A. Ciurzyńska et al. *Trends in food science & technology*. 2016. Vol. 50. P. 186–192. URL: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.01.017>.
160. Ultrasound assisted osmotic dehydration of organic cranberries (*Vaccinium oxycoccus*): study on quality parameters evolution during storage / M. Nowacka et al. *Food control*. 2018. Vol. 93. P. 40–47. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.05.005>.
161. Mango dehydration: influence of osmotic pre-treatment And addition of calcium chloride / E. J. Sanjinez-Argandoña et al. *Revista brasileira de fruticultura*. 2018. Vol. 40, no. 4. URL: <https://doi.org/10.1590/0100-29452018419>.

162. Effect of food microstructure on calcium infusion under high pressure / N. S. Gosavi et al. *Food engineering reviews*. 2020. URL: <https://doi.org/10.1007/s12393-020-09225-0> .
163. Enhancing the hardness of potato slices after boiling by combined treatment with lactic acid and calcium chloride: mechanism and optimization / J. Liu et al. *Food chemistry*. 2020. Vol. 308. P. 124832. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.106> .
164. Optimization of a Calcium-Based Treatment Method for Jellyfish to Design Food for the Future / F. A. Ramires et al. *Foods*. 2022. Vol. 11, no. 17. P. 2697. URL: <https://doi.org/10.3390/foods11172697> .
165. High pressure processing treatment of fresh-cut carrots: effect of presoaking in calcium salts on quality parameters / Y. Yu et al. *Journal of food quality*. 2018. Vol. 2018. P. 1–9. URL: <https://doi.org/10.1155/2018/7863670> .
166. Evaluation of water loss and solute uptake during osmotic treatment of white radishes (*Raphanus sativus* L.) in salt-sucrose solution / N. M. Thuy et al. *Plant science today*. 2021. URL: <https://doi.org/10.14719/pst.1422> .
167. Draw solutions for Forward Osmosis process: osmotic pressure of binary and ternary aqueous solutions of magnesium chloride, sodium chloride, sucrose and maltose / M. Hamdan et al. *Journal of food engineering*. 2015. Vol. 155. P. 10–15. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.01.010>
168. Wang X., Feng H. Investigating the role played by osmotic pressure difference in osmotic dehydration: interactions between apple slices and binary and multi-component osmotic systems. *Foods*. 2023. Vol. 12, no. 17. P. 3179. URL: <https://doi.org/10.3390/foods12173179>.
169. Klewicki R., Uczciwek M. Effect of osmotic dehydration in fructose, sucrose and fructooligosaccharide solutions on the content of saccharides in plums and apples and their energy value. *Agricultural and food science*. 2008. Vol. 17, no. 4. P. 367. URL: <https://doi.org/10.2137/145960608787235559> .

170. Chavan U. D., Amarowicz R. Osmotic dehydration process for preservation of fruits and vegetables. *Journal of food research*. 2012. Vol. 1, no. 2. URL: <https://doi.org/10.5539/jfr.v1n2p202> .
171. Osmotic dehydration for the production of novel pumpkin cut products of enhanced nutritional value and sustainability / E. Dermesonlouoglou et al. *Applied sciences*. 2020. Vol. 10, no. 18. P. 6225. URL: <https://doi.org/10.3390/app10186225> .
172. Khin M. M., Weibiao Z., Perera C. Development in the combined treatment of coating and osmotic dehydration of food: A review. *International Journal of Food Engineering*. 2005. Vol. 1.P. 1-19.
173. Effect of osmotic agents and ultasonication on osmo-convective drying of sweet lime (Citrus limetta) peel / V. Kumari et al. *Journal of food process engineering*. 2020. Vol. 43, no. 4. URL: <https://doi.org/10.1111/jfpe.13371> .
174. Kudri S., Harshitha T., Hegde P., Tadkod M., Deasei S., Hemalatha S.. Effect of molasses, honey, and sugar on osmotic dehydration of muskmelon (Cucumis melo L.). *Pharma Innov*. 2022.Vol. 11. P.162-166.
175. Multicomponent diffusion during osmotic dehydration process in melon pieces: influence of film coefficient / K. G. Angilelli et al *Journal of food processing and preservation*. 2014. Vol. 39, no. 4. P. 329–337. URL: <https://doi.org/10.1111/jfpp.12236> .
176. Dermesonlouoglou E. K., Giannakourou M. C., Taoukis P. S. Kinetic modelling of the degradation of quality of osmo-dehydrofrozen tomatoes during storage. *Food chemistry*. 2007. Vol. 103, no. 3. P. 985–993. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.05.070> .
177. Matusek A., Czukor B., Merész P. Comparison of sucrose and fructo-oligosaccharides as osmotic agents in apple. *Innovative food science & emerging technologies*. 2008. Vol. 9, no. 3. P. 365–373. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2007.10.003> .
178. Modelling osmotic dehydration of lemon slices using new sweeteners / S. Rubio-Arraez et al. *International journal of food science & technology*. 2015. Vol. 50, no. 9. P. 2046–2051. URL: <https://doi.org/10.1111/ijfs.12859> .

179. Efficiency of osmotic dehydration of pomegranate seeds in polyols solutions using response surface methodology / B. Bchir et al. *Horticulturae*. 2021. Vol. 7, no. 9. P. 268. URL: <https://doi.org/10.3390/horticulturae7090268> .
180. Osmotic dehydration of fruits using unconventional natural sweeteners and non-thermal assisted technologies: a review / D. Kaur et al. *Journal of food processing and preservation*. 2022. URL: <https://doi.org/10.1111/jfpp.16890> .
181. Chemical and physicochemical properties of semi-dried organic strawberries enriched with bilberry juice-based solution / U. Tylewicz et al. *Lwt*. 2019. Vol. 114. P. 108377. URL: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108377> .
182. Ultrasound-Assisted osmotic dehydration of apples in polyols and dihydroxyacetone (DHA) solutions / J. Cichowska et al. *Molecules*. 2019. Vol. 24, no. 19. P. 3429. URL: <https://doi.org/10.3390/molecules24193429> .
183. Osmotic dehydration of fruits in food industrial: a review. *International journal of biosciences (IJB)*. 2014. Vol. 4, no. 1. P. 42–57. URL: <https://doi.org/10.12692/ijb/4.1.42-57> .
184. Pointing J., Warrers G., Forrey R., Jackson R., Stanley W. Osmotic dehydration of fruits. *Journal of Food Technology*. 1966. Vol.44. P.1365-1368.
185. Vial C., Guilbert S., Cuq J.L. Osmotic dehydration of kiwi fruits: influence of process variables on the color and ascorbic acid content. *Sciences Des Aliments*.1991. Vol.11. no.63-84.
186. Heng K.H., Guilbert S., Cuq, J.L. Osmotic dehydration of papaya : influence of process variables on the product quality. *Sciences Des Aliments*.1990. Vol.10. P.831-848.
187. Torreggiani D.Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. *Food Research International*.1993. Vol.26. no.1.P. 59-68.
188. Mass transfer during osmotic dehydration of pineapple rings / C. I. Beristain et al. *International journal of food science & technology*. 2007. Vol. 25, no. 5. P. 576–582. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1990.tb01117.x> .

189. Pragati S., Dahiya S., Dhawan. Effect of drying methods on nutritional composition of dehydrated aonla fruit (*Emblica officinalis* Garten) during storage. *Plant Foods for Human Nutrition*. 2003. Vol. 58, no. 3. P. 1-9.
190. El-Aouar A., Azoubel P., Barbosa J., Murr F. E. 2006. Influence of the osmotic agent on the osmotic dehydration of papaya (*Carica papaya* L.). *Journal of Food Engineering*. 2006. Vol. 75, no. 2. P. 267-274.
191. Najafi H., Yusof Y., Rahman A. Effect of osmotic dehydration process using sucrose solution at mild temperature on mass transfer and quality attributes of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*). *International Food Research Journal*. 2014. Vol. 21. P. 625-630.
192. Osmo-Convective dehydration of plum (*Prunus salicina* L.) / B. B. Ibitwar et al. *International journal of food engineering*. 2008. Vol. 4, no. 8. URL: <https://doi.org/10.2202/1556-3758.1286>.
193. Bashir N., Bhat M. A., Dar B. N., Shah, M. A. Effect of different drying methods on the quality of tomatoes. *Advances in Food Sciences*. 2014. Vol. 36, no. 2. P. 65-69.
194. Nishadh A., Mathai L. Osmotic dehydration of radish in salt and sucrose solutions. *International journal of innovative research in science, engineering and technology*. 2014. Vol. 3, no. 1. P. 1514-1521.
195. Bashir N., Sood M., Bandral, J. Food preservation by osmotic dehydration-A Review. *Chemical science review and letters*. 2020. Vol. 9, no. 4. P. 337-341.
196. M. Ianchyk, O. Niemirich, A. Gavrysh, Study of functional and technological properties of plant powders for use in confectionery industry. *FST*. 2016. Vol. 10, no. 4.
197. Phytochemical profile of commercially available food plant powders: their potential role in healthier food reformulations / M. Neacsu et al. *Food chemistry*. 2015. Vol. 179. P. 159–169. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.01.128>.
198. Colorant and antioxidant properties of freeze-dried extracts from wild berries: use of ultrasound-assisted extraction method and drivers of liking of colored yogurts / M. Gomez Mattson et al. *Journal of food science and technology*. 2021. URL: <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05096-3>.

199. Physicochemical, functional, and sensory characterization of apple leathers enriched with acácul (Ardisia compressa Kunth) powder / A. Y. Vázquez-Sánchez et al. *Lwt.* 2021. Vol. 146. P. 111472. URL: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111472> .
200. Impact of Saskatoon berry powder on insulin resistance and relationship with intestinal microbiota in high fat–high sucrose diet-induced obese mice / R. Zhao et al. *The journal of nutritional biochemistry.* 2019. Vol. 69. P. 130–138. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2019.03.023> .
201. Lachowicz S., Świeca M., Pejcz E. Improvement of health-promoting functionality of rye bread by fortification with free and microencapsulated powders from amelanchier alnifolia nutt. *Antioxidants.* 2020. Vol. 9, no. 7. P. 614. URL: <https://doi.org/10.3390/antiox9070614> .
202. Estupiñan-Amaya M., Fuenmayor C. A., López-Córdoba A. Exploring the potential of wild andean blueberries for powdered juice production through spray drying. *Foods.* 2023. Vol. 12, no. 12. P. 2348. URL: <https://doi.org/10.3390/foods12122348> .
203. Gawalek J. Spray drying of chokeberry juice–antioxidant phytochemicals retention in the obtained powders versus energy consumption of the process. *Foods.* 2022. Vol. 11, no. 18. P. 2898. URL: <https://doi.org/10.3390/foods11182898> .
204. Characterization of bread enriched with jerusalem artichoke powder content / A. M Radovanovic et al. *Journal of food and nutrition research.* 2014. Vol. 2, no. 12. P. 895–898. URL: <https://doi.org/10.12691/jfmr-2-12-6>.
205. Effects of fibre-rich rye milling fraction on the functional properties and nutritional quality of wholemeal rye bread / P. Kołodziejczyk et al. *Journal of food science and technology.* 2019. Vol. 57, no. 1. P. 222–232. URL: <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04050-8> .
206. Effect of rye bread enriched with tomato pomace on fat absorption and lipid metabolism in rats fed a high-fat diet / J. Bajerska et al. *Journal of the science of food and agriculture.* 2014. Vol. 95, no. 9. P. 1918–1924. URL: <https://doi.org/10.1002/jsfa.6899> .

207. Wang X., Kristo E., LaPointe G. The effect of apple pomace on the texture, rheology and microstructure of set type yogurt. *Food hydrocolloids*. 2019. Vol. 91. P. 83–91. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.01.004> .
208. Tseng A., Zhao Y. Wine grape pomace as antioxidant dietary fibre for enhancing nutritional value and improving storability of yogurt and salad dressing. *Food chemistry*. 2013. Vol. 138, no. 1. P. 356–365. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09.148>.
209. Younis K., Ahmad, S. Quality evaluation of buffalo meat patties incorporated with apple pomace powder. *Buffalo Bulletin*. 2018. Vol.37, no.3. P. 389–401.
210. Effect of apple pomace fiber and pork fat levels on quality characteristics of uncured, reduced-fat chicken sausages / Y.-S. Choi et al. *Poultry science*. 2016. Vol. 95, no. 6. P. 1465–1471. URL: <https://doi.org/10.3382/ps/pew096> .
211. Спосіб приготування порошкоподібного продукту на основі горобини і шипшини: пат. 32185 Україна. № 200713939; заявл. 12.12.2007; опубл. 12.05.2008, Бюл. № 9.4 с.
212. Голікова, Т. П. Використання дикорослої сировини в технології макаронних виробів . Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції – основні засади її конкурентоздатності: мат. IV міжнар. спец. наук.- практ. конф., м. Київ, 8 вер. 2015 р., Київ, 2015. С. 19-20.
213. Мирошник Ю.А., Доценко В.Ф. Досвід використання порошоків з нетрадиційної рослинної сировини в технології борошняних кондитерських виробів. *Modern engineering and innovative technologies*. 2019. Issue 8, Part. 2. С. 65–71.
214. ДСТУ 8474:2015 Плоди калини звичайної. Технічні умови. [чинний від 01.07.2017]. Вид. офіц. Київ : Національна академія аграрних наук України, 2015. 7 с.
215. Самілик М.М. Наукове обґрунтування інновацій в процесах переробки рослинної сировини та її похідних продуктів : дис...д-ра техн. наук: 05.18.12 / Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ, 2023. 365 с.

216. ДСТУ ISO 5498:2004 Продукти харчові сільськогосподарські. Загальний метод визначення вмісту сирової клітковини (ISO 5498:1981, IDT). [чинний від 01 травня 2006 р]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2005. 14 с.
217. ДСТУ 8004:2015. Концентрати харчові. Методи визначання вологи. [чинний від 22.06.2015 р]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. 9 с.
218. ДСТУ 4954:2008 Продукти перероблення фруктів та овочів. Методи визначання цукрів. [чинний від 01.01.2009]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2009. 22 с.
219. ДСТУ 4957:2008 Продукти перероблення фруктів та овочів. Методи визначення титрованої кислотності. [чинний від 01.07.2009]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2009. 14 с.
220. ДСТУ 7670:2014 Сировина та продукти харчові. Підготовка проб. Мінералізація для визначення вмісту токсичних елементів. [чинний від 01.07.2015 р]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2015. 18 с.
221. ДСТУ 7045:2009 Вироби хлібобулочні. Методи визначання фізико-хімічних показників. Зі зміною та поправкою. [чинний від 25.06.2009 р.]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2009. 37 с.
222. ДСТУ ISO 6564:2005 Дослідження сенсорне. Методологія. Методи створювання спектра флейвору (ISO 6564:1985, IDT) [чинний від 25 травня 2005 р.]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2005. 14 с.
223. ДСТУ ISO 4833:2006 Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Горизонтальний метод підрахунку мікроорганізмів. Техніка підрахування колоній за температури 30 °C (ISO 4833:2003, IDT). [чинний від 01.10.2007]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2007. 11 с.
224. ДСТУ ISO 4832:2015. Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Горизонтальний метод підрахунку коліформ. [чинний від 01.07.2017]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2007. 11 с.
225. ДСТУ EN 12824 :2004 Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Горизонтальні методи для визначення Salmonella. [Чинний від 01.07.2004]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2004. 24 с.

226. ДСТУ ISO 11290-1:2003 Мікробіологія харчових продуктів та кормів для тварин. Горизонтальний метод виявлення та підрахування *Listeria monocytogenes*. Частина 1. Метод виявлення (ISO 11290-1:1996, IDT). [чинний від 01.10.2004]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2003. 22 с.

227. ДСТУ ISO 7954:2006 Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Загальні настанови з підрахунку дріжджів і мікроскопічних грибів. Техніка підрахування колоній, культивованих за температури 25 °C (ISO 7954:1997, IDT). [чинний від 01.10.2007]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2003. 10 с.

228. ДСТУ EN 12393-1:2003. Продукти харчові нежирові. визначення вмісту залишків пестицидів газохроматографічним методом. частина 1. загальні положення (EN 12393-1:1998, IDT). Чинний від 2005-01-01. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2003. 16 с.

229. ДСТУ EN 12393-2:2003 ДСТУ EN 12393-2:2003 Продукти харчові нежирові. Визначення вмісту залишків пестицидів газохроматографічним методом. Частина 2. Методи екстрагування та очищення (EN 12393-2:1998, IDT) [чинний від 01.07.2004]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2003. 34 с.

230. ДСТУ EN 12393-3:2003 ДСТУ EN 12393-3:2003 Продукти харчові нежирові. Визначення вмісту залишків пестицидів газохроматографічним методом. Частина 3. Визначення та підтверджувальні випробування (EN 12393-3:1998, IDT). з поправкою. [чинний від 01.01.2009]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2003. 14 с.

231. МУ 2273 Медико-біологічна оцінка нетрадиційної продовольчої сировини і нових харчових продуктів , затверджені наказом МОЗ України № 204 від 09.07.1997 р.

232. ДСТУ 3946:2018 Система розроблення і поставлення продукції на виробництво. Продукція харчова. Настанови щодо розроблення і поставлення на виробництво нових та новітніх харчових продуктів. [чинний від 01.10.2019]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. 19 с.

233. ДСТУ 4343:2004 Йогурти. Загальні технічні умови. [чинний від 01.10.2005]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2005. 14 с.

234. ДСТУ IDF 122C:2003 Молоко і молочні продукти. Підготовка проб і розведень для мікробіологічного дослідження (IDF 122C:1996, IDT). [чинний від 01.01.2005]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2005. 8 с.

235. ДСТУ ISO 11869:2007 Йогурт. Визначення титрованої кислотності потенціометричним методом (ISO 11869:1997, IDT) [чинний від 01.01.2009]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2007. 8 с.

236. ДСТУ EN ISO 1211:2022 Молоко. Визначення вмісту жиру. Гравіметричний метод (еталонний метод) (EN ISO 1211:2010, IDT; ISO 1211:2010, IDT Молоко. Гравіметричний метод визначання вмісту жиру (Контрольний метод) (ISO 1211:1999, IDT) [чинний від 31.12.2023]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2023. 28 с.

237. ДСТУ 7380:2013 Молоко та молочні продукти. Методи визначення наявності пероксидази й фосфатази (лужної та кислої) [чинний від 01.03.2014]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2014. 17 с.

238. ДСТУ ISO 9232/IDF 146:2012 Йогурт. Ідентифікація характерних мікроорганізмів (*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* та *Streptococcus thermophilus*) (ISO 9232:2003 (IDF 146:2003), IDT). [чинний від 01.05.2013]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2013. 19 с.

239. ДСТУ ISO 707:2022 Молоко та молочні продукти. Настанови з відбирання проб (EN ISO 707:2008, IDT; ISO 707:2008, IDT). [чинний від 31.12.2023]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2013. 51 с.

240. ДСТУ ISO 5538:2004 Молоко та молочні продукти. Відбирання проб. Контроль за якісними ознаками (ISO 5538:1987, IDT). [чинний від 01.04.2006]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2006. 22 с.

241. ДСТУ ISO 8197:2004 Молоко та молочні продукти. Відбирання проб. Контроль за кількісними ознаками (ISO 8197:1988, IDT). [чинний від 01.04.2006]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2006. 11 с.

242. ДСТУ 8686.1:2016 Морозиво м'яке та суміші для його виготовлення. Загальні технічні умови. Частина 1. Суміші для виготовлення м'якого морозива".[чинний від 01.01.2018]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2018. 20 с.

243. ДСТУ ISO 3728:2005 Морозиво вершкове та молочне. Метод визначення загального вмісту сухих речовин (контрольний метод) (IDF 70:2004) (ISO 3728:2005, IDT; IDF 70:2004, IDT). [чинний від 01.03.2008]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2008. 10 с.

244. ДСТУ 7357:2013 Молоко та молочні продукти. Методи мікробіологічного контролювання. [чинний від 01.01.2014]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2014. 38 с.

245. ДСТУ 8447:2015 Продукти харчові. Метод визначення дріжджів і плісневих грибів.[чинний від 01.07.2017]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. 15 с.

246. ДСТУ 7043:2020 Вироби макаронні. Загальні технічні умови. [чинний від 01.01.2021]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2021. 15 с.

247. ДСТУ 7348:2013 Вироби макаронні. Правила приймання і методи визначання якості. [чинний від 01.01.2014]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2014. 18 с.

248. ДСТУ 8051:2015 Продукти харчові. Методи відбирання проб для мікробіологічних аналізів. [чинний від 01.01.2017]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. 11 с.

249. ДСТУ ISO 6887-1 :2022 Мікробіологія харчового ланцюга. Підготовка тестових зразків, початкової суспензії та десяткових розведень для мікробіологічного дослідження. Частина 1. Загальні правила приготування початкової суспензії та десяткових розведень (EN ISO 6887-1:2017, IDT; ISO 6887-1:2017, IDT). [чинний від 31.12.2023]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2023. 14 с.

250. ДСТУ 8446:2015 Продукти харчові. Методи визначення кількості мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів. [чинний від 01.07.2017]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. 16 с.

251. ДСТУ ISO 4831:2006 Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Загальні настанови щодо підрахування кількості коліформних мікроорганізмів.

Методика найвірогіднішої кількості (ISO 4831:1991, IDT). [чинний від 01.10.2007]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2007. 16 с.

252. ДСТУ 1.1:2015 Національна стандартизація. Стандартизація та суміжні види діяльності. Словник термінів (ISO/IEC Guide 2:2004, MOD). [чинний від 20.12.2015]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2015. 54 с.

253. Substantiation of the efficiency of the method for processing viburnum by the method of osmotic dehydration / M. Samilyk et al. *EUREKA: life sciences*. 2022. No. 6. P. 60–68. URL: <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2022.002693>.

254. Biochemical and agro-biological diversity of Viburnum opulus genotypes / L. Česonienė et al. *Open life sciences*. 2010. Vol. 5, no. 6. P. 864–871. URL: <https://doi.org/10.2478/s11535-010-0088-z>.

255. Determination of quality indicators of sugar fortified with a by-product of elderberry processing / M. Samilyk et al. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2023. Vol. 4, no. 11 (124). P. 65–72. URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.284885>.

256. Самілик М. М., Демидова Є. В., Болгова Н. В. Безвідходна технологія переробки дикорослої сировини. *Journal of chemistry and technologies*. 2022. Т. 30, № 3. С. 394–403. URL: <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v30i3.256924>.

257. Influence of adding wild berry powders on the quality of pasta products / M. Samilyk et al. *EUREKA: life sciences*. 2022. No. 2. P. 28–35. URL: <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2022.002410>.

258. Samilyk M., Demidova E. Use of non-traditional raw materials in yogurt production technology. *Restaurant and hotel consulting. innovations*. 2022. Vol. 5, no. 2. P. 281–291. URL: <https://doi.org/10.31866/2616-7468.5.2.2022.270113>.

259. Dulf F. V. Fatty acids in berry lipids of six sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L., subspecies *carpatica*) cultivars grown in Romania. *Chemistry central journal*. 2012. Vol. 6, no. 1. URL: <https://doi.org/10.1186/1752-153x-6-106>.

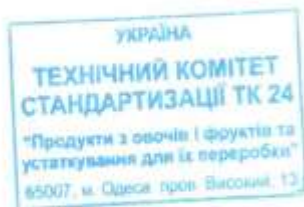
260. Traditional food, modern food and nutritional value of Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.): a review / A. Chen et al. *Journal of future foods*. 2023. Vol. 3, no. 3. P. 191–205. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2023.02.001>.

261. Why is sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) so exceptional? A review / Z. Ciesarová et al. *Food research international*. 2020. Vol. 133. P. 109170. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109170> .
262. Hu J.Z, Guo X.F. Evaluation of nutrient value of seabuckthorn in north China. *For Stud China*. 2006 .Vol. 8, no. 1.P. 50-52. URL: <https://doi.org/10.1007/s11632-006-0009-4>.
263. Drying sea buckthorn berries (*Hippophae rhamnoides* L.): effects of different drying methods on drying kinetics, physicochemical properties, and microstructure / Z. Geng et al. *Frontiers in nutrition*. 2023. Vol. 10. URL: <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1106009> .
264. Lachowicz S., Oszmiański J. The influence of addition of cranberrybush juice to pear juice on chemical composition and antioxidant properties. *Journal of food science and technology*. 2018. Vol. 55, no. 9. P. 3399–3407. URL: <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3233-8>.
265. Screening of naturally grown european cranberrybush (*viburnum opulus* L.) genotypes based on physico-chemical characteristics/ A. M. Çolak et al. *Foods*. 2022. Vol. 11, no. 11. P. 1614. URL: <https://doi.org/10.3390/foods11111614>.
266. Antioxidant capacity and phenolic content of sweet rowanberries / A. T. Hukkanen et al. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2006. Vol. 54, no. 1. P. 112–119. URL: <https://doi.org/10.1021/jf051697g>.
267. Development of bread technology with high biological value and increased shelf life / M. Samilyk et al. *Eastern-European journal of enterprise technologies*. 2022. Vol. 2, no. 11 (116). P. 52–57. URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.255605>.
268. Formation of the quality and shelf life of bread through the addition of rowanberry powder / M. Samilyk et al. *Eastern-European journal of enterprise technologies*. 2023. Vol. 3, no. 11 (123). P. 42–49. URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.278799>.
269. Probiotic yoghurts with sea buckthorn, elderberry, and sloe fruit purees / D. Najgebauer-Lejko et al. *Molecules*. 2021. Vol. 26, no. 8. P. 2345. URL: <https://doi.org/10.3390/molecules26082345>.

ДОДАТКИ

ДКПТ 10.89.19

УКНД 67.080.10



ЗАТВЕРДЖУЮ

Ректор Сумського національного
аграрного університету, академік
НААН України


« » 2023 р.

Володимир ЛАДИКА

**ПОРОШКИ ІЗ ДИКОРΟΣЛИХ ПЛОДІВ
ТЕХНІЧНІ УМОВИ**

ТУ У 10.89.19-04718013-001:2023

Уведено вперше

Дата надання чинності _____

РОЗРОБЛЕНО

Завідувач кафедри технологій та
безпеки харчових продуктів
СНАУ, к.т.н., доцент


« » 2023 р.

Аспірант кафедри технологій та
безпеки харчових продуктів
СНАУ


« » 2023 р.

Світлана ДЕМИДОВА

ДКПТ 10.72.19

УКНД 67.040



ЗАТВЕРДЖУЮ

Ректор Сумського національного аграрного університету

Володимир ЛАДИКА

«09» 11 2023 р.

ХЛІБ ПШЕНИЧНИЙ З ПОДОВЖЕНИМ ТЕРМІНОМ ЗБЕРІГАННЯ Технічні умови

ТУ У 10.7-04718013-008:2023

Уведено вперше

Дата надання чинності 20.11.2023

Чинні до 20.11.2028

РОЗРОБЛЕНО

Провідний науковий співробітник
СНАУ, к.т.н., доцентМарина САМІЛИК
«09» 11 2023 р.Старший науковий співробітник
СНАУ, к.т.н., доцентЮлія НАЗАРЕНКО
«09» 11 2023р.Асистент кафедри технологій та
безпеки харчових продуктів
СНАУЄвгенія ДЕМИДОВА
«09» 11 2023 р.Молодший науковий співробітник
СНАУ, доктор філософіїТетяна СИНЕНКО
«09» 11 2023 р.



ЗАТВЕРДЖУЮ

Ректор Сумського національного аграрного університету

Володимир ЛАДИКА
«02» 11 2023 р.ВИРОБИ МАКАРОННІ З ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ ХАРЧОВИХ ВОЛОКОН
Технічні умови

ТУ У 10.7-04718013-007:2023

Уведено вперше

Дата надання чинності 17.11.2023

Чинні до 17.11.2028

РОЗРОБЛЕНО

Провідний науковий співробітник
СНАУ, к.т.н., доцент

 Марина САМЛІК
«02» 11 2023 р.
Асистент кафедри технологій та
безпеки харчових продуктів
СНАУ

 Євгенія ДЕМИДОВА
«02» 11 2023 р.
Молодший науковий співробітник
СНАУ, доктор філософії

 Тетяна СИНЕНКО
«02» 11 2023 р.


Введено до книги обліку за № 02568064/002449

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ

Замовник:

ТОВ «ПАН ШЕФ»

(найменування організації)

директор Поправка Анастасія Анатоліївна

(посада, ПІБ керівника організації)

Цим актом підтверджується, впровадження результатів роботи виконаних у межах наукової держбюджетної тематики: Розроблення технологій комплексної переробки рослинної сировини на харчові продукти

(найменування теми)

Номер державної реєстрації:

Держбюджетна тематика

виконується на кафедрі:

Дата виконання держбюджетної тематики:

Результати роботи впроваджені на підприємстві:

Технологій та безпеки харчових продуктів

2022-2023 р.

ТОВ «ПАН ШЕФ»

(найменування підприємства, де здійснювалось впровадження)

1 Вид впроваджених результатів

технологія житнього хліба з використанням порошку горобини *Sorbus aucuparia*

(експлуатація виробу, роботи, технології, виробництво виробу, роботи, технології, функціонування систем)

2 Характеристика масштабу впровадження

дослідно-промислова партія

(унікальне, одиначне, партія, масове, серійне)

3 Форма впровадження

виробничий випуск

4 Новизна результатів науково-дослідних робіт

запропоновано нові способи збагачення хліба, застосовано нетрадиційну локальну сировину, розроблено нову технологію, продукція випускається вперше

(піонерська, принципово нова, якісно нова, модифікація, модернізація старих розробок)

5 Впроваджені на основі нормативно-технічної документації

ДСТУ-П 4588:2006 Вироби хлібобулочні для спеціального дієтичного споживання

(вказати номер і назву нормативно-технічної документації)

6 Соціальний і науково-технічний ефект

розроблені харчові продукти рекомендовано використовувати як самостійний харчовий продукт, так і у складі кулінарної продукції в закладах ресторанного господарства та підприємствах харчової промисловості, які значно розширюють асортимент готової продукції збагаченої харчовими волокнами і можуть бути реалізовані в оптовій та роздрібній торгівлі.

(використання в харчовій промисловості та реалізація населенню)

До акту додається довідка про соціальний ефект (Додаток 1)

Співвласниками акту впровадження науково-дослідної роботи є Сумський національний аграрний університет.



Директор
ТОВ «ПАН ШЕФ»
Поправка А.А.

ДОДАТОК Д

	ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ “СУМСЬКА ПАЛЯНИЦЯ”		
	Юридична адреса: Україна, 49600, м. Дніпро, вул. Д.Галицького, 2А, кім. 37 Адреса для листування: Україна, 40009, м. Суми, вул. Нахімова, 30 Тел./факс (0542) 61-00-35 - приймальня	Р/р 26006050246974 в Дніпропетровському РУ ПАТ КБ «Приватбанк» МФО 305299 Код ЄДРПОУ 36572867, ІПН 365728604674 Свід. плат. ПДВ №200084135	

Вих. № 457 від «31» серпня 2023 р.
 на № _____ від «___» _____ 20__ р.

АКТ

про виготовлення дослідної партії для подання її до попередніх випробувань

Цим актом підтверджується, впровадження результатів роботи виконаних у межах

Науково-технічної роботи за Розроблення технологій комплексної переробки
державним замовленням: рослинної сировини на харчові продукти
(найменування теми)

Номер державної реєстрації:

0	1	2	2	U	2	0	0	8	6	6
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

 Науково-технічна робота за Технологій та безпечності харчових продуктів
державним замовленням Сумського національного аграрного
виконується на кафедрі: університету

Дата виконання пробної випічки: «28» серпня 2023 р

Вид впровадження результатів хліб з подовженим терміном придатності на основі порошку із похідних переробки горобини

(експлуатація виробу, роботи, технології; виробництво виробу, роботи, технології, функціонування систем)

дослідна партія (20 кг)

(унікальне, одиночне, партія, масове, серійне)

Характеристика масштабу впровадження

Форма впровадження

Новизна результатів науково-технічної роботи

випуск на підприємстві

нові результати досліджень, використана нова сировина, розроблено нову технологію, продукція випускається вперше

(піонерські, принципово нові, якісно нові, модифікація, модернізація старих розробок)

Впроваджені на основі нормативно-технічної документації

ДСТУ 7517:2014 Хліб із пшеничного борошна. Загальні технічні умови

(вказати номер і назву нормативно-технічної документації)



Начальник ВТЛ

Олена Безкоровайна

«31» серпня 2023 р.

Директор

Андрій МУЛЯВКО

«31» серпня 2023 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ

Замовник:

ТОВ «ПАН ШЕФ»

(найменування організації)

директор Поправка Анастасія Анатоліївна

(посада, ПІБ керівника організації)

Цим актом підтверджується, впровадження результатів роботи виконаних у межах наукової держбюджетної тематики:

Розроблення технологій комплексної переробки рослинної сировини на харчові продукти

(найменування теми)

Номер державної реєстрації:

Держбюджетна тематика

виконується на кафедрі:

Дата виконання держбюджетної

тематика:

Результати роботи впроваджені на підприємстві:

Технологій та безпечності харчових продуктів

2022–2023 р.

ТОВ «ПАН ШЕФ»

(найменування підприємства, де здійснювалось впровадження)

1 Вид впроваджених результатів

технологія збагачених макаронних виробів із використанням порошку з бузини

(експлуатація виробу, роботи, технології; виробництво виробу, роботи, технології, функціонування систем)

2 Характеристика масштабу впровадження

дослідно-промислова партія

(унікальне, одиночне, партія, масове, серійне)

3 Форма впровадження

виробничий випуск

4 Новизна результатів науково-дослідних робіт

запропоновано нові способи збагачення макаронних виробів, застосовано нетрадиційну локальну сировину, розроблено нову технологію, продукція випускається вперше

(піонерські, принципово нові, якісно нові, модифікація, модернізація старих розробок)

5 Впроваджені на основі нормативно-технічної документації

ДСТУ 7043:2020 Вироби макаронні. Загальні технічні умови

(вказати номер і назву нормативно-технічної документації)

9 Соціальний і науково-технічний ефект (Додаток 1)

розроблені харчові продукти рекомендовано використовувати як самостійний харчовий продукт, так і у складі кулінарної продукції в закладах ресторанного господарства та підприємствах харчової промисловості (макаронні вироби), які значно розширяють асортимент готової продукції збагаченої харчовими волокнами і можуть бути реалізовані в оптовій та роздрібній торгівлі.

(використання в харчовій промисловості та реалізація населенню)

До акту додається довідка про соціальний ефект (Додаток 1)

Співвласниками акту впровадження науково-дослідної роботи є Сумський національний аграрний університет.



Директор
ТОВ «ПАН ШЕФ»
Поправка А.А.

Додаток 1



ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор ТОВ «ПАН ШЕФ»
Олександр ПОПРАВКА

**виробки дослідно-промислової партії здобних булочок із додаванням
порошків із похідних продуктів переробки обліпихи**

**Цим актом підтверджується, впровадження результатів роботи
виконаних у межах**

**Науково-технічної роботи Розроблення технологій комплексної
за державним переробки рослинної сировини на харчові
замовленням: продукти**

(найменування теми)

Номер державної реєстрації:	0	1	2	2	U	2	0	0	8	6	6
-----------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

**Науково-технічна робота Технологій та безпечності харчових
за державним продуктів Сумського національного
замовленням аграрного університету**

**виконується на кафедрі:
Дата виконання пробної
випічки:**

«20» вересня 2023 р.

**Вид впроваджених
результатів**

здобні булочки із додаванням порошків із
похідних продуктів переробки обліпихи

(експлуатація виробу, роботи, технології; виробництво виробу,
роботи, технології, функціонування систем)

дослідна партія (10 кг)

(унікальне, одиночне, партія, масове, серійне)

**Характеристика
масштабу впровадження
Форма впровадження**

випуск на підприємстві

**Новизна результатів
науково-технічної роботи**

нові результати досліджень, використана
нова сировина, розроблено нову технологію,
продукція випускається
вперше

(піонерські, принципово нові, якісно нові, модифікація, модернізація
старих розробок)

**Впроваджені на основі
нормативно-технічної
документації**

ДСТУ 4585:2021 Вироби хлібобулочні
здобні. Загальні технічні умови

(вказати номер і назву нормативно-технічної документації)



Головний технолог

«20» вересня 2023 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ

Замовник: ФОП Суханов Дмитро Андрійович
(найменування організації)
директор Суханов Дмитро Андрійович
(посада, ПІБ керівника організації)

Цим актом підтверджується, впровадження результатів роботи виконаних у межах науково-технічної роботи: Розробка технологій виробництва харчових продуктів з доданою вартістю на принципах сталого розвитку
(найменування теми)

Номер державної реєстрації: 0124U002836
Держбюджетна тематика виконується на кафедрі: Технологій та безпеки харчових продуктів
Дата виконання науково-технічної роботи: 2024–2028 р.
Результати роботи впроваджені на підприємстві: ФОП Суханов Дмитро Андрійович
(найменування підприємства, де здійснювалось впровадження)

- 1 Вид впроваджених результатів** технологія м'якого морозива із порошковою харчовою добавкою «Калина»
(експлуатація виробу, роботи, технології; виробництво виробу, роботи, технології, функціонування систем)
- 2 Характеристика масштабу впровадження** дослідно-промислова партія
(унікальне, одностороннє, партія, масове, серійне)
- 3 Форма впровадження** виробничий випуск
- 4 Новизна результатів науково-дослідних робіт** запропоновано новий спосіб збагачення м'якого морозива із порошковою харчовою добавкою «Калина», застосовано нетрадиційну локальну сировину, розроблено нову технологію, продукція випускається вперше
(піонерські, принципово нові, якісно нові, модифікація, модернізація старих розробок)
- 5 Впроваджені на основі нормативно-технічної документації** ДСТУ 8686.1:2016 Морозиво м'яке та суміші для його виготовлення. Загальні технічні умови. Частина 1. Суміші для виготовлення м'якого морозива
(вказати номер і назву нормативно-технічної документації)
- 6 Соціальний і науково-технічний ефект** розроблений харчовий продукт рекомендовано використовувати в закладах ресторанного господарства та підприємствах харчової промисловості, що розширює асортимент готової продукції збагаченої харчовими волокнами та вітамінами С і можуть бути реалізовані в оптовій та роздрібній торгівлі.
(використання в харчовій промисловості та реалізація населенню)

До акту додається довідка про соціальний ефект (Додаток 1)
Співвласниками акту впровадження науково-дослідної роботи є Сумський національний аграрний університет.



	ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ “СУМСЬКА ПАЛЯНИЦЯ”
Юридична адреса: Україна, 49600, м. Дніпро, вул. Д.Галицького, 2А, кім. 37 Адреса для листування: Україна, 40009, м. Суми, вул. Нахімова, 30 Тел./факс (0542) 61-00-35 - приймальня	Р/р 26006050246974 в Дніпропетровському РУ ПАТ КБ «Приватбанк» МФО 305299 Код ЄДРПОУ 36572867, ІПН 365728604674 Свід. плат. ПДВ №200084135

Вих. № 458 від «31» серпня 2023 р.
 на № _____ від «___» _____ 20__ р.

АКТ

про виготовлення дослідної партії для подання її до попередніх випробувань

Цим актом підтверджується, впровадження результатів роботи виконаних у межах

Науково-технічної роботи за державним замовленням: Розроблення технологій комплексної переробки рослинної сировини на харчові продукти

(найменування теми)

Номер державної реєстрації:

0	1	2	2	U	2	0	0	8	6	6
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Науково-технічна робота за державним замовленням виконується на кафедрі: Технологій та безпеки харчових продуктів Сумського національного аграрного університету

Дата виконання пробної випічки: «31» серпня 2023 р

Вид впровадження результатів: макаронні вироби із підвищеним вмістом харчових волокон

(експлуатація виробу, роботи, технології; виробництво виробу, роботи, технології, функціонування систем)

дослідна партія (20 кг)

(унікальне, одиночне, партія, масове, серійне)

Характеристика масштабу впровадження

Форма впровадження

Новизна результатів науково-технічної роботи

випуск на підприємстві

нові результати досліджень, використана нова сировина, розроблено нову технологію, продукція випускається вперше

(піонерські, принципово нові, якісно нові, модифікація, модернізація старих розробок)

Впроваджені на основі нормативно-технічної документації

ТІ 01.4-04718013-005:2023. Технологічна інструкція на виробництво макаронних виробів із підвищеним вмістом харчових волокон

(вказати номер і назву нормативно-технічної документації)

Начальник ВТЛ

Олена Безкорвайна

«31» серпня 2023 р.

Директор

Андрій МУЛЯВКО

«31» серпня 2023 р.



АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ

Замовник: ТОВ «ПАН ШЕФ»
(найменування організації)
директор Поправка Анастасія Анатоліївна
(посада, ПІБ керівника організації)

Цим актом підтверджується, впровадження результатів роботи виконаних у межах
наукової держбюджетної тематики: Розроблення технологій комплексної переробки рослинної сировини на харчові продукти
(найменування теми)

Номер державної реєстрації: _____
Держбюджетна тематика _____
виконується на кафедрі: _____
Дата виконання держбюджетної _____
тематики: _____
Результати роботи впроваджені на _____
підприємстві: ТОВ «ПАН ШЕФ»

- (найменування підприємства, де здійснювалось впровадження)
- 1 Вид впроваджених результатів технологія збагачених макаронних виробів із використанням порошку з калини
(експлуатація виробу, роботи, технології; виробництво виробу, роботи, технології, функціонування систем)
 - 2 Характеристика масштабу впровадження дослідно-промислова партія
(унікальне, одиначне, партія, масове, серійне)
 - 3 Форма впровадження виробничий випуск
 - 4 Новизна результатів науково-дослідних робіт запропоновано нові способи збагачення макаронних виробів, застосовано нетрадиційну локальну сировину, розроблено нову технологію, продукція випускається вперше
(піонерські, принципово нові, якісно нові, модифікація, модернізація старих розробок)
 - 5 Впроваджені на основі нормативно-технічної документації ДСТУ 7043:2020 Вироби макаронні. Загальні технічні умови
(вказати номер і назву нормативно-технічної документації)
 - 6 Соціальний і науково-технічний ефект (Додаток І) розроблені харчові продукти рекомендовано використовувати як самостійний харчовий продукт, так і у складі кулінарної продукції в закладах ресторанного господарства та підприємствах харчової промисловості (макаронні вироби), які значно розширяють асортимент готової продукції збагаченої харчовими волокнами і можуть бути реалізовані в оптовій та роздрібній торгівлі.
(використання в харчовій промисловості та реалізація населенню)

До акту додається довідка про соціальний ефект (Додаток І)

Співвласниками акту впровадження науково-дослідної роботи є Сумський національний аграрний університет.



Директор
ТОВ «ПАН ШЕФ»
Поправка А.А.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ

Замовник: ТОВ «ПАН ШЕФ»
(найменування організації)
директор Поправка Анастасія Анатоліївна
(посада, ПІБ керівника організації)

Цим актом підтверджується, впровадження результатів роботи виконаних у межах наукової держбюджетної тематики: Розроблення технологій комплексної переробки рослинної сировини на харчові продукти
(найменування теми)

Номер державної реєстрації: _____
Держбюджетна тематика виконується на кафедрі: Технологій та безпеки харчових продуктів
Дата виконання держбюджетної тематики: 2022–2023 р.
Результати роботи впроваджені на підприємстві: ТОВ «ПАН ШЕФ»
(найменування підприємства, де здійснювалось впровадження)

- 1 Вид впроваджених результатів** технологія збагачених макаронних виробів із використанням порошку обліпихи
(експлуатація виробу, роботи, технології; виробництво виробу, роботи, технології, функціонування систем)
- 2 Характеристика масштабу впровадження** дослідно-промислова партія
(унікальне, одиначне, партія, масове, серійне)
- 3 Форма впровадження** виробничий випуск
- 4 Новизна результатів науково-дослідних робіт** запропоновано нові способи збагачення макаронних виробів, застосовано нетрадиційну локальну сировину, розроблено нову технологію, продукція випускається вперше
(піонерські, принципово нові, якісно нові, модифікація, модернізація старих розробок)
- 5 Впроваджені на основі нормативно-технічної документації** ДСТУ 7043:2020 Вироби макаронні. Загальні технічні умови
(вказати номер і назву нормативно-технічної документації)
- 6 Соціальний і науково-технічний ефект (Додаток 1)** розроблені харчові продукти рекомендовано використовувати як самостійний харчовий продукт, так і у складі кулінарної продукції в закладах ресторанного господарства та підприємствах харчової промисловості (макаронні вироби), які значно розширяють асортимент готової продукції збагаченої харчовими волокнами і можуть бути реалізовані в оптовій та роздрібній торгівлі.
(використання в харчовій промисловості та реалізація населенню)

До акту додається довідка про соціальний ефект (Додаток 1)

Співвласниками акту впровадження науково-дослідної роботи є Сумський національний аграрний університет .



Директор
ТОВ «ПАН ШЕФ»
Поправка А.А.
Додаток 1